

Шаніна О.М.
Мінченко С.М.
Гавриш Т.В.
Дугіна К.В.

Парові безглютенові вироби *(теорія і практика)*



Харків - 2022

**Міністерство освіти і науки України
Державний біотехнологічний університет**

Шаніна О.М.

Мінченко С.М.

Гавриш Т.В.

Дугіна К.В.

**Парові безглютенові вироби
(теорія і практика)**

Харків
КП «Міська друкарня»
2022

**УДК
Г17**

Затверджено Вченою радою Державного біотехнологічного університету
Протокол №__від..... 202_р.

Шаніна О.М., Мінченко С.М., Гавриш Т.В. Дугіна К.В.
Парові безглютенові вироби (теорія і практика): монографія /
О.М. Шаніна, С.М. Мінченко, Т.В. Гавриш, К.В. Дугіна. –
Харків:КП «Міська друкарня», 2022. – 96с

Рецензенти:

Камбулова Юлія Вікторівна, д-р техн.наук, проф. кафедри
хлібопекарських і кондитерських виробів Національного університету
харчових технологій (м.Київ)

Свідло Карина Володимирівна, д-р техн.наук, проф.кафедри
туризму і готельного господарства Харківського національного
університету міського господарства імені О.М. Бекетова (м. Харків)

Г17 В монографії розглядаються теоретичні і практичні аспекти по
обґрунтуванню технології парового безглютенового хліба на
основі безглютенової борошняної сировини із підвищеним
вмістом білка та зниженим глікемічним індексом. Наведено
сучасні тенденції в технології безглютенових хлібопекарських
виробів та отримані нові закономірності утворення структури
безглютенового парового хліба

©Мінченко С.М., 2022

©Гавриш Т.В., 2022

©Дугіна К.В., 2022

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. Наукові і практичні аспекти процесів тістоприготування на основі безглютенової сировини	5
1.1. Аналіз традиційних технологій та асортименту парового хліба	6
1.2. Порівняльний аналіз технологічного потенціалу безглютенової борошняної сировини та шляхів його підвищення.....	13
1.3. Обґрунтування стадії замісу безглютенового тіста.....	29
<i>Визначення раціонального співвідношення «борошно:вода».....</i>	<i>29</i>
<i>Регулювання складу борошняної сировини.....</i>	<i>32</i>
<i>Визначення реологічних властивостей безглютенового тіста</i>	<i>37</i>
1.4 Вивчення процесу бродіння безглютенового тіста.....	41
Перелік посилань до розділу 1.....	46
РОЗДІЛ 2. Обробка парюю як різновид термообробки хліба.....	59
2.1. Аналіз особливостей парової обробки тістових заготівель	59
2.2. Обґрунтування режимів теплової обробки безглютенового тіста	62
Перелік посилань до розд. 2.....	69
РОЗДІЛ 3. Встановлення взаємодій між біополімерами борошняної сировини	70
3.1. Білково-протеїназний комплекс тіста для виробництва безглютенового парового хліба	71
<i>Інфрачервоноспектраскопічні дослідження білків.....</i>	<i>71</i>
<i>Фракційний склад білків</i>	<i>75</i>
<i>Молекулярно-масовий розподіл білкових фракцій.....</i>	<i>78</i>
<i>Титриметричний аналіз взаємодії біополімерів.....</i>	<i>81</i>
3.2. Протікання клейстеризації крохмалю борошняних сумішей	85
Перелік посилань до розд. 3.....	89
ВИСНОВКИ.....	91

ВСТУП

Фахівцями харчової галузі та вченими розроблено широкий спектр безглютенових харчових продуктів – хліба, мафінів, печива та ін. з безглютенових видів борошна. Це зумовлено активним попитом споживачів, який стосується спеціалізованих продуктів харчування, вільних від певних інгредієнтів, присутність яких в їжі не рекомендована за медичними показаннями.

З іншого боку, медична спільнота вказує на зростання кількості випадків таких захворювань, як целиакія, непереносимість глютену та алергії на глютен.

Целиакія є найбільш розповсюдженим аутоімунним захворюванням на протязі тривалого часу, важливо привернути увагу спільноти до лікування цього захворювання та забезпечити мільйони людей, що страждають цією хворобою, альтернативними харчовими продуктами з високим вмістом поживних речовин. Однак сегмент українського ринку з виробництва парового хліба досі не освоєний.

Для створення конкурентоздатної технології парового хліба актуальними є такі напрямки:

- корегування світового досвіду виробництва парового хліба;
- розширення сировинної бази та асортименту безглютенових парових хлібопродуктів;
- покращання структурно-механічних властивостей парового хліба.

Розуміння основних аспектів способів регулювання харчової цінності безглютенового парового хліба, формування його якості, регулювання властивостей, та доцільності використання збагачувальної борошняної сировини сприятиме отриманню доступного для всіх верств населення продукту з підвищеними харчовими та органолептичними показниками якості.

РОЗДІЛ 1



Наукові і практичні аспекти процесів тістоприготування на основі безглютенової сировини

Паровий хліб – традиційний китайський хлібець, виготовлений з пшеничного борошна або його суміші з рисовим. Цей продукт широко розповсюджений у східних країнах (головним чином, у Китаї, Японії, Кореї, Тайланді), а також в США, Канаді та деяких країнах Європи [1].

До його переваг можна віднести сповільнення процесів всмоктування глюкози при обробці паром, що знижує глікемічний індекс, відсутність реакції меланоїдиноутворення, що знижує втрати лізину та інших водорозчинних амінокислот, а також відсутність шкідливих акриламідів, що не утворюються при обробці паром [2-6].

Традиційний паровий хліб – це продукт, вироблений з пшеничного дріжджового тіста та оброблений паром, який виник в Китаї більше 1500 років тому.

За короткий час технологія його виробництва була запроваджена в інших азіатських країнах, що мало важливий вплив на культуру харчування багатьох народів Азії [7]. Сьогодні для виробництва парового хліба в азіатських країнах використовують від 15 до 70% від загальної переробки борошна, та цей показник постійно зростає [8].

Маркетингові дослідження свідчать, що найбільш крупними виробниками парового хліба є північний Китай, Філіппіни та Південна Корея [9-11].

1.1. Аналіз традиційних технологій та асортименту парового хліба

В Китаї існує три види традиційного парового хліба: північний (Northern Type), південний (Southern Type) та тайванський (Taiwan Type). Північний паровий хліб використовують як основний продукт харчування, в той час як південний та тайванський, які мають солодкуватий присмак, використовують в більшості як десерти [12-15,16,17-20].

Найбільшого поширення в азіатських країнах набуло виробництво північного парового хліба. Він має більш щільну та еластичну структуру м'якушки. Маса такого хліба в середньому становить 100...120 г, він має округлу або продовгувату форму.

Південний паровий хліб широко розповсюджений у країнах південної Азії. Він має більш м'яку структуру та солодший смак; крім того, його маса та консистенція суттєво відрізняються від інших двох видів. Середня вага його становить 25...30 г, а м'якушка більш еластична та однорідна.

Тайванський паровий хліб поєднує в собі характеристики перших двох видів. Він має менш солодкий смак, ніж південний, та менш щільну структуру ніж північний. Даний вид парового хліба розповсюджений у всій південно-східній Азії [21-22].

Крім відмінностей за органолептичними та структурно-механічними показниками, перелічені традиційні види парового хліба відрізняються **за рецептурою**.

Північний паровий хліб має найпростішу рецептуру, що включає борошно, воду (46...50% до маси борошна) та дріжджі (0,8...1,2% до маси борошна).

Південний та тайванський паровий хліб відрізняються зниженою вологістю (40...44% та 44...48% відповідно до маси борошна), а також містять додаткові компоненти – цукор (10...20% та 4...6%), рослинну олію (2...5% та 4...6%) та розпушувач тіста (до 1%).

Також кожна рецептура парового хліба потребує використання пшеничного **борошна з різними властивостями**. Для виробництва південного та тайванського парового хліба рекомендовано використовувати борошно м'якої пшениці з низьким вмістом білка, а для північного – борошно з високоскловидної пшениці [23-28].

Оскільки борошно, що використовують для виробництва парового хліба, має значний вплив на якість кінцевого продукту, його прийнято перевіряти за наступними показниками: вміст білка, золи та сирі клейковини [29].

Для досягнення бажаних органолептичних та споживчих властивостей хліба необхідний **вміст білка** відрізняється для кожного з видів традиційного парового хліба.

Застосування високобілкового борошна призводить до отримання щільної консистенції парового хліба, але часто викликає появу складок на поверхні через надмірно міцні властивості тіста.

Тому для виробництва північного парового хліба рекомендовано використовувати борошно з вмістом білка 11...12%; південного - 7,5...9,0; тайванського - 9,5...10,5 [30].

Вміст золи в пшеничному борошні віднесено до важливих показників якості, оскільки він має негативний вплив на колір парового хліба. В середньому цей показник не повинен перевищувати 0,45%, але для виробництва парового хліба найвищої якості використовують борошно з вмістом золи не вище 0,40% [31].

Крім того, тісто для виробництва парового хліба обов'язково оцінюють за показниками водопоглинальної здатності та стабільності на фаринографі Брабендера. Рекомендовані значення цих показників наступні: для північного парового хліба водопоглинальна здатність борошна складає 60...63%, стабільність тіста – 15...25 хв; для південного – 50...55% та 2...5 хв відповідно; для тайванського – 55...60% та 5...10 хв відповідно [32].

Встановлено також, що для виробництва парового хліба високої якості значення показника Число Падіння повинно перевищувати 300 с. Борошно з високою амілазою активністю призводить до отримання липкої структури м'якушки. Ступінь руйнування крохмальних зерен повинен становити не більше 8%, оскільки підвищення вмісту пошкоджених зерен також призводить до утворення надмірно липкої м'якушки та прискорює ретроградацію крохмалю при зберіганні готового продукту [33].

Також для отримання парового хліба високої якості необхідно контролювати збалансованість еластичності та розтяжності тіста, оскільки надмірна еластичність призводить до зниження виходу кінцевого продукту, а надмірна розтяжність – до утворення плоских за формою виробів [34].

Різноманіття **способів виробництва парового хліба** можна поєднати у три основні групи: на заквасках, опарний та безопарний спосіб.

Перший спосіб (**на заквасках**) зазвичай використовують у домашньому виробництві та у невеликих приватних підприємствах. За цим методом закваску вносять у кількості 10% до маси борошна, додають необхідну кількість води та замішують тісто протягом 5...10 хв. Бродіння триває 3 години при температурі 26...28°C та відносній вологості повітря 75%. Завдяки присутності лактобактерій рН тіста становить 3,7...4,0, тому після бродіння використовують 40% розчин

Na₂CO₃. Для досягнення необхідного значення рН тіста (6,4...6,7) в середньому додають 0,5% розчину Na₂CO₃ до маси борошна.

При надмірному використанні Na₂CO₃ колір виробів змінюється на жовтий або темно-сірий, а запах – на виражений лужний. Якщо тісто не доведене до необхідного значення рН, паровий хліб має кислий присмак та запах, низький об'єм, не прийнятний зовнішній вигляд та надмірно жорстку структуру. Внесення лужного розчину також нейтралізує кислоти, що виділяються лактобактеріями при розстоюванні тіста, що сприяє збільшенню виділення вуглекислого газу. В залежності від технології тісто після нейтралізації можуть піддавати обминці [18].

Опарний спосіб приготування тіста є широко розповсюдженим в технології парового хліба. Процес виробництва включає наступні операції: приготування опари, бродіння, заміс тіста, розкочування, формування, поділ на шматки, розстоювання та обробка паром. Для приготування опари 80% борошна замішують з дріжджами та водою. Дріжджі використовують пресовані або сухі. Після 60 хв бродіння при температурі 32⁰С та відносній вологості 80% додають 20% борошна та інші інгредієнти [19].

Застосування опарного способу приготування тіста має дві основні переваги. З одного боку, при використанні даного способу можливою є розробка гнучкого графіку бродіння для різних партій хліба, а з іншого - хліб має дрібнопористу однорідну структуру м'якушки та більш виражений аромат. Однак опарний спосіб приготування тіста потребує більших затрат праці, виробничих площ та більш тривалого процесу виробництва [19-20].

Безопарний спосіб виробництва парового хліба набагато простіший, ніж вище перелічені, тому й найбільш розповсюджений через простоту та швидкість процесу. Безопарний спосіб приготування парового хліба суттєво коротший, ніж перші два, але

достатньо чутливий до зміни тривалості технологічного процесу в промисловому виробництві. Наприклад, якщо технологічну схему розроблено не достатньо кваліфіковано, одна партія тіста з одних партій може досягнути оптимуму бродіння, в той час як інші перебродять або не добродять. Крім того, хліб має неоднорідну структуру та нижчі органолептичні та технологічні показники порівняно з хлібом, виробленим на заквасках або за опарним способом [19,35].

Найважливішою стадією, що обумовлює отримання виробів високої якості, є **розстоювання хліба** [36-40]. Ступінь розстоювання впливає на форму, колір, структуру та аромат готових продуктів.

Традиційно розстоювання тістових заготівель проводять при температурі 32...37⁰С та відносній вологості 70...80% [40]. В більшості випадків оптимальну тривалість процесу визначають візуально, натискаючи на поверхню заготівель. Однак, такому способу оцінювання бракує стабільності, тому Г. Г. Ноу [41] розроблений стандартний метод оцінювання оптимальної тривалості розстоювання тістових заготівель.

Заключним етапом виробництва є **обробка тістових заготівель паром**. Заготівлі розміщують у печі з паровим конвектором та проводять температурну обробку на протязі 15-30 хв при атмосферному тиску [42].

Оцінку якості парового хліба проводять за визначенням питомого об'єму виробів, органолептичних та споживчих показників. Стандартний питомий об'єм парового хліба різних видів відрізняється через відмінності рецептурного складу. Південний паровий хліб традиційно має більший питомий об'єм (в середньому 3,5...3,7 мл/г), ніж північний (в середньому 2,0...2,5 мл/г) завдяки більшій пористості. Паровий хліб повинен мати пружну структуру та швидко повертати форму після натискання. Паровий хліб високої якості повинен мати

гладку та блискучу поверхню білого кольору без жовтих плям та симетричну форму. М'якушка парового хліба повинна бути білого кольору, рівномірної дрібнопористої структури, пружною та підвищеної вологості [43-44].

Розповсюдженими **дефектами парового хліба** є нерівності на поверхні, пухирці повітря, жовті плями, включення неклеїстеризованого крохмалю, пласка поверхня та пласка форма. Також небажаними є пустоти в м'якушці хліба та включення іншого кольору в центрі м'якушки. Найчастіше причиною дефектності хліба є борошно з високим вмістом клейковини та недотримання режимів виробництва [45].

Фактори, що впливають на якість парового хліба, можна розділити на три категорії:

1. пов'язані з якістю борошняної сировини,
2. кількістю та якістю додаткових інгредієнтів,
3. технологічними режимами виробництва.

До кожної категорії можна віднести велику кількість аспектів, але найважливішою для формування якості парового хліба є якість борошна, як основного інгредієнту хліба [46].

Кількість білка в борошні безпосередньо впливає на питомий об'єм хліба. Згідно з дослідженнями L. Popper [47], вміст білка в межах 6...11% є найбільш бажаним в технології парового хліба. Якщо вміст білка перевищує 12,5% на поверхні хліба з'являються нерівності та м'якушка набуває темного кольору. При недостатньому вмісту білка (менше 5,5%) паровий хліб втрачає необхідну структуру, а його м'якушка стає липкою [48]. Гранулометричний склад борошна впливає на водопоглинальну здатність та швидкість формування тіста [49].

Додаткові інгредієнти, передбачені технологією, також суттєво змінюють якість кінцевого продукту. З метою зміни смаку, текстури

хліба та його питомого об'єму до рецептури додають цукор в межах 4...20% [50]. Внесення більшої кількості цукру призводить до збільшення питомого об'єму та отримання надмірно пористої структури. Використання розпушувачів не лише змінює структуру тіста, але й знижує кількість необхідної води для його формування. Крім того, їх застосування призводить до сповільнення ретроградації крохмалю, і, як наслідок, подовження терміну зберігання.

Останнім часом поліпшувачі борошна, зокрема окислювачі та ферменти, набувають широкого застосування в технології парового хліба, що пов'язано з необхідністю забезпечення стабільної якості сировини [51].

Ферментні препарати мікробіологічного походження (α -амілаза, геміцелюлаза, ліпази та оксидази) покращують технологічні властивості тіста та готової продукції. Крім того, геміцелюлаза поліпшує колір продукту завдяки утворенню більш дрібнопористої структури хліба, що відбиває більше світла в порівнянні з крупнопористою структурою м'якушки. Ліпаза також покращує колір хліба, що спричинене утворенням вільних жирнокислотних залишків, доступних для дії ліпоксигенази борошна. В свою чергу, гідропероксидази окислюють пігменти борошна, що призводить до висвітлення м'якушки.

Всі перераховані ферментні препарати поліпшують м'якушку хліба (завдяки збільшенню питомого об'єму та утворенню дрібнопористої структури) та в комбінації з терmostійкими амілазами суттєво знижують швидкість черствіння хліба [52-55,56,57].

Важливим фактором стабільності тіста на усіх стадіях виробничого процесу є кількість водної фази. Оптимальна вологість необхідна, в першу чергу, для розвитку просторової структури глютену в тісті [58].

Вибір способу приготування тіста також суттєво впливає на якість кінцевого продукту. Бродіння опари сприяє утворенню необхідного об'єму та смакових властивостей тіста. За використання заквасок на етапі замісу подальша нейтралізація поліпшує смак, об'єм, зовнішній вигляд та структуру готового продукту.

Подальші операції, насамперед поділ тіста на шматки впливають в першу чергу на структуру м'якушки та гладкість поверхні хліба. Час розстоювання пов'язаний з утворенням смакових властивостей тіста та розвитком пористості тіста, а при обробці парю проходить клейстеризація крохмалю, денатурація білків та фіксація отриманої пористої структури [59].

Таким чином, при розробці технології безглютенового парового хліба необхідно враховувати всі перелічені фактори. В першу чергу, суттєвих змін набуває рецептура хліба, тому необхідно враховувати поведінку біополімерів безглютенової борошняної сировини при обробці парю та їх вплив на структурно-механічні властивості.

1.2. Порівняльний аналіз технологічного потенціалу безглютенової борошняної сировини та шляхів його підвищення

Збільшення випадків діагностики целіакії, а також низька якість наявних безглютенових продуктів спонукає дослідників до пошуку нових інгредієнтів та технологій, здатних замінити глютен та покращити властивості безглютенових хлібобулочних виробів.

Багато вчених у всьому світі працюють над розробкою безглютенових продуктів. Основними напрямками розробок є:

1. виключення або модифікація глютену з глютенвмісної сировини
2. повне виключення глютенвмісної сировини з рецептурних сумішей.

Відносно першого напрямку, сьогодні проводять дослідження щодо селекції безглютенової пшениці, із застосуванням генної інженерії [60]. Але дані дослідження знаходяться на стадії розробки. Тому другий напрямок рішення проблеми виробництва безглютенових продуктів є більш розповсюдженим.

Згідно нього, рекомендують змішувати різні види безглютенового борошна (в основному рисового, кукурудзяного, просяного та гречаного). Основною проблемою цих технологій є забезпечення структури виробів, яку зазвичай забезпечує глютен. У більшості випадків, для вирішення цієї задачі пропонують застосовувати гідроколоїди (ксантан, камеді, модифіковані крохмалі тощо) [61,62], ферменти (наприклад, трансглютаміназа) [63,64] та закваски [65].

Як правило, безглютенові борошняні суміші включають чотири групи харчових компонентів:

I - борошно з високим вмістом крохмальних та некрохмальних полісахаридів;

II - високобілкові інгредієнти;

III - гідроколоїди;

IV - емульгатори, розпушувачі, смакові інгредієнти [66].

Оскільки борошняні вироби є структурованими дисперсними системами, що відносяться до харчових пін, драглів, емульсій або до змішаних типів, то при їх формуванні першочерговою є задача формування стійкої структури, що забезпечує текстуру, подібну традиційним продуктам.

З технологічної точки зору, вирішення цієї задачі заключається у виборі оптимального співвідношення рецептурних компонентів та режимів, що забезпечують формування стійкої структури харчової системи. У науковому аспекті проблема полягає у вивченні взаємодій високомолекулярних речовин борошняного тіста [67-69].

Сировину, що відноситься до першої групи харчових компонентів, можна умовно поділити на дві підгрупи – з високим вмістом крохмалю (борошно рисове, кукурудзяне, соргове, просяне тощо) та з високим вмістом не крохмальних полісахаридів (борошно гречане, вівсяне, амарантове, кіноа, лляне тощо) [69].

Традиційно рецептури безглютенового парового хліба базуються на кукурудзяному та рисовому борошні або їх комбінації у різних співвідношеннях.

Високий вміст крохмалю (в середньому 72%) та достатній вміст білка (10%), а також приємний жовтий колір кукурудзяного борошна вивели його на лідуючу позицію серед безглютенової сировини [70].

Перевагами застосування рисового борошна в технології безглютенового парового хліба є, по-перше, його широка доступність, гіпоалергенні властивості, відсутність яскраво вираженого смаку, кольору та запаху, високий вміст легкозасвоюваних вуглеводів [71].

Основними недоліками кукурудзяного та рисового борошна є їх низька харчова цінність, обумовлена високим вмістом крохмалю, низьким вмістом харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин.

Удосконалення технології виробництва борошняних виробів на основі даних видів борошна повинно зосереджуватися по-перше, на дослідженні колоїдно-хімічних властивостей різних видів крохмалю та, по-друге, на розробці способів збагачення борошняних виробів незамінними макро- і мікронутрієнтами [72].

Збагачення безглютенових продуктів повинно відповідати оптимальному комбінуванню мікроелементів та біологічно активних речовин в засвоювані форми та технологічно виправдані поєднання, що сприяють формуванню необхідних споживчих властивостей.

Результати багатьох досліджень [71-74,75,76-78] вказують на потенційну можливість використання борошна соргового як компонента безглютенового хліба. Завдяки високому вмісту

незамінних амінокислот сорго характеризується високою біологічною цінністю. Наприклад, вміст лізину в сорговому борошні перевищує борошно рисове в 4 рази [79]. В сорговому борошні містяться каротин, вітаміни групи В, фітін, фосфоліпіди, мінеральні солі фосфора, калія та магнія. У порівнянні з борошном рисовим та кукурудзяним, вміст макро- та мікроелементів в сорговому борошні вищий.

Важливо, що соргове борошна характеризується низьким глікемічним індексом, що робить його цінним компонентом для створення продуктів, призначених для хворих на цукровий діабет [80].

Щодо впливу соргового борошна на технологічні властивості тіста, на думку Агібалової В.С. [81], внесення його сприяє прискоренню бродіння тіста, що спричинено вмістом легкозасвоюваних цукрів. Додавання соргового борошна в кількості більше 5..15 % призводить до поліпшення технологічних та споживчих властивостей виробів. Спостерігається підвищення питомого об'єму, покращення пористості та органолептичних властивостей готових продуктів.

Однак, при збільшенні масової частки сорго до 20% погіршуються смакові властивості безглютенового хліба, потемніння м'якучки, вироби набувають непритаманного вигляду, низького питомого об'єму, мають нерозвинену пористість та нерівну поверхню. Крім того, використання соргового борошна дещо обмежує вміст дубильних речовин, що спричиняє виникнення гіркуватого присмаку готових виробів [81].

Іншою перспективною крохмалевмісною добавкою у виробництві безглютенового парового хліба є просяне борошно [82]. В хлібопеченні просяне борошно виступає як компонент, здатний покращити харчову цінність борошняної суміші, а також поліпшити структурно-механічні властивості тіста. При внесенні просяного

борошна підвищується питомий об'єм хліба, покращується пористість та органолептичні властивості готових виробів.

Вчені рекомендують вносити просяне борошно у кількості 5...30% до маси сухих компонентів рецептурної суміші [83]. Однак, високий вміст ненасичених жирних кислот та активний комплекс ліполітичних ферментів сприяє швидкому прогоркненню просяного борошна, що ускладнює його зберігання та погіршує якість готових виробів.

На жаль, суттєвим недоліком є низька харчова цінність перелічених видів сировини, знижений вміст харчових волокон та білків.

Сучасні технології виробництва безглютенових борошняних виробів переважно засновані на використанні сировини рослинного походження з високим вмістом некрохмальних полісахаридів.

Безпосередніми перевагами їх є різноманітні технологічні властивості. Насамперед, некрохмальні полісахариди покращують перистальтику кишечника, збільшують відчуття ситості, знижують вміст холестерину в крові та є джерелом коротколанцюгових жирних кислот. Неперетравлювані олігосахариди знижують кількість мікроорганізмів та діють як пробіотики, виконуючи роль імуномодуляторів та підвищуючи адсорбцію кальцію.

Технологічні властивості некрохмальних полісахаридів, на наш погляд, вивчені недостатньо. В технології безглютенових борошняних виробів природні це - некрохмальні полісахариди, насамперед β -глюкани (вівсяне борошно), пентозани (амарант, кіноа, гречка), лігніни (льон, конопля) [84]. Безсумнівною перевагою є їх висока харчова цінність, обумовлена сбалансованістю амінокислотного складу, поліфенолів і антиоксидантів, фолатів і вітамінів групи В [85].

Останнім часом широкого застосування у виробництві безглютенового парового хліба набуло вівсяне борошно [86].

Оздоровчі властивості вівса полягають у високому вмісті β -глюканів, що сприяють зниженню вмісту холестерину, глюкози та інсуліну в крові. Вони характеризуються високою технологічною функціональністю та, зокрема, водоутримуючою здатністю.

Дослідження підтверджують можливість використання вівсяного борошна у харчуванні людей, хворих на целіакію. Склад білків вівсяного борошна суттєво відрізняється від борошна пшеничного. Так, вміст проламінів у вівсяному борошні не перевищує 10% та, крім того, вони відрізняються первинною структурою від проламінів пшеничного борошна. Пентапептиди R₅, токсичні при целіакії, відсутні у вівсі. Основною білковою фракцією вівсяного борошна є глобуліни, подібні гліциніну сої [87].

Дотепер залишається відкритим питання про вплив хімічного складу зерна вівса різних сортів на якість безглютенового парового хліба. Встановлено, що висока активність α -амілази негативно впливає на якість виробів. Крім того, не знайдено кореляції між якістю хліба та активністю β -амілази, протеази та пероксидази [88,89].

Пентозанвмісну сировину використовують для імітації хлібопекарських властивостей житнього борошна, в якому водопоглинальна та водоутримувальна здатність тіста обумовлені в основному некрохмальними полісахаридами.

З технологічної точки зору, важливими є наступні властивості даного виду сировини: значна відмінність за вмістом некрохмальних полісахаридів, в частності пентозанів, які характеризуються високою водоутримуючою здатністю та текстуроутворенням; специфічна макробіотика, що суттєво відрізняється від мікрофлори зерна пшениці і жита; специфічні реологічні характеристики, що не властиві традиційним зерновим культурам [90].

Вода суттєво впливає на реологічні властивості безглютенового тіста, його еластичність та стійкість до деформації, газоутримуючу

здатність. Водоутримуюча здатність тіста впливає на якість хліба, а саме його текстуру, зовнішній вигляд, смак та черствіння [91-93]. На думку [94], модельні суміші, що містять таку ж кількість пентозанів і крохмалю, як і житнє борошно, суттєво відрізняються за показником адсорбції вологи, що пов'язано з хімічною природою пентозанів та супутніх речовин. Такі дані вказують на доцільність дослідження фізико-хімічних властивостей основних структуроутворюючих компонентів в сировині.

В практичному плані для кожної борошняної суміші при виробництві якісного безглютенового хліба передбачено визначення виходу тіста. В цілому, з пентозанвмістної сировини можна отримати якісний хліб без додаткового введення гідроколоїдів.

Підвищити харчову цінність безглютенового хліба можна за допомогою борошна гречаного [95]. Завдяки збалансованому амінокислотному і мінеральному складу та добрих смакових властивостей гречане борошно рекомендують вносити в кількості 15...25% до маси сипких компонентів безглютенового тіста [96].

Дослідження впливу гречаного борошна на процес тістоповедення вказують на зниження газоутворення в тісті, погіршення реологічних властивостей тіста та зниження питомого об'єму хліба. Спостерігається збільшення початкової та кінцевої кислотності тіста. Такі зміни спричинені необхідністю підвищення вологості тіста оскільки гречане борошно має високу водопоглинальну здатність.

Останнім часом широкого розповсюдження серед борошняних продуктів, здатних поліпшувати структуру, харчову та біологічну цінність безглютенових продуктів, є псевдозлакові культури, насамперед, амарант та кіноа [97]. Зерно амаранта містить в середньому 16% повноцінного білка. За вмістом лізину амарант у два рази перевищує рисове борошно та в три рази - кукурудзяне. Значний вміст пектинів, представлених в основному нерозчинним

протопектином, сприяє виведенню з організму людини важких металів [98-99]. При внесенні амарантового борошна спостерігається інтенсифікація кислотонакопичення та газоутворення в тісті, підвищується бродильна активність та підйомна сила дріжджів, що сприяє скороченню тривалості бродіння тіста, активізації життєдіяльності молочнокислих бактерій, підвищенню водопоглинальної здатності, пружності та еластичності тіста [100].

Встановлено, що оптимальна кількість амарантового борошна коливається в межах 3...20%. Збільшення його масової частки надає виробам помітного сірого кольору, а зниження нижче 3% не проявляє помітної дії на якість безглютенового хліба [101].

Інтерес до використання кіноа як компоненту безглютенового тіста зумовлюється вийнятковим хімічним складом та високою біологічною цінністю цієї псевдозернової культури. Кіноа забезпечує постачання високоякісного білка, харчових волокон та ненасичених жирних кислот до організму людини.

В псевдозернових культурах білок розташовується в зародку та представлений в основному глобулінами та альбумінами, в той час як вміст проламінів незначний або вони зовсім відсутні. Внаслідок цього псевдозернові культури розглядають як безглютенові. Білок кіноа містить в середньому 40% альбумінів, 20% глобулінів, 25...30% глютелінів та 2...3% проламінів [102,103].

Згідно з ФАО/ВОЗ [104], кіноа має найкращий амінокислотний склад оскільки не містить лімітуючих незамінних амінокислот, найвищий рівень гістидину, ізолейцину та ароматичних амінокислот. При порівнянні потреб дітей шкільного віку та дорослих білок кіноа покриває потреби організму у білку на 150 та 200% відповідно. Висока біодоступність білків кіноа відповідає біодоступності казеїну [104].

Дані, отримані в університеті Сан-Пауло [105], вказують на те, що в процесі кулінарної обробки якість білків кіноа змінюється.

Доведено, що індекс якості білка та коефіцієнт його утилітарності після температурної обробки покращується.

Вуглеводи кіноа можуть бути розглянуті як харчові нутрицевтики бо вони володіють гіпохолесторемічним та гіпоглікемічним ефектами. Тому продукти, виготовлені з кіноа, характеризуються зниженим глікемічним індексом [106].

У США проведено значну кількість досліджень в області виробництва безглютенових продуктів з використанням борошна кіноа з метою покращення структурно-механічних властивостей тіста та кінцевого продукту [107-111]. Розроблено рецептури безглютенових хлібців, крекерів, печива та макаронних виробів підвищеної харчової цінності. Виявлено, що часткова або повна заміна картопляного крохмалю борошном кіноа суттєво поліпшує харчову цінність продукту, підвищує питомий об'єм хліба, сприяє пом'якшенню м'якушки хліба та поліпшує рівень засвоюваності корисних речовин [110,111].

Перспективною сировиною для виробництва безглютенових продуктів харчування є ляне знежирене борошно, оскільки в його складі відсутня проламінова фракція [112]. За складом триптофану, метіоніну і цистеїну білок лляного борошна суттєво перевищує білки пшеничного, кукурудзяного та рисового борошна. Масова частка незамінних амінокислот в білковому складі лляного борошна складає більше, ніж 75%.

Нерозчинні і розчинні харчові волокна сприяють покращенню перистальтики кишківника, адсорбують та виводять з організму залишки холестерину, жовчні кислоти, шлаки, токсини, солі важких металів, а також сприяють відновленню необхідного балансу лакто- і біфідобактерій. Перелічені властивості є найбільш важливими для лікування целіакії, оскільки функції кишківника при даному захворюванні не виконуються необхідною мірою [113].

Використання лляного борошна в рецептурі безглютенових продуктів харчування обмежується їх яскраво вираженими органолептичними властивостями. Внесення даної добавки вже в кількості 10% призводить до виникнення гіркуватого присмаку, суттєвого погіршення кольору та зниження здатності до зберігання внаслідок швидкого прогоркання жирів у складі лляного борошна. Крім того, підвищена кількість лляного борошна у рецептурі (10% і вище) призводить до утворення затягнутої структури м'якушки хліба [114].

Узагальнюючи вищевикладене, можна стверджувати, що добавки з борошна з високим вмістом крохмальних та некрохмальних полісахаридів представляють собою досить складний, але перспективний напрям розробки новітніх безглютенових виробів з підвищеною харчовою цінністю.

З одного боку, перелічені борошняні поліпшувачі здатні покращити структуру тіста та готових виробів, а з іншого - суттєво підвищити харчову і біологічну цінність внаслідок високого вмісту незамінних амінокислот, ненасичених жирних кислот, харчових волокон, мінералів та вітамінів.

Широке розповсюдження перелічених добавок у рецептурах безглютенових виробів безсумнівно доводить їх значимість, однак додаткових досліджень потребує визначення поведінки даних добавок у рецептурі безглютенового парового хліба, оскільки вид температурної обробки здатний суттєво вплинути на засвоєння, харчову цінність, структурно-механічні та споживчі властивості хліба.

Іншим популярним напрямом поліпшення якості безглютенових продуктів харчування є застосування борошняних інгредієнтів з високим вмістом білка. В першу чергу, до таких продуктів відносять борошно бобових культур - соєве, горохове, нутове. Оскільки білки бобових культур представлені в основному глобулінами та

альбумінами, вони є перспективною сировиною для виробництва безглютенових продуктів харчування. Лідером у переробці серед рослинних білків є соя. Продукти її переробки розділяють на три групи залежно від вмісту білка: ізоляти (86...92% білка), концентрати (62...72% білка), знежирене борошно (52...59% білка). Всі вони характеризуються багаторазово доведеною функціональністю у виробництві хліба [115-121].

Високоцінною борошняною сировиною є нутове борошно [112]. Кількість білків в ньому в середньому складає 18,5%, більшість яких представлені альбумінами та глобулінами. Нутове борошно є найбільш збалансованим за лізином, вміст якого перевищує в 2,8...3,0 рази вміст у борошні кукурудзяному та рисовому. За рахунок жовтого відтінку ендосперму внесення нутового борошна до рисового сприяє покращенню кольору м'якушки хліба. Однак, водопоглинальна здатність тіста знижується, що негативно відображається на засвоюваності вуглеводної частини. Крім того, знижується питомий об'єм хліба та його об'ємний вихід [113].

Володіючи високими смаковими властивостями, горох займає гідне місце в раціоні харчування людини [114]. Цінність його обумовлена в першу чергу високим вмістом білка (в середньому 23%). Крім того, горохове борошно відрізняється високим вмістом вітамінів В1, В2, РР, С та мікроелементів (калій, кальцій, залізо, цинк тощо). Горохове борошно рекомендують вносити до 15% до маси борошна в тісті без погіршення органолептичних властивостей хліба [115].

Встановлено [116], що внесення борошна бобових культур підвищує кислотність тіста. Крім того, знижується об'єм тіста та збільшується тривалість бродіння та розстоювання тіста у середньому у 1,5...2 рази.

Соя та білкові препарати, отримані на її основі, мають низку недоліків. Як відомо, у складі бобових культур присутні антиаліментарні з'єднання білкової природи, що знижують харчову цінність продуктів харчування [117]. До них відносять інгібітори протеаз шлунково-кишечного тракту та лектини. В соєвому борошні знайдено не менше п'яти трипсинових інгібіторів, що складають 5...10% від загального вмісту білка. Найбільш добре дослідженим є інгібітор Кунітца, масова частка якого складає 90% від загальної активності присутніх інгібіторів [118].

Механізм дії білкових інгібіторів по зниженню активності ферментів заключається в утворенні стійких білок-білкових комплексів, які містять молекулу інгібітора та одну (або декілька) молекул ферменту. Білкові інгібітори відрізняються по специфічності, що проявляється у здатності пригнічувати активність різних ферментів. Інгібітор Кунітца знижує активність трипсину та плазміну та, меншою мірою, інгібує хімотрипсин. Інгібітор Баумана-Бірка є двоцентровим інгібітором, що вступає в реакцію одночасно з двома молекулами різних ферментів і здатен зв'язувати дві молекули одного фермента [118,119].

Лектини є рослинними глікопротеїнами, що зв'язують один або декілька специфічних сахаридів. Лектини взаємодіють з вуглеводними компонентами поверхні клітин та в подальшому аглютенують їх, роблячи недоступними дії ферментів [120].

На нашу думку, використання борошна бобових культур у технології виробництва парового безглютенового хліба є недоцільним, оскільки при целіакії ускладнюється робота кишківника, а використання борошна, що містить речовини, що знижують засвоєння корисних речовин, призведе до посилення даної проблеми.

Альтернативою борошну бобових культур є знежирене соняшникове борошно, що відрізняється високим вмістом білків та не

містить інгібіторів. В цьому борошні збережені усі цінні біологічно активні речовини та вітаміни. Соняшникове борошно є комплексним продуктом харчування, бо в ньому добре збалансована система з протеїнів, вуглеводів (в тому числі клітковини), вітамінів, фосфоліпідів та мінеральних речовин [121].

Вченими С. Кузьміною та Л. Козубаєвою [122] встановлено вплив соняшникового борошна на реологічні властивості безглютенового тіста. Внесення соняшникового борошна підвищує водопоглинальну здатність борошняної суміші та скорочує час формування тіста; воно має більш в'язку консистенцію та більшу пластичність. Це обумовлює перспективність даної добавки для покращення структури та харчової цінності безглютенових продуктів харчування.

Технологічні властивості безглютенової борошняної сировини можна регулювати на етапі замішування тіста внесенням гідроколоїдів [123-130].

У безглютеновому хлібі найбільш поширеним рецептурним гідроколоїдом виступає ксантанова камедь; популярністю також користуються натрикарбоксиметилцелюлоза, гідроксипропілметилцелюлоза, метилцелюлоза та мікрокристалічна целюлоза. Вченими запропоновано структуроутворювальні системи з поєднанням різних видів крохмалів, безглютенової сировини і гідроколоїдів, що дозволяє отримати хліб без клейковини високої якості.

Завдяки підвищеній водопоглинальній здатності, харчові гідроколоїди впливають на консистенцію безглютенового тіста, підвищуючи його газоутримуючу здатність в процесі вистоювання і випікання [131].

Традиційно ксантанову камедь у харчовій промисловості використовують у виробництві соусів, морозива, десертів і напоїв

[132]. Проте, її високі струкутроутворювальні властивості спонукають вчених використовувати даний мікробний полісахарид у рецептурі безглютенових продуктів харчування.

Хімічна будова обумовлює її добру розчинність у холодній та гарячій воді та надає її розчинам унікальні властивості: високу в'язкість, стійкість до змін іонної сили розчину, температури тощо.

Внесення камеді у кількості 0,5% до маси борошняної суміші позитивно впливає на структурно-механічні властивості безглютенового тіста та його фізико-хімічних показників, а також сприяє подовженню терміну зберігання готових виробів [133].

Популярною є камедь гуару, що представляє собою нейтральний полісахарид, розчинність якого обумовлена особливостями будови лінійного D-маннану, що не має бокових ланцюгів, проявляє властивості, подібні його хімічному аналогу - целюлозі. Наявність бокових ланцюгів в молекулі обумовлює здатність утворювати водні розчини; при цьому гуарова камедь здатна повністю гідратуватися в холодній воді.

Використання гуарової камеді в технології безглютенових виробів обумовлено її здатністю до утворення в'язких водних розчинів, синергічної взаємодії з іншими полісахаридами, що призводить до формування гелів різної структури, здатністю регулювати процес синерезиса. В результаті м'якушка стає більш пружною [134].

Гуарова або ксантанова камедь, подібно до похідних целюлози і пектина, не розщеплюються в шлунково-кишковому тракті людини та є відносно безпечними добавками. Наявність камедей в харчових продуктах сприяє зменшенню апетиту, ефективному зниженню рівня насичених жирів і холестерину в організмі, виведенню токсинів з кишківника.

Їх використовують в дієтичному харчуванні, що допомагає забезпечити відчуття ситості. Також їх вносять до діабетичних препаратів для сповільнення засвоєння цукру [135].

Відомим гідроколоїдом у створенні безглютенових продуктів харчування є метилцелюлоза та її похідні (карбоксиметилцеллюлоза, натрійкарбоксиметилцеллюлоза, гідроксипропілметилцеллюлоза) [136]. Їх основними технологічними властивостями є стабілізація, гелеутворення, вологозв'язування та утворення плівок. Розчини усіх типів метилцелюлози демонструють псевдопластичні властивості. Деякі типи, зокрема карбоксиметилцеллюлоза, демонструють тиксотропні властивості розчинів.

Оптимальною масовою часткою митилцелюлози є 0,5%, карбоксиметилцеллюлози - 0,3%, натрійкарбоксиметилцелюлози - 0,6%. Використання даних гідроколоїдів сприяє поліпшенню структури тіста та хліба, покращенню пористості та питомого об'єму [137].

Слід зазначити, що більшість гідроколоїдів, використовуваних в технологіях безглютенового хліба, є баластними речовинами, які не засвоюються організмом і не покривають добову потребу людини в мікронутрієнтах. Тривале споживання такого хліба може стати причиною дефіциту макро- та мікронутрієнтів, у зв'язку з чим необхідно приділяти увагу пошуку сировини, яка крім структуроутворювальної дії, сприятиме підвищенню харчової цінності виробів [138].

На нашу думку, найбільш перспективними добавками-поліпшувачами структури є збагачувальні борошняні добавки - соргове, лляне, кіноа та соняшникове. Перелічені добавки здатні покращити структуру безглютенових виробів та їх харчову цінність завдяки високому вмісту повноцінних білків, а також макро- і мікронутрієнтів.

Усі приведені данні отримано на прикладі безглютенового хліба, підданого випіканню, проте при обробці паром відбуваються інші термічні та біохімічні процеси, що здатні змінити органолептичні, структурно-механічні властивості кінцевого продукту, а також його харчову та біологічну цінність. Тому доцільно приділити окрему увагу змінам, що відбуваються при обробці тіста паром, для отримання повної інформації про якість кінцевого продукту.

Проведений нами аналіз науковій літературі підтвердив доцільність розробки технології безглютенового парового хліба зі збалансованим амінокислотним складом та зниженим глікемічним індексом.

Перспективним шляхом поліпшення амінокислотного складу та зниження глікемічного індексу хліба є внесення борошна соргового, лляного, соняшникового та борошна кіноа.

Комбінування їх із рисовим та кукурудзяним борошном дозволяє значно підвищити харчову цінність, а також покращити структурно-механічні та технологічні властивості парового хліба. Такий ефект дозволяє вилучити з рецептури структуроутворювачі полісахаридної природи, тривале вживання яких може призвести до дефіциту необхідних організму макро- і мікроелементів.

В основу технологічної схеми виробництва безглютенового парового хліба покладено технологічні принципи виробництва традиційного безглютенового хліба.

Для підвищення засвоєння таких продуктів організмом людини та попередження утворення шкідливих акриламідів запропоновано використовувати теплову обробку паром замість випікання.

1.3. Обґрунтування стадії замісу безглютенового тіста

До основних рецептурних компонентів, що формують структуру хлібного тіста, відносять борошно, воду, дріжджі. Ще один базовий компонент рецептури – сіль – виконує в першу чергу функцію формування смаку продукту, одночасно відіграючи певну структуроутворюючу роль.

Тому на початковому етапі дослідження нами обрано наступний алгоритм - визначити раціональне співвідношення таких основних рецептурних компонентів, як борошно:вода:дріжджі за незмінної кількості солі (1,5% до маси борошна).

Визначення раціонального співвідношення

«борошно:вода»

Дослідження проводили на зразках тіста з рисового та кукурудзяного борошна, оскільки дані компоненти обрано основою борошняної рецептурної суміші, тому їх водо поглинальна здатність максимально впливає на кількість рідкої фази. З літературних джерел визначено, що оптимальною вологістю замісу при виробництві безглютенового хліба є 57% [122].

Зміни технологічних показників рисового парового хліба залежно від вологості замісу приведено в табл. 1.1.

Оптимальною, на наш погляд, вологістю тіста для рисового парового хліба є 58...59%. При зростанні вологості вище 59% спостерігається підвищення питомого об'єму хліба з одночасним утворенням нерівномірної пористої структури м'якушки. При збільшенні вологості до 62% і вище ці показники погіршуються та структура м'якушки стає надто липкою та вологою.

Результати дослідження безглютенового парового хліба на основі борошна кукурудзяного наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.1

Залежність технологічних показників рисового парового хліба від вологості замісу

Вологість замісу, %	Питомий об'єм, г/см ³	Пористість, %	Характеристика м'якушки
57	1,74	36	Пористість погано розвинена, вологість м'якушки достатня, залипання відсутнє
58	1,85	39	Пористість краще розвинена, вологість м'якушки достатня, залипання відсутнє
59	1,92	41	Пористість нерівномірна, велика кількість крупних пор, вологість м'якушки підвищена, присутня липкість
60	2,01	44	Пористість сильно нерівномірна, м'якушка липка
61	1,98	43	Нерівномірна пористість, підвищена вологість м'якушки, липкість
62	1,71	35	М'якушка занадто волога, пористість нерівномірна, наявність недопечених ділянок
63	1,63	33	М'якушка погано пропечена, липка, пористість погано розвинена
64	1,50	32	Пористість майже відсутня, м'якушка липка та волога
65	1,43	21	Пористість майже відсутня, м'якушка липка та волога

На відміну від рисового, тісто з борошна кукурудзяного потребує підвищеної вологості, оскільки вміст некрохмальних полісахаридів в ньому підвищений.

Внесення води до 61% не є достатнім для гідратації усіх біополімерів кукурудзяного тіста. Тому спостерігається конкуренція за вологу між крохмальними та некрохмальними полісахаридами, внаслідок якої в готовому продукті виникають непропечені ділянки.

Оптимальною кількістю води для кукурудзяного тіста є 63...64%. За такої вологості добре розвивається пористість тіста,

підвищується питомий об'єм та вологість м'якушки залишається на достатньому рівні. При підвищенні вологості до 65% небажане залипання м'якушки.

Таблиця 1.2

Залежність технологічних показників кукурудзяного парового хліба від вологості замісу

Вологість замісу, %	Питомий об'єм, г/см ³	Пористість, %	Характеристика м'якушки
57	1,32	27	Пористість погано розвинена, м'якушка суха з не пропеченими ділянками
58	1,45	32	Пористість погано розвинена, м'якушка суха з не пропеченими ділянками
59	1,57	36	Пористість погано розвинена, м'якушка суха з не пропеченими ділянками
60	1,69	41	Пористість погано розвинена, м'якушка суха
61	1,78	44	Пористість погано розвинена, м'якушка суха
62	1,91	48	Пористість погано розвинена, вологість м'якушки достатня, залипання відсутнє
63	2,12	53	Пористість краще розвинена, вологість м'якушки достатня, залипання відсутнє
64	2,25	54	Пористість нерівномірна, велика кількість крупних пор, вологість м'якушки підвищена, присутня липкість
65	2,23	51	Пористість сильно нерівномірна, м'якушка липка

Для подальших досліджень базовою вологістю тіста на основі рисового борошна обрано 58%, на основі кукурудзяного борошна - 63%.

Для визначення масової частки дріжджів використовували питомий об'єм хліба, оскільки існує пряма кореляція між цими показниками. Результати досліджень показані на рис. 1.1.

Результати свідчать про пропорційне збільшення питомого об'єму безглютенового парового хліба при підвищенні масової частки дріжджів, проте, при внесенні більше, ніж 2,00% пресованих дріжджів, у готових виробах з'являється яскраво виражений дріжджовий запах.

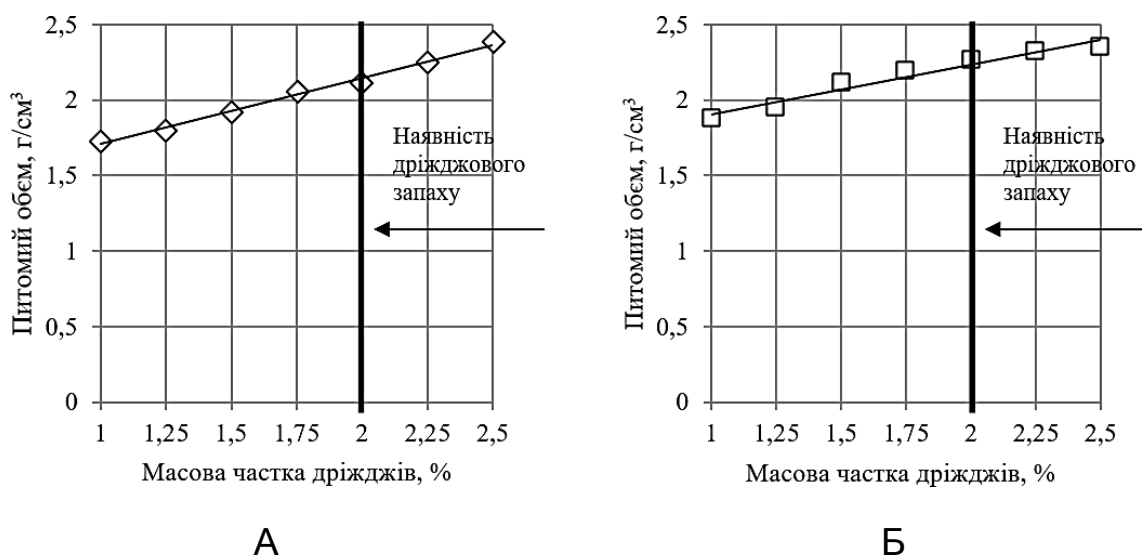


Рис. 1.1. Вплив масової частки дріжджів на питомий об'єм безглютенового парового хліба (А – на основі рисового борошна, Б – на основі кукурудзяного борошна)

Таким чином, для подальших досліджень встановлено наступні умови виробництва безглютенового парового хліба: вологість для хліба на основі рисового борошна - 58%, на основі кукурудзяного борошна - 63%; масова частка дріжджів - 1,75%.

Регулювання складу борошняної сировини

Для дослідження обрано найбільш поширені в Україні та світі безглютенові продукти: борошно кіноа, соргове, лляне, соняшникове, рисове та кукурудзяне.

Борошно бобових культур розглянуто не було, оскільки огляд інформаційних джерел показав недоцільність використання бобових

продуктів у технології безглютенових виробів внаслідок високого вмісту антипоживних речовин, що ускладнюють засвоєння білка. Розраховано амінокислотний скор кожного продукту, коефіцієнт утилітарності (КУ) та індекс якості білка (ІЯБ) (табл. 1.3).

Найнижчими показниками якості білка характеризуються борошно рисове та кукурудзяне. По-перше, вміст білка у цих видах борошна складає в середньому 7,00 та 10,80% відповідно; по-друге, білок не є збалансованим за амінокислотним складом, тому КУ їх складає 0,21 та 0,33, а ІЯБ – 0,39 та 0,41 відповідно.

Лімітуючою амінокислотою у більшості видів борошна є метіонін. Найвищий амінокислотний скор за метіоніном мають лляне та соняшникове борошно, та меншою мірою – соргове та борошно кіноа (але при цьому вони характеризуються найвищим рівнем КУ та ІЯБ).

Тому саме ці культури обрано в якості поліпшувачих компонентів сумішей для виробництва безглютенового парового хліба.

Таблиця 1.3

Амінокислотний скор, індекс якості та коефіцієнт утилітарності збагачувальних борошняних добавок (ступінь достовірності $\alpha=0,95$)

Показники	Збагачувальна борошняна сировина				Основна борошняна сировина	
	кіноа	соргове	лляне	соняшникове	рисове	кукурудзяне
Вміст білка, г/100 г	16,00	14,00	32,00	44,00	7,00	10,80
Амінокислотний скор борошна						
валін	114,0	104,0	360,0	76,60	84,0	82,0
ізолейцин	120,0	100,0	375,0	81,50	82,5	102,5
лейцин	120,0	192,9	285,7	105,71	88,6	157,1
лізин	127,3	49,1	254,5	68,18	47,3	38,2
метіонін	98,6	90,0	177,1	68,00	45,7	37,1
треонін	92,5	72,5	322,5	121,25	60,0	50,0
триптофан	110,0	120,0	500,0	238,00	100,0	60,0
фенілаланин	8,3,3	8,3,3	268,3	203,3	6,17	60,0
КУ	0,46	0,42	0,56	0,58	0,21	0,33
ІЯБ	0,72	0,67	0,81	0,83	0,39	0,41

На наступному етапі поставленою задачею було визначення масової частки збагачувальних борошняних добавок. Результати експерименту наведено в табл. 1.4 – 1.6.

Встановлено, що борошно соняшникове більшою мірою впливає на якість безглютенового парового хліба на основі рисового борошна (табл. 1.4). При внесенні 5% добавки спостерігається зростання питомого об'єму хліба більше, ніж у 2 рази, та пористості – на 30%. Однак, подальше збільшення масової частки призводить до посилення крихкості хліба, що спричиняє відслоювання стінок та кірки.

Встановлено, що борошно лляне незначно впливає на структуру хліба. При внесенні його у кількості 5% на заміну рисового борошна питомий об'єм дещо покращується, однак при подальшому збільшенні кількості добавки цей показник знижується, що пояснюється більшою крупністю лляного борошна.

Таблиця 1.4

















Вплив масової частки збагачувальної борошняної сировини на технологічні показники безглютенового парового хліба на основі рисового борошна

Вид борошна	Кількість, %	Питомий об'єм, г/см ³	Пористість, %
Без добавки	-	1,85	39,0
Соняшникове борошно	5,0	4,26	52,0
	10,0	4,12	53,0
	15,0	3,95	50,0
Лляне борошно	5,0	1,9	24,0
	10,0	1,8	23,0
	15,0	1,7	21,0
Соргове борошно	5,0	2,32	41,0
	10,0	3,40	47,0
	15,0	3,28	45,0
Борошно кіноа	5,0	1,95	40,0
	10,0	2,30	43,0
	15,0	2,70	45,0

На відміну від лляного, борошно соргове більш суттєво впливає на питомий об'єм хліба. При внесенні його до 10% на заміну рисового борошна питомий об'єм хліба збільшується майже у 2 рази. Збільшення масової частки соргового борошна до 15% починає знижувати питомий об'єм хліба. Аналогічна тенденція спостерігається у хлібі з кукурудзяного борошна.

Таблиця 1.5

Вплив масової частки збагачувальної борошняної сировини на органолептичні показники безглютенового парового хліба

Вид борошна	Кількість, %			
	Без добавки	5,0	10,0	15,0
Безглютеновий паровий хліб на основі рисового борошна				
Соняшникове борошно				
Лляне борошно				
Соргове борошно				
Борошно кіноа				



Таблиця 1.6

Вплив масової частки збагачувальної борошняної сировини на технологічні показники безглютенового парового хліба на основі кукурудзяного борошна

Вид борошна	Кількість, %	Питомий об'єм, г/см ³	Пористість, %
Без добавки	-	1,6	44,0
Соняшникове борошно	5,0	2,5	55,0
	10,0	4,5	59,0
	15,0	4,23	58,0
Ляне борошно	5,0	1,6	35,0
	10,0	1,7	36,0
	15,0	1,7	36,0
Соргове борошно	5,0	2,50	55,0
	10,0	3,40	59,0
	15,0	3,00	58,0
Борошно кіноа	5,0	1,70	48,0
	10,0	2,47	55,0
	15,0	3,15	60,0

Дія соняшникового борошна на вироби на основі кукурудзяного борошна - менш помітна. Значного ефекту вдалося досягти лише при додаванні 10% соняшникового борошна на заміну кукурудзяного.

Також значного підвищення питомого об'єму та пористості хліба вдалося досягти при внесенні борошна кіноа до кукурудзяного борошна. Хліб має відмінний вигляд, питомий об'єм збільшується у 2 рази та пористість зростає на 20%.

З метою покращення органолептичних, фізико-хімічних властивостей та біологічної цінності в якості додаткової борошняної сировини в рецептурі безглютенового парового хліба нами рекомендовано: соняшкове або лляне борошно в кількості 5% на заміну рисового; соргове або борошно кіноа в кількості 10 і 15% відповідно на заміну кукурудзяного.

Визначення реологічних властивостей безглютенового тіста після замісу

Стадія замісу тіста має суттєвий вплив на якість готових виробів. Протягом замісу формується структура тіста та подальші структурно-механічні властивості виробів. Борошняне тісто володіє водночас пружно-еластичними та пластично-в'язкими властивостями. Явище пружності сприяє збереженню заданої форми виробів після формування, а еластичність дозволяє збільшити продуктивність замісу.

Для оцінювання пружно-еластичних та пластично-в'язких властивостей тіста для безглютенового парового хліба проведено дослідження на еластопластометрі Толстого. Вологість дослідних зразків дорівнювала 45%, оскільки за вищої вологості зразок тіста неможливо розмістити між пластинами приладу. Співвідношення борошняної сировини в тісті відповідало рекомендованим

концентраціям (5% для борошна лляного та соняшникового на заміну рисового, 10% для борошна соргового та 15% для борошна кіноа на заміну кукурудзяного).

На рис. 1.2 наведено криві навантаження-розвантаження безглютенового тіста на основі рисового борошна.

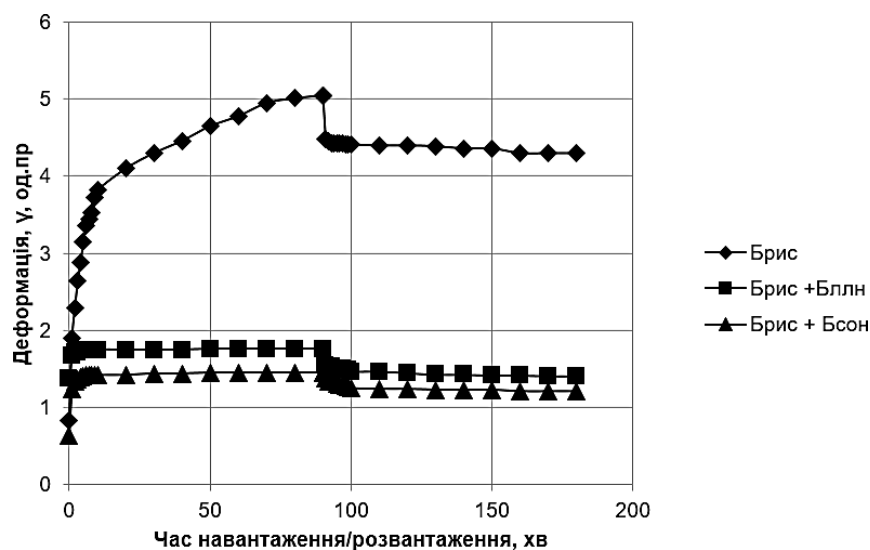


Рис. 1.2. Криві навантаження/розвантаження тіста на основі рисового борошна при внесенні збагачувальних борошняних добавок. Тут: Брис, Блн, Бсон – борошно рисове, лляне соняшникове відповідно

На завантажувальній частині кривої можна виділити три ділянки – миттєво-пружну деформацію, високо-еластичну деформацію та ділянку течії системи. Можна відмітити, що борошняні добавки впливають на опірність тіста на основі рисового борошна та збільшують його міцність.

Ефективність дії лляного та соняшникового борошна суттєво не відрізняється. Внесення лляного борошна сприяє збільшенню пластичності та еластичності тіста та зниженню пружності (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Реологічні характеристики безглютенового тіста на основі рисового борошна при внесенні збагачувальних борошняних добавок

Вид борошна	Відносна еластичність, $E_{\text{відн, \%}}$	Відносна пластичність, $ПЛ_{\text{відн, \%}}$	Відносна пружність, $ПР_{\text{відн, \%}}$
Брис	73,50	9,87	16,63
Брис+Блпн	88,93	10,36	0,71
Брис+Бсон	50,00	6,55	43,45

Такий результат можна пояснити високим вмістом жиру в лляному борошні. Додавання соняшникового борошна призводить до зниження відносної еластичності та пластичності при одночасному збільшенні пружності, що може бути пояснено високим вмістом волокон та білків.

Результати досліджень реологічних властивостей тіста на основі кукурудзяного борошна наведено на рис.1.3.

Отримані результати досліджень кукурудзяного тіста показують аналогічні тенденції. Внесення борошняних добавок в першу чергу суттєво впливає на зниження незворотної відносної деформації на 36..68%. Розрахунок реологічних характеристик тіста на основі кукурудзяного борошна наведено в табл. 1.8.

Внесення збагачувальних борошняних добавок до кукурудзяного тіста в усіх випадках сприяє підвищенню його пластичності. Така тенденція є позитивною через значну крихкуватість кукурудзяного тіста.

При цьому дещо знижується відносна еластичність – на 17...28% та збільшується відносна пружність у 2...6 разів.

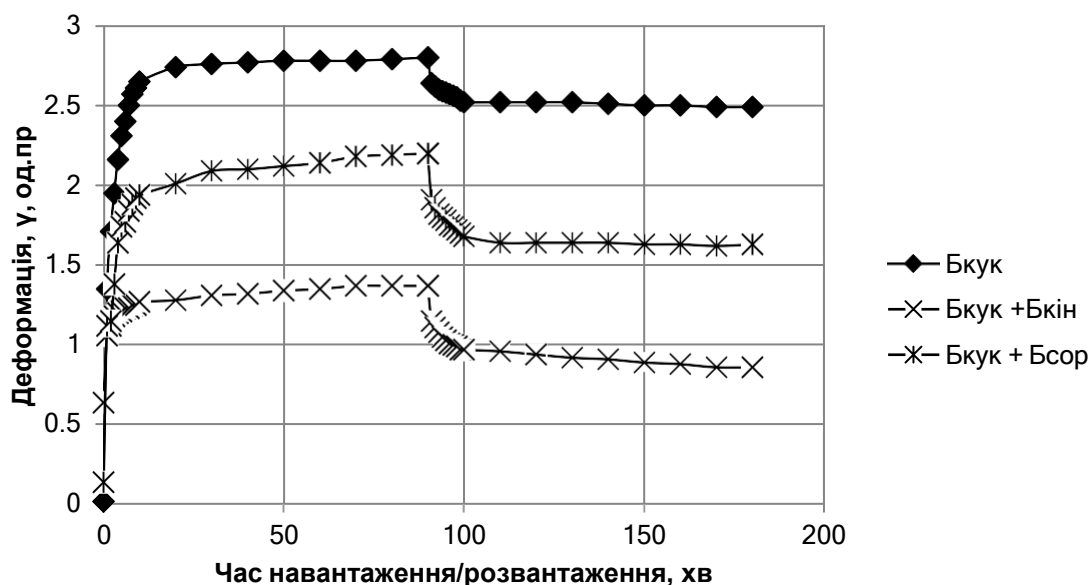


Рис. 1.3. Криві навантаження/розвантаження тіста на основі кукурудзяного борошна при внесенні збагачувальних борошняних добавок сировини. Тут: Бкук, Бкін, Бсор – борошно кукурудзяне, кіноа, соргове відповідно

Таблиця 1.8

Реологічні характеристики безглютенового тіста на основі кукурудзяного борошна при внесенні збагачувальних борошняних добавок

Зразок	Відносна еластичність, $E_{відн}$, %	Відносна пластичність, $ПЛ_{відн}$, %	Відносна пружність, $ПР_{відн}$, %
Борошно кукурудзяне	88,92	10,36	0,71
Кук + Кіноа	70,01	23,28	6,71
Кук + Сорго	74,19	19,54	6,36

Отримані дані добре узгоджуються з дослідженнями по розпливанню кульки тіста (рис. 1.4). Встановлено, що за 3 год відлежування зразків з додаванням збагачувальних борошняних добавок, розпливання кульки тіста є на 11...23% меншим за контрольні зразки, і узгоджується зі зниження незворотної відносної деформації.

Експериментально доведено суттєве покращення реологічних характеристик безглютенового тіста на основі рисового або кукурудзяного борошна при внесенні борошна сорго, лляного, кіноа та соняшникового. Тому ці добавки можна вважати перспективними з точки зору структуроутворення в тісті для безглютенового хліба.

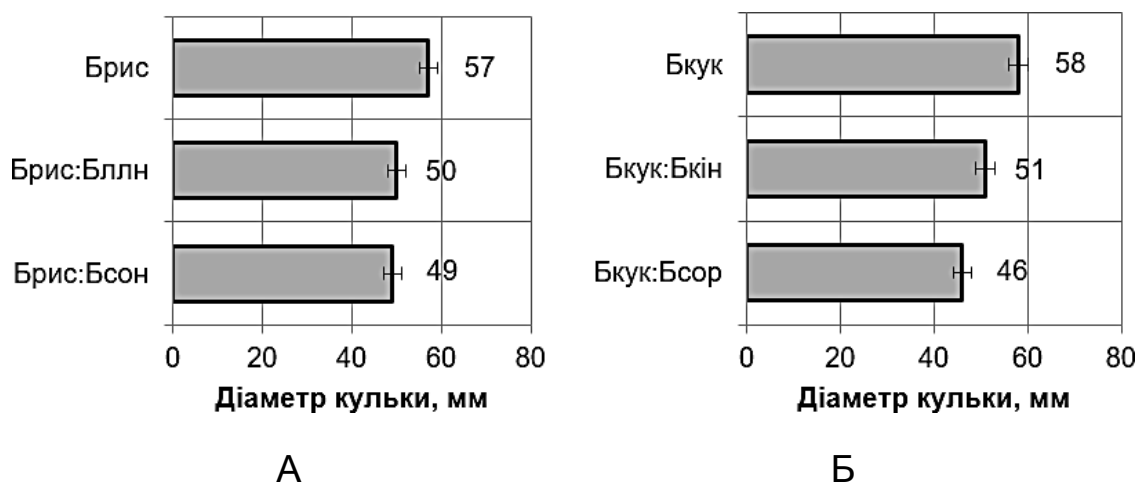


Рис. 1.4. Вплив борошняних добавок на розпливаємість кульки тіста (А - на основі рисового борошна, Б - на основі кукурудзяного борошна)

Як показують дослідження реологічних характеристик тіста, внесення збагачувальних борошняних добавок призводить до поліпшення пластичності та еластичності тіста, тому підвищення тривалості замісу, рекомендоване в традиційній технології парового хліба, не має підстав. Рекомендовано проводити заміс тіста протягом 5...10 хв.

1.4 Вивчення процесу бродіння безглютенового тіста

При бродінні тіста найважливішим показником ефективності процесу є газоутворююча здатність, оскільки даний показник прямим чином впливає на питомий об'єм і пористість кінцевого продукту. Зміна кислотності тіста також має велике практичне значення: при збільшенні кислотності тіста інтенсифікуються процеси набрякання та

пептизації білкових речовин, що супроводжується зміною їх реологічних властивостей [139,140]. Активна кислотність тіста обумовлює наявність кислого смаку в хлібобулочних виробках, а також інтенсивність протікання ферментативних процесів та впливає на активність життєдіяльності мікроорганізмів (зокрема, дріжджів).

Важливим чинником, що обумовлює хлібопекарські властивості борошняної сировини, є інтенсивність бродіння тіста. Внесення до рецептурного складу безглютенового тіста збагачувальної борошняної сировини з метою регулювання його технологічних властивостей суттєво впливає на інтенсивність бродіння та на активність амілолітичних ферментів борошна (рис. 1.5, 1.6). Слід зазначити, що бродіння безглютенового тіста відбувається значно інтенсивніше порівняно з пшеничним, тому дослідження проводили протягом 100 хв.

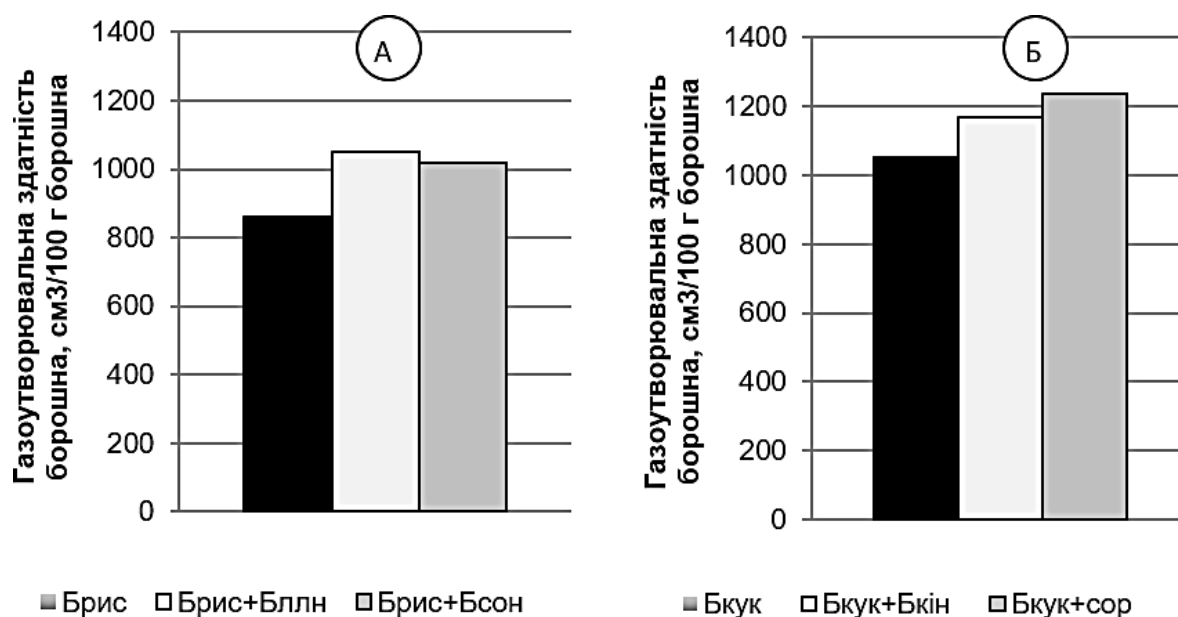


Рис. 1.5. Зміна газоутворювальної здатності безглютенового тіста на основі рисового борошна (А) та кукурудзяного борошна (Б)

Результати показують, що внесення збагачувальної борошняної сировини призводить до зростання кількості накопичення діоксиду вуглецю в безглютеновому тісті на 10...30%. Вважаємо що така

залежність обумовлена достатньою кількістю цукрів у збагачувальній борошняній сировині, особливо в лляному та сорговому [14], які здатні забезпечити під час технологічного процесу виробництво продуктів високої якості.

На підставі експериментальних даних про газоутворювальну здатність борошна розраховували швидкість газоутворення в тісті (рис.1.6).

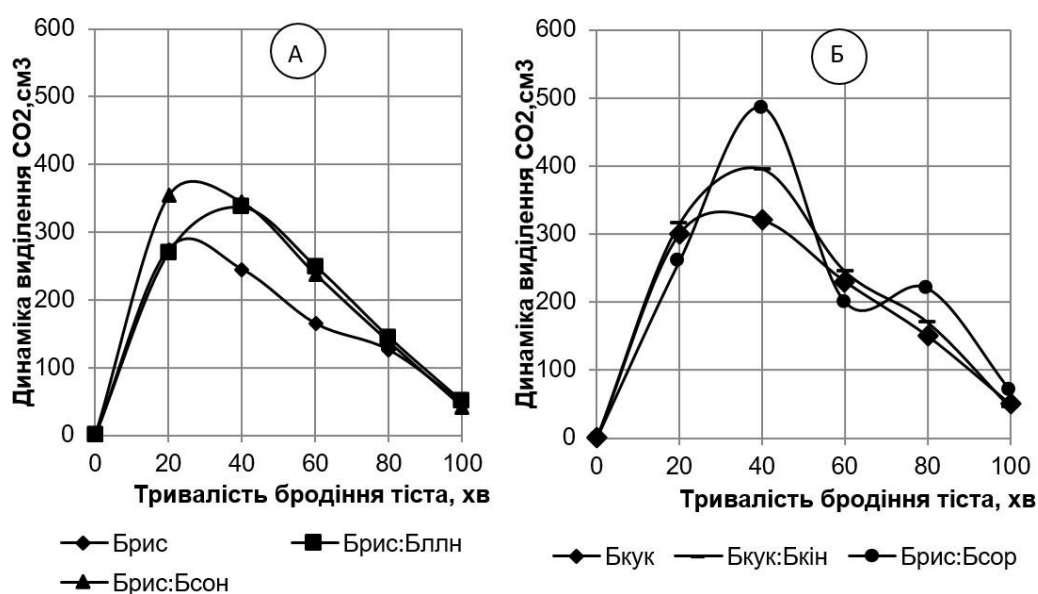


Рис. 1.6. Кінетика газоутворення безглютенового тіста на основі рисового борошна (А) та кукурудзяного борошна (Б)

Результати досліджень показують, що внесення збагачувальної борошняної сировини призводить до незначного сповільнення процесу бродіння тіста. В більшості випадків пік накопичення діоксиду вуглецю зміщується на 10 хв., а у випадку використання 10% борошна сорго в рецептурі безглютенового тіста на основі рисового з'являється другий пік активності бродіння. В усіх випадках внесення поліпшуючих добавок газоутримуюча здатність зростає, що корелює зі збільшенням питомого об'єму та пористості хліба.

З метою встановлення рекомендованих режимів бродіння тіста було проведено дослідження зміни об'єму тіста. Внесення добавок

дещо зміщують пік процесу бродіння (рис. 1.7). Рекомендована тривалість бродіння тіста з рисового борошна з додаванням лляного складає 35...40 хв, з додаванням соняшникового – 20...30 хв, тіста з кукурудзяного борошна з додаванням кіноа або сорго - 25...35 хв.

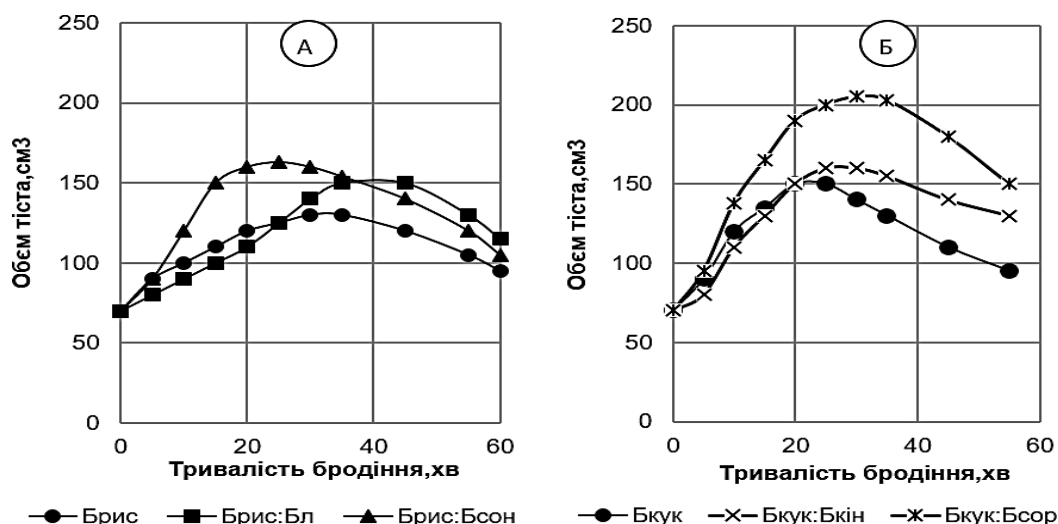


Рис. 1.7. Зміна об'єму тіста на основі рисового борошна (А) та кукурудзяного борошна (Б) під час бродіння

Інтенсивність кислотонакопичення у тісті оцінювали за зміною показників активної та титрованої кислотності під час бродіння (рис. 1.8, 1.9). Слід зазначити, що за використання збагачувальної борошняної сировини показники початкової та кінцевої кислотності тіста відрізняються, проте, інтенсивність процесу кислото накопичення має подібний характер.

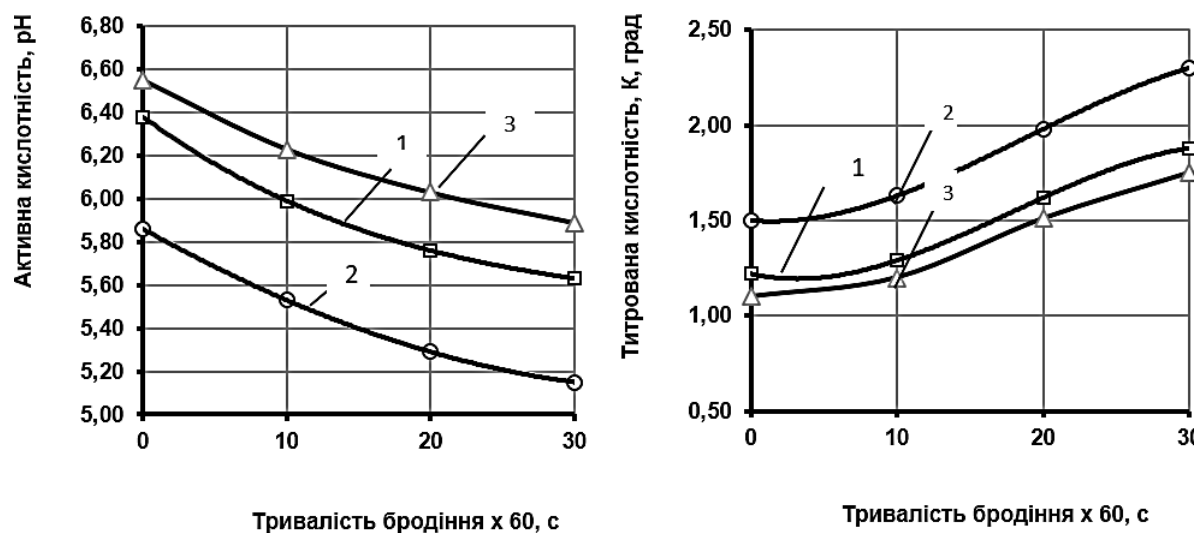


Рис. 1.8. Зміна активної та титрованої кислотності тіста під час бродіння тіста: 1 - Брис; 2 - Брис+Блн; 3 - Брис+Бсон

Помітно, що лляне борошно сприяє зниженню активної кислотності тіста, а борошно соняшникове навпаки підвищує цей показник.

Зміна активної кислотності в дослідних зразків тіста протягом бродіння також має ідентичний характер.

Зниження показника рН при внесенні лляного борошна та більш високі значення початкової кислотності зразка Брис+Блн пояснюється накопиченням продуктів окиснення жирів, що містяться у даній сировині.

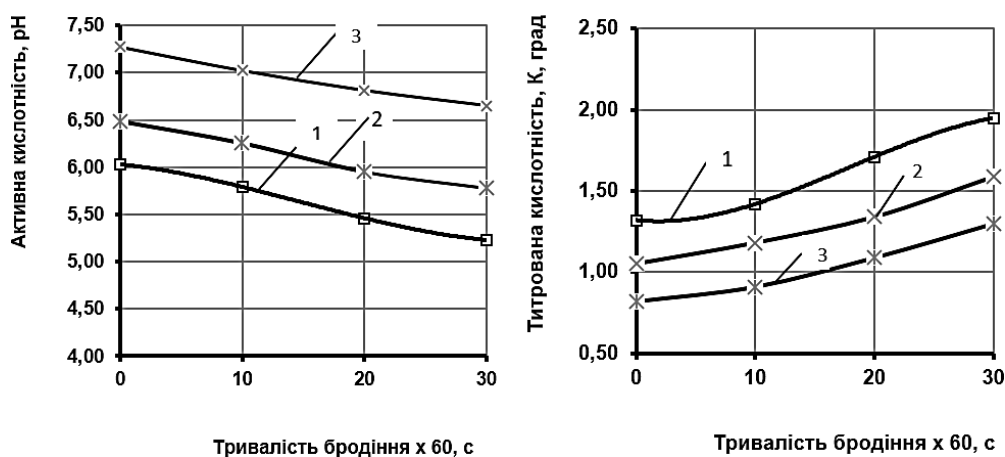


Рис. 1.9. Зміна активної та титрованої кислотності тіста під час бродіння тіста: 1 - Бкук; 2 - Бкук+Бсор; 3 - Бкук+Бкін

Таким чином, за комплексом досліджень можна зробити висновок, що тісто з додаванням збагачувальної борошняної сировини в процесі бродіння здатне забезпечити необхідний рівень перебігу мікробіологічних та ферментативних процесів для отримання хлібобулочних виробів високої якості.

Перелік посилань джерела до розд. 1.

1. Sidi Huang, Suk-Hun, Yun Ken, Quail Ray Moss Establishment of Flour Quality Guidelines for Northern Style Chinese Steamed Bread *Journal of Cereal Science* Volume 24, Issue 2, September 1996, Pages 179-185
2. Fan Zhu Influence of ingredients and chemical components on the quality of Chinese steamed bread *Food Chemistry*, Volume 163, 2014, pp. 154-162
3. Changhong Liu, Yanhua Chang, Zhijian Li, Hongmei Liu Effect of ratio of yeast to Jiaozi on quality of Chinese steamed bread *Procedia Environmental Sciences*, Volume 12, Part B, 2012, pp. 1203-1207
4. Sidi Huang, Diane Miskelly Introduction to Steamed Bread *Steamed Breads*, 2016, pp. 1-12
5. Jhong-Tai Fu, Yung-Ho Chang, Sy-Yu Shiau Rheological, antioxidative and sensory properties of dough and Mantou (steamed bread) enriched with lemon fiber *LWT - Food Science and Technology*, Volume 61, Issue 1, 2015, pp. 56-62
6. Addo, K., Y. Pomeranz, M.L. Huang, G.L. Rubenthaler & H.C. Jeffers, 1991. Steamed Bread. II. Role of protein content and strength. *Cereal Chem* 68: 39-42.
7. Huang, S., S.H. Yun, K. Quail & R. Moss, 1996. Establishment of flour quality guidelines for north style Chinese steamed bread. *J Cereal Sci* 24: 179-185
8. He, Z.H., 1999. Wheat production and quality requirements in China. In: P. Williamson, P. Banks, I. Haak, J. Thompson & A. Campbell (Eds.), *Proc. 9th Assembly, Wheat Breeding Society of Australia, Toowoomba*, pp. 23-28.
9. He, Z.H., Z.J. Lin, L.J., Wang, Z.M. Xiao, F.S. Wan & Q.S. Zhuang, 2002. Classification on Chinese wheat regions based on quality. *Scientia Agricultura Sinica* 35(4): 359-364.
10. Hou, L., R.S. Zemetra & D. Birzer, 1991. Wheat genotype and environment effects on Chinese steamed bread quality. *Crop Sci* 31: 1279-1282.
11. Kruger, J.E., B. Morgan, K.R. Preston & R.R. Matsuo, 1992. Evaluation of some characteristics of Chinese steamed buns prepared from Canadian wheat flours. *Can J Plant*
12. Lin, Z., D.M. Miskelly & H.J. Moss, 1990. Suitability of various Australia wheats for Chinese style steamed bread. *J Sci Food Agr* 53: 203-213.
13. Sen Ma, Xiao-xi Wang, Xue-ling Zheng, Shuang-qi Tian, Chong Liu, Li Li, Yan-fang Ding Improvement of the quality of steamed bread by supplementation of wheat germ from milling process *Journal of Cereal Science*, Volume 60, Issue 3, 2014, pp. 589-594

14. Meili Hao, *Trust Beta Development of Chinese steamed bread enriched in bioactive compounds from barley hull and flaxseed hull extracts Food Chemistry, Volume 133, Issue 4, 2012, pp. 1320-1325*
15. Zhu, J., S. Huang, L. O'Brien & D.J. Mares, 1997. *Effects of protein content and dough properties on Chinese steamed bread quality. In: Cereals 97, Proc 47th Cereal Chem Conf, pp. 272-275.*
16. Wang, r., s.b. Li, g.r. Wang & c.p. Zhao, 1995. *Association between wheat quality and quality of bread, noodle, and steamed bread. Agron abroad-wheat sci 3: 35-37*
17. Yu-ding Fan, Hai-yan Sun, Jing-lan Zhao, Yan-ming Ma, Rui-jun Li, Si-shen Li *QTL mapping for quality traits of northern-style hand-made Chinese steamed bread Journal of Cereal Science, Volume 49, Issue 2, 2009, pp. 225-229*
18. Zhijian Li, Cui Deng, Haifeng Li, Changhong Liu, Ke Bian *Characteristics of remixed fermentation dough and its influence on the quality of steamed bread*
19. Jhong-Tai Fu, Sy-Yu Shiau, Rei-Chu Chang, *Effect of Calamondin Fiber on Rheological, Antioxidative and Sensory Properties of Dough and Steamed Bread, Journal of Texture Studies, 2014, 45, 5, 367*
20. Fan Zhu, *Influence of ingredients and chemical components on the quality of Chinese steamed bread, Food Chemistry, 2014, 163, 154*
21. un-Ho Lee, *Influence of Buckwheat Flour on Physicochemical Properties and Consumer Acceptance of Steamed Bread, Preventive Nutrition and Food Science, 2010, 15, 4, 329*
22. Lien Te Yeh, Mei-Li Wu, Albert Linton Charles, Tzou-Chi Huang, *A novel steamed bread making process using salt-stressed baker's yeast, International Journal of Food Science & Technology, 2009, 44, 12, 2637*
23. Dongmin Su, Changhe Ding, Lite Li, Donghai Su, Xinyu Zheng, *Effect of endoxylanases on dough properties and making performance of Chinese steamed bread, European Food Research and Technology, 2005, 220, 5-6, 540*
24. Fengyun Ma, Byung-Kee Baik, *Quality Requirements of Soft Red Winter Wheat for Making Northern-Style Chinese Steamed Bread, Cereal Chemistry Journal, 2016, 93, 3, 314*
25. Ming-Yin Wu, Sy-Yu Shiau, *Effect of the Amount and Particle Size of Pineapple Peel Fiber on Dough Rheology and Steamed Bread Quality, Journal of Food Processing and Preservation, 2015, 39, 6, 549*

26. Jhong-Tai Fu, Sy-Yu Shiau, Rei-Chu Chang, *Effect of Calamondin Fiber on Rheological, Antioxidative and Sensory Properties of Dough and Steamed Bread*, *Journal of Texture Studies*, 2014, 45, 5, 367
27. Pingping Zhang, Tom O Jondiko, Michael Tilley, Joseph M Awika, *Effect of high molecular weight glutenin subunit composition in common wheat on dough properties and steamed bread quality*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94, 13, 2801
28. Fan Zhu, *Influence of ingredients and chemical components on the quality of Chinese steamed bread*, *Food Chemistry*, 2014, 163, 154
29. Jun-Ho Lee, *Influence of Buckwheat Flour on Physicochemical Properties and Consumer Acceptance of Steamed Bread*, *Preventive Nutrition and Food Science*, 2010, 15, 4, 329
30. Lien Te Yeh, Mei-Li Wu, Albert Linton Charles, Tzou-Chi Huang, *A novel steamed bread making process using salt-stressed baker's yeast*, *International Journal of Food Science & Technology*, 2009, 44, 12, 2637
31. Naphatrapi Luangsakul, Suwimon Keeratipibul, Sasitorn Jindamorakot, Somboon Tanasupawat, *Lactic acid bacteria and yeasts isolated from the starter doughs for Chinese steamed buns in Thailand*, *LWT - Food Science and Technology*, 2009, 42, 8, 1404
32. Dongmin Su, Changhe Ding, Lite Li, Donghai Su, Xinyu Zheng, *Effect of endoxylanases on dough properties and making performance of Chinese steamed bread*, *European Food Research and Technology*, 2005, 220, 5-6, 540
33. Huang, S., S.H. Yun, K. Quail & R. Moss, 1996. *Establishment of flour quality guidelines for north style Chinese steamed bread*. *J Cereal Sci* 24: 179-185.
34. Kruger, J.E., B. Morgan, K.R. Preston & R.R. Matsuo, 1992. *Evaluation of some characteristics of Chinese steamed buns prepared from Canadian wheat flours*. *Can J Plant Sci* 72: 369-375.
35. Kawamura-Konishi Y, Shoda K, Koga H, Honda Y (2013) *Improvement in gluten-free rice bread quality by protease treatment*. *J Cereal Sci* 58:45–50
36. Wen, J.P., Lin, J.T., Wang, X.X.: *Enzyme preparation for the rheological properties and surface food make quality influence* (4), 44–46 (2003)
37. Maltha, P.: *The Oxidation of Ascorbic Acid and its improver Effect, in Bread Doughs*. *Science of Food and Agriculture* 16, SS.474–SS.480 (1965)
38. Chen, Z.D., Gan, J.Q.: *The rheological properties research*. *Northwest Agricultural University Journal* (4), 364–366 (1997)

39. Ji Y, Zhu K, Qian H, Zhou H (2007) Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. *Food Chem* 104:53–58
40. Moayedallaie S, Mirzaei M, Paterson J (2010) Bread improvers: comparison of a range of lipases with a traditional emulsifier. *Food Chem* 122:495–499
41. G.G. Hou Effect of Water Migration between Arabinoxylans and Gluten on Baking Quality of Whole Wheat Bread *Jornal of Agricultural and Food Chemistry* 2012, 60 (26), pp 6507–6514
42. Sivaramakrishnan HP, Senge B, Chattopadhyay PK (2004) Rheological properties of rice dough for making rice bread. *J Food Eng* 62:37–45
43. Turabi E, Sumnu G, Sahin S (2008) Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocoll* 22:305–312
44. angsoo Kim, Weining Huang, Huiyan Zhu, Patricia Rayas-Duarte Spontaneous sourdough processing of Chinese Northern-style steamed breads and their volatile compounds *Food Chemistry, Volume 114, Issue 2, 2009*, pp. 685-692
45. Armero E, Collar C (1996) Antistaling additive effect on fresh wheat bread quality. *Food Sci Technol Int* 2:323–333
46. Bárcenas ME, Rosell CM (2007) Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: low temperatures and hydrocolloids addition. *Food Chem* 100:1594–1601
47. Hou GG, Popper L (2007) Chinese steamed bread. In: Popper L, Schäfer W, Freund W (eds) *Future of flour—A compendium of flour improvement*. Verlag Agrimedia GmbH, Clenze, pp 309–318
48. Huang SD (1999) Wheat products: 2. Breads, cakes, cookies, pastries, and dumplings. In: Anq CYW, Liu K, Huang Y-W (eds) *Asian foods science and technology*. Technomic Publishing, Lancaster, pp 71–109
49. Liiuan S, Guivina Z, Guoan Z, Zaiqui L (2007) Effects of different milling methods on flour quality and performance in steamed breadmaking. *J Cereal Sci* 45:18–23
50. Rai S, Kaur A, Singh B, Minhas KS (2011) Quality characteristics of bread produced from wheat, rice and maize flours. *J Food Sci Technol* 46(6):786–789
51. Rubenthaler GL, Huang ML, Pomeranz Y (1990) Steamed bread. I. Chinese steamed bread formulation and interactions. *Cereal Chem* 67:471–475
52. Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N, Biliaderis CG (2007) Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *J Food Eng* 79:1033–1047

53. Linlaud NE, Puppo MC, Ferrero C (2009) Effect of hydrocolloids on water absorption of wheat flour and Farinograph and textural characteristics of dough. *Cereal Chem* 86:376–382
54. Ribotta PD, Ausar SF, Beltramo DM, León AE (2005) Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins. *Food Hydrocoll* 19:93–99
55. Rosell CM, Rojas JA, Benedito de Barber C (2001) Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocoll* 15:75–81
56. Singh H, MacRitchie F (2001) Application of polymer science to properties of gluten. *J Cereal Sci* 33:231–243
57. Yadaz DN, Rajan A, Sharma GK, Bawa AS (2010) Effect of fiber incorporation on rheological and chapati making quality of wheat flour. *J Food Sci Technol* 47(2):166–173
58. Kotoki D, Deka SC (2010) Baking loss of bread with special emphasis on increasing water holding capacity. *J Food Sci Technol* 47:128–131
59. Bloksma AH (1971) Rheology and chemistry of dough. In: Pomeranz Y (ed) *Wheat: Chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists Inc, St. Paul, pp 523–584
60. Samantha Stoven, Joseph A. Murray, Eric Marietta *Celiac Disease: Advances in Treatment via Gluten Modification Clinical Gastroenterology and Hepatology Volume 10, Issue 8, August 2012, Pages 859-862*
61. Лобачева Н. Л. Технологічні аспекти формування структури виробів з без-глютенової борошняної сировини / Н. Л. Лобачева, О. М. Шаніна // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: матер. XIII Міжнародної науково-практичної конференції 7 листопада 2013р. – Харків, 2013. – С.71–79.
62. Перспективи розширення асортименту хлібобулочних виробів для хворих на целіакію / І. М. Медвідь, О. Б. Шидловська, В. Ф. Доценко, Ю. О. Федоренко // *Хранение и переработка зерна*. – 2017. – №3(211). – С. 43-48.
63. Пат. No 86050 Україна, МПК А21D 10/00 (2006.01). Спосіб виробництва без-глютенового хліба / Шаніна О. М., Лобачева Н. Л., Гавриш Т. В.; заявник та патентовласник Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка.— No u201307689; заявл.17.06.2013р. опубл. 10.12.2013 р., Бюл. No 23. – 4 с.

64. Лобачова, Н.Л. *Технологія безглютенових хлібобулочних виробів з використанням колагенвмісних білків та трансглютамінази: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів / Н.Л. Лобачова; Харківський держ. ун-т харч. та торгівлі. – Харків, 2015. – 22с.*
65. Yangsoo Kim, Weining Huang, Huiyan Zhu, Patricia Rayas-Duarte *Spontaneous sourdough processing of Chinese Northern-style steamed breads and their volatile compounds Food Chemistry, Volume 114, Issue 2, 2009, pp. 685-692*
66. Барсукова Н.В. *Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий / Н.В. Барсукова, Д.А. Решетников, В.Н. Красильников // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2011. – № 3. – С. 73-82.*
67. Дробот, В. И. *Исследование процесса брожения в безглютеновом тесте / В. И. Дробот, А. Н. Грищенко // Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты: Сб. мат. 10-й научно-практ. конф. с международным участием. – Москва: МГУПП, 2012. – С. 121-122.*
68. Захарова А.С. *Разработка рецептуры хлебобулочных изделий с использованием крупяных культур / А.С. Захарова, Л.А. Козубаева, Е.В. Логинова // Хранение и переработка сельхоз сырья. - 2007. - №3. - С. 68-69*
69. Kasarda D.D. *Grains in relation to celiac disease / D.D. Kasarda // Cereal Foods World. – 2001. – No 46. – P. 209-210. Kasarda, D.D. (2001), "Grains in relation to celiac disease", Cereal Foods World, no. 46, pp. 209-210.*
70. Шнейдер Д. *Безбелковые и безглютеновые смеси для выпечки / Д. Шнейдер, Н. Казеннова // Хлебопродукты. – 2009. – No 2. – С. 38-39.*
71. Дробот В.І. *Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба / В.І. Дробот, А.М. Грищенко // Обладнання та технології харчових технологій. - 2013. - Вип 126. - С. 52-58.*
72. *Новая технология производства хлебобулочных изделий, не содержащих глю- тен // Food Technologies&Equipment. – 2008. – No 7. – С. 9.*

73. Приходько, Ю. С. Перспективи використання сорго в технології хлібобулочних виробів / Ю. С. Приходько, В. І. Дробот // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 82 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 13–14 квітня 2016 р. — К.: НУХТ, 2016. — Ч. 1. — С. 137.
74. Карпутина, Д. Д. Новое направление в использовании сахарного сорго / Д. Д. Карпутина, М. В. Карпутина, Н. Е. Фролова // Пищевая наука, техника, технологии: материалы научной конференции с международным участием, 18-19 октября 2013 г., г. Пловдив. - 2013. — С. 464-468.
75. Приходько, Ю. С. Перспективи використання сорго в технології хлібобулочних виробів / Ю. С. Приходько, В. І. Дробот // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 82 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 13–14 квітня 2016 р. — К.: НУХТ, 2016. — Ч. 1. — С. 137.
76. Сафонова, О. М. Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням нетрадиційної борошняної сировини: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.18.01 / НУХТ. - К., 2007. - 39 с.
77. Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 22-23 березня 2017 р. — К.: НУХТ, 2017. — 183 с.
78. Зосим, А. Створення сумішей крупів та визначення показників їх якості / Аліна Зосим, Олег Шаповаленко // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014 р. — К.: НУХТ, 2014. — Ч. 1. — С. 277-278.
79. Дробот, В. І. Розробка нових видів безбілкових хлібобулочних виробів / В. І. Дробот, А. М. Грищенко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. — 2010. — Т. 1, Вип. № 38. — С. 164–167.
80. Дробот, В. І. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба / В. І. Дробот, А. М. Грищенко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. / Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. — 2013. — Вип. 30. — С. 52-58.
81. Semenova, A. Gluten-free bakery products / A. Semenova, Ju. Prikhodko, V. Drobot // 8th Central European Congress on Food 2016 — Food Science for Well-being (CEFood 2016), 23-26 May 2016 p.: Book of Abstracts. — Kyiv: NUFT, 2016. — P. 146.

82. Грищенко, А. Н. Исследование потребительских свойств безглютенового хлеба / А. Н. Грищенко, В. И. Дробот // Техника и технология пищевых производств: VIII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 27-28 апр. 2011 г.: тезисы докл. – М., 2011. – С. 150
83. Пасічник, О. В. Сировина для виробництва безглютенового пива / О. В. Пасічник, Т. В. Іванов // Нові ідеї в харчовій науці - нові продукти харчовій промисловості: міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій, 13-17 жовтня 2014 р. – К: НУХТ, 2014. – С. 635.
84. Миколів, Т. І. Продукти на зерновій основі, збагачені мінеральними речовинами, для профілактики мікроелементозів / Т. І. Миколів, Г. О. Сімахіна // Здобутки, проблеми та перспективи розвитку готельно-ресторанного та туристичного бізнесу: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 29-30 жовтня 2012 р. – К.: НУХТ, 2012. – С. 278-280.
85. Перспективи розширення асортименту хлібобулочних виробів для хворих на целіакію / І. М. Медвідь, О. Б. Шидловська, В. Ф. Доценко, Ю. О. Федоренко // Хранение и переработка зерна. – 2017. – №3(211). - С. 43-48.
86. Сюткіна, О. В. Нові види вівсяного печива підвищеної харчової та біологічної цінності / О. В. Сюткіна, Н. П. Бондар, І. Л. Корецька // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2013. – № 7 (104-105). – С. 9-12
87. Грищенко, А. Н. Исследование степени усвоения белков безглютенового хлеба с мукой крупяных культур/ А. Н. Грищенко, В. И. Дробот // Техника и технология пищевых производств: VIII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 27-28 апр. 2011 г. : тезисы докл. – М., 2012. – С. 136
88. Дорохович, А. М. Створення харчових продуктів спеціального призначення – актуальна проблема сучасності, вклад кондитерів НУХТ в її рішення / А. М. Дорохович // «Технологічні аспекти підвищення конкурентоспроможності хліба і хлібобулочних виробів» та «Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі»: Матеріали міжнародних науково-практичних конференцій. – К.: НУХТ, 2016. – С. 56-60.
89. Мукоїд, Р. М. Солод у виробництві безглютенових продуктів / Р.М. Мукоїд, О. В. Чумакова. Н. О. Ємельянова // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів, 25 квітня. – Харків. : ХДУХТ, 2012. – Ч. 1 – С. 50.
90. Грищенко, А. М. Харчова цінність безглютенового хліба / А. М. Грищенко, В. І. Дробот // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2014. – № 7-8. – С. 3-5.

91. Дробот, В. И. Технологические аспекты производства безглютенового хлеба / В. И. Дробот, А. Н. Грищенко // *Инновационные технологии производства продуктов питания функционального назначения : материалы Международной научно-практической конференции, 17 апреля 2015 г.* – К. : Издательство государственного университета Акакия Церителли, 2015 г. – С. 46–49.
92. Безглютенові борошняні кондитерські вироби для дітей хворих на целіакію / А. М. Дорохович, В. В. Дорохович, Н. П. Лазоренко, І. В. Тарасенко // *Дитяче харчування: перспективи розвитку та інноваційні технології: Перша міжнародна конференція спеціалізованих наук, 19 березня 2013р.* - К., 2013. - С. 71-73.
93. Перспективи розширення асортименту хлібобулочних виробів для хворих на целіакію / І. М. Медвідь, О. Б. Шидловська, В. Ф. Доценко, Ю. О. Федоренко // *Хранение и переработка зерна.* – 2017. – №3(211). - С. 43-48.
94. Барсукова Н.В. Разработка технологии пряничных изделий на основе безглютенового пищевого сырья: автореф. дис... к-та техн. наук: 05.18.15 / НУХТ. - К., 2007. - 27 с.
95. Удворгелі, Л. І. Дослідження впливу борошна круп'яних культур на кислотонакопичення в безглютеновому тісті / Л. І. Удворгелі, А. М. Грищенко // *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 78-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 2-3 квітня 2012 р.:* матеріали конф. – К.: СПТЭИ, 2005. – С. 72-73.
96. Грищенко А. Н. Использование гречневой муки в производстве безглютенового хлеба / А. Н. Грищенко, Л. А. Михоник, В. И. Дробот // *Хранение и переработка зерна.* - 2011. - № 4. – С. 61-62.
97. Шаповаленко, О. І. Вплив борошна з амаранту на якість хліба / О. І. Шаповаленко, Т. В. Корж, І. П. Бондар, Т. І. Янюк, Н. В. Грюнвальд, О. Назар // *Хранение и переработка зерна.* - 2007. - № 5(95). – С. 34-36.
98. Сімахіна, Г. О. Подрібнення та механоактивування сублимованих рослинних матеріалів / І Г. О. Сімахіна, О. М. Корихалова, І. О. Соколовська, А. О. Островська // *Харчова промисловість.* — 2011. — № 10. — С. 89-93.
99. Розширення асортименту аглютенових хлібобулочних виробів в дієтотерапії / І. М. Медвідь, Ю. О. Федоренко, О. Б. Шидловська, В. Ф. Доценко // *Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 22-23 березня 2017 р.* – К.: НУХТ, 2017. – С. 67-69.
100. Пасичный, В. Н. Пищевые добавки для усиления и стабилизации цвета в производстве продуктов питания / В. Н. Пасичный, И. В. Кремешная, П. М. Сабадаш // *Продукты & ингредиенты.* – 2007. - № 7 (38). - С. 26-28.

101. Шляхи зменшення втрат сільськогосподарської продукції / І.М. Єрмоленко, С.В. Іванов, В.С. Кравець, Л.О. Василькова / Вісник АН УРСР. - 1989. - № 6. - С. 35-40.
102. Антоненко, І.Я. Продуктова політика туристичного підприємства / І. Я. Антоненко // Туристичний, готельний і ресторанний бізнес: інновації та тренди [Електронне видання]: тези доповідей Міжнар. наук.-практ. конф., 7 квітня 2016 р., м. Київ. – Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2016. – С. 14-16.
103. Абдуллаева М.С. Оценка пищевой ценности культуры киноа / М.С. Абулаева, Л.А. Надточий // Международный научный журнал «Символ науки». - 2016. - №1. - С. 9-10
104. Доценко, В. Ф. Збагачення хліба альбуміном / В. Ф. Доценко, Т. І. Іщенко, О. Б. Шидловська, Ю. М. Ткачук // Наукові праці Одеської національної академії. - 2009. - Вип.36, т. 1.
105. Carmen ML (1984) Acclimatization of quinoa (*Chenopodium Quinoa*, Wild.) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule*, Aellen) to Finland. *Annales Agric. Fenn* 23: 135–144
106. DeBruin A (1964) Investigation of the food value of quinoa and cañihua seed. *J Food Sci* 29: 872–876
107. Lamenca MB (1979) Composicion de la quinoa cultivada en el altiplano de Puno, Peru. *Turrialba* 29: 219–221
108. Lorenz K, Nyanzi F (1989) Enzyme activities in quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Int J Food Sci Technol* 24: 543–551
109. Mahoney AW, Lopez JG, Hendricks DG (1975) An evaluation of the protein quality of quinoa. *J Agric Food Chem* 23: 190–193
110. Quiros-Perez F, Elvehjem CA (1957) Nutritive value of quinoa proteins. *J Agric Food Chem* 5: 538–541
111. White PL, Alvistur E, Dias C, Vinas E, White HS, Collazos C (1955) Nutrient content and protein quality of quinoa and cañihua, edible seed products of the Andes mountains. *J Agric Food Chem* 3: 531–534
112. Maninder Kaur, Varinder Singh, Rajwinder Kaur, Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 2017, 9, 14

113. Shashank Gaur, Elizabeth M. Sloffer, Ankur Ojha, Falguni Patra, Dharmendra Shukla, Nicki J. Engeseth, Pramthesh R. Patel, Juan E. Andrade, Omega-3-Fortified Lipid-Based Nutrient Supplement: Development, Characterization, and Consumer Acceptability, *Food and Nutrition Bulletin*, 2017, 38, 2, 158
114. M. H. Roozegar, M. Shahedi, J. Keramet, N. Hamdami, S. Roshanak, Effect of coated and uncoated ground flaxseed addition on rheological, physical and sensory properties of Taftoon bread, *Journal of Food Science and Technology*, 2015, 52, 8, 5102
115. Дробот, В. І. Сучасний стан і перспективи використання продуктів переробки сої у хлібопекарській, макаронній, кондитерській та харчоконцентратній промисловості / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньєва, Н. П. Яценко, В. Г. Юрчак, В. М. Махинько // Наукові праці ОДАХТ. – Випуск 21. – Одеса, 2001. – С. 295-298.
116. Михонік, Л. А. Вплив ферментативно-активного соєвого борошна на технологічний процес і якість хліба з борошна "здоров'я" / Л. А. Михонік, В. І. Дробот, А. М. Грищенко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. - 2007. - № 12 (37). – С. 22-23.
117. Шаповаленко, О.І. Високопоживна соя. Допоки їй бути попелюшкою? / О.І. Шаповаленко, В.В. Шерстобітов, Л. Капрельянц, М. Друга // Зерно і хліб. - 2001. - № 3.
118. Христенко, О.В. З турботою про хворих на цукровий діабет / О.В. Христенко, О.А. Білик, В.І. Дробот // Наукові праці НУХТ. - 2008. - № 25. - С. 63 - 64.
119. Дробот, В.І. Удосконалення технології виробництва хлібобулочних виробів з соєвими продуктами / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньєва, В. М. Махинько // Зернові продукти і комбікорми. – 2001. – № 3. - С. 29-33.
120. Новий поліпшувач для хлібобулочних виробів з соєвими продуктами / Л.Ю Арсеньєва, В.М. Махинько, Н.І. Савчук, В.І. Дробот // Проблема харчування населення України : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. - Полтава : Полтав. ун-т споживчої кооперації України, 2003. – С. 37-41.
121. Бейко, Л. А. Соя і соєві продукти - незамінні компоненти в харчуванні людей / Л. А. Бейко, О. Є. Мельнічук, О. І. Гащук, Н. В. Хоренжий // Харчова наука і технологія. - 2009. – № 1(6). – С. 18-21.
122. Козубаєва Л.А. Печенье для безглютенового питания / Л.А. Козубаєва, С.С. Кузьмина, М.Н. Вишняк // Пищевая промышленность. - 2010. - №8. - С.33-37

123. Мельник, О.П. Гідроколоїди: функціональні властивості і шляхи застосування / О. П. Мельник, О. В. Точкова, В. В. Манк // Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку: матер. III міжвуз.наук.-практ. конф., 18 квітня 2008 р. м. Ірпінь - Ірпінь : 2008. - С. 154-156.
124. Гавва, О.О. Дослідження основних технологічних властивостей гідро колоїдів різного походження та їх синергічних пар / О. О. Гавва, А. М. Дорохович // Розроблення, дослідження і створення продуктів функціонального харчування, обладнання та нових технологій для харчової та переробної промисловості: 70-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів.— К. : НУХТ, 2004. — С. 59.
125. Краснова, М.В. Гідроколоїди як натуральні загущувачі в харчових системах / М. В. Краснова, О. В. Точкова, О. С. Бессараб, В. В. Манк // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 79 міжнар. наук. конф. мол. вчен., асп. і студ., 15 - 16 квітня 2013 р.— К.: НУХТ. - С. 226 - 227.
126. Мельник, О. П. Дослідження різних форм води в харчових капілярно-пористих системах / О. П. Мельник, В. В. Манк, Є. І. Ковалевська // Сучасні проблеми хімії: X Всеукр. конф. студентів та аспірантів. —Київ, 2009. — С. 122.
127. Оболкіна, В. І. Свіжий підхід до створення нових технологій одержання комбінованих кондитерських виробів / В. І. Оболкіна // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України – 2009. – № 5 (54). – С. 36–37.
128. Синергізм гідроколоїдів та можливості використання різних синергетичних пар при виробництві кондитерських виробів / А. М. Дорохович, В. І. Оболкіна, О. О. Гавва, С. Г. Кияниця // Проблеми техніки і технології харчових виробництв: Міжвузівська науково-практична конференція.— П. : ПУСКУ, 2004. — С. 307-310.
129. Нові види гідроколоїдів і можливість їх використання при виробництві кондитерської продукції / А. М. Дорохович, В. І. Оболкіна, О. О. Гавва, С. Г. Кияниця // Вісник Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Дон.: ДонДУЕТ, 2004. — № 1. — С. 36-46.
130. Особливості дитячого харчування в контексті сьогодення / І. О. Гаган, О. В. Точкова, О. С. Бессараб, В. В. Манк // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 79 міжнар. наук. конф. мол. вчен., асп. і студ., 15 - 16 квітня 2013 р. – К. : НУХТ. - С. 245-246.

131. *Characterization and properties of hydrocolloids / V. Pasichniy, I. Strashynskiy, O. Fursik and other // Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції: програма та матеріали четвертої міжнародної науково-технічної конференції, 24 — 25 березня 2015 р. — К.: НУХТ, 2015. — С. 40-42.*
132. *Галактоманани в харчових технологіях / М. О. Полумбрик, В. С. Костюк, М. С. Совко та ін. // Харчова промисловість: науковий журнал. - К.: НУХТ, 2015. - № 18. - С. 43-48.*
133. *Лисейко, К. В. Дослідження залежності структурно-механічних властивостей безглютенового тіста від масової частки вологи / К.В. Лисейко, А.М. Грищенко, В.І. Дробот // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., 14-16 листопада 2012 р. — Х. : ХДУХТ, 2012.— С. 47– 48.*
134. *Кір'янова, Г. А. Використання гідроколоїдів у харчовому виробництві / Г. А. Кір'янова, І. Л. Корецька, В. В. Манк, В. О. Бахмач // Вісник НТУ ХПІ. — 2003. — Вип. 16. — С. 235-239.*
135. *Інтенсифікація технологічних процесів виробництва хлібобулочних виробів / Т. А. Сильчук, В. М. Сидор, В. І. Зуйко, Г. І. Майорова, К. О. Дух // Научные труды SWorld. — Иваново: Научный мир, 2017. - Том 2, Выпуск 46. — С. 12-15.*
136. *Грищенко, А. М. Дослідження структурно-механічних властивостей безбілкового тіста з камедями гуару і ксантану / А. М. Грищенко, Л. І. Удворгелі, Л. А. Михонік, Є. І. Ковалевська // Харчова наука і технологія. — 2010. — № 1 (10). — С. 63–65.*
137. *Исследование реологических свойств гидроколлоидов / Е. В. Запотоцкая, В. Я. Пичкур, А. В. Лысый и др. // Science and education a new dimension. — 2013. — Vol. 2. — С. 207-210*
138. *Дослідження реологічних властивостей різних видів модифікованого крохмалю / В. Я. Пичкур, О. В. Запотоцька, О. В. Грабовська, В. М. Ковбаса // Ukrainian food journal. — 2012. - № 3. — С. 35-38.*
139. *Дробот В.И. Использование гречневой муки в производстве безглютенового хлеба / В.И. Дробот, А.М. Грищенко, Л.А. Михоник // Хранение и переработка зерна. — 2011. — № 4 (142). — С. 61-62.*
140. *Кузнецова Л.И. Научные основы технологии хлеба с использованием ржаной муки на заквасках с улучшенными биотехнологическими свойствами: авто- реф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Л.И. Кузнецова. — М., 2010. — 50 с*



РОЗДІЛ 2

Обробка парою як різновид термообробки хліба

2.1. Аналіз особливостей парової обробки тістових заготівель

Термічна обробка борошняних продуктів - це складний процес, що включає фізичні, хімічні та біохімічні зміни структури та харчової цінності борошняних продуктів, насамперед, збільшення об'єму виробів, випаровування вологи, формування пористої структури, денатурацію білків, желатинізацію крохмалю тощо. Коричневий колір скоринки хліба, випеченого у традиційний спосіб, асоціюється з його ароматом, текстурою та органолептичними характеристиками в цілому, які відіграють важливу роль у відношенні споживачів до продукта [1-3].

Формування кольору та аромату скоринки в усіх борошняних виробах, отриманих шляхом випікання, є результатом реакцій меланоїдиноутворення та карамелізації. Одним з найважливіших наслідків реакції меланоїдиноутворення є формування акриламідів - нейротоксичних речовин, класифікованих як канцерогени Міжнародним центром онкологічних досліджень (IARC). Процес утворення акриламідів та їх накопичення в продуктах харчування є чутливим до умов термічної обробки (температури та тривалості), вологості, рН та умов зберігання [4].

Кінетика утворення акриламідів залежно від тривалості термічної обробки досліджено вченими Ізмірського університету [5]. Доведено кореляцію між інтенсивністю коричневого пігменту скоринки

хліба та вмістом акриламідів у продукті в результаті реакції меланоїдиноутворення [6]. Бройярт та ін. [7] розробили кінетичну модель накопичення акриламідів за допомогою висвітлення кольору скоринки хліба, використовуючи регулювання температурного режиму випікання та вологості повітря у камері протягом термічної обробки.

Підвищення стандартів суспільства до продуктів харчування стало результатом розповсюдження термічної обробки паром при приготуванні різних продуктів харчування. Це темічна обробка, що забезпечує скорочення часу процесу з одночасним усуненням шкідливих хімічних з'єднань, які утворюються внаслідок випікання. При цьому суттєвого погіршення не зазнають органолептичні та структурні властивості якості продуктів, виготовлених з обробкою паром.

Вченими Швейцарського університету харчових технологій [8] встановлено, що температура поверхні та вологість скоринки хліба є найважливішими факторами утворення акриламідів. Під час обробки паром температура поверхні скоринки хліба значно менша, ніж у хліба, приготованого традиційним випіканням, навіть за однакових температур термічної обробки. Крім того, вологість у камері при випіканні та обробці паром також суттєво відрізняються. Сукупність перелічених факторів блокує протікання реакції меланоїдиноутворення, і, як наслідок, утворення акриламідів у паровому хлібі [8].

Відсутність шкідливих речовин у паровому хлібі не є єдиною перевагою використання обробки паром. Як відомо, у борошні всіх зернових культур лімітуючими амінокислотами є лізин та метіонін, а процес випікання посилює нестачу цих амінокислот у хлібі. Існує декілька способів, що дозволяють підвищити масову частку метіоніну та лізину в борошняних продуктах.

По-перше – це збагачення хліба синтетичними лізином та метіоніном або внесення високобілкового борошна бобових культур, як показано багатьма дослідженнями.

По-друге, модифікація процесу виробництва хліба з метою збереження максимальної кількості лізину та метіоніну у доступній для організму людини формі. Лише невелика кількість зарубіжних наукових праць присвячена вивченню дії різних видів термічної обробки на харчову та біологічну цінність, структурно-механічні властивості та якість хліба в цілому [9].

Відомо, що харчова цінність борошняних виробів значною мірою залежить від методу термічної обробки [10].

Вченими Канзаського університету [11] встановлено, що індекс якості білка зразків хліба, оброблених паром, значно перевищує даний показник зразків, приготованих традиційним шляхом. Такі результати обумовлені втратою значної частки лізину при випіканні хліба, що пояснюється підвищеною температурою обробки. Крім того, лізин, що залишається у готовому продукті, втрачає свою легкозасвоюваність організмом людини та не є доступним для протеолітичних ферментів кишківника [12].

Як відомо, високі температури негативно впливають на вміст вітамінів продуктів харчування. Рекомендації щодо температурного режиму теплової обробки вказують, що оптимальними умовами для збереження вітамінів є температура, що не перевищує 100°C. Оскільки обробка паром за атмосферного тиску проходить за температури 95...98°C, вірогідність збереження вітамінів у хлібі досить висока. Крім того, така температура є достатньою для знищення патогенних мікроорганізмів та збереження біологічних властивостей продукту [13].

Також обробка паром певним чином змінює технологічні властивості хліба, насамперед питомий об'єм та пористість.

Вченими Болонського університету встановлено залежність вказаних показників від температури водяної пари. При зниженій температурі парової обробки (60...70⁰С) спостерігається недостатнє розвинення пористої структури м'якушки, утворення впадин на поверхні хлібців та низький питомий об'єм хліба. Підвищення температури до 95⁰С і вище сприяє розвиненню доброї пористої структури та збільшенню питомого об'єму.

Оптимальне співвідношення якості м'якушки та скоринки хліба спостерігається при низьких температурах водяної пари. Проте, максимальну кількість виділеного СО₂ у процесі теплової обробки зафіксовано за найвищої температури водяної пари.

Таким чином, аналіз літературних джерел вказує на те, що обробка паром є більш перспективною порівняно з традиційним випіканням з точки зору збереження корисних речовин у хлібі та попередження утворення шкідливих акриламідів. В умовах захворювання на целіакію фактори підвищеної харчової та біологічної цінності, наявності хрчових волокон та відсутності канцерогенів є обумовлюючими.

2.2. Обґрунтування режимів теплової обробки безглютенового тіста

У виробництві безглютенового парового хліба процес випікання замінено на парову обробку з метою збереження харчової та біологічної цінності кінцевого продукту та запобігання утворення акриламідів та інших канцерогенів.

Парова обробка – більш щадний режим, що суттєво відрізняється від традиційного випікання. При перевитримуванні тістових заготівель в паровій камері, якість їх практично не відрізняється, а негативним наслідком є лише економічний аспект. Тому для оцінки якості парового хліба важливим є пошук значення

тривалості термічної обробки, при якому формується плівкоподібна скоринка на поверхні виробів, відбувається клейстеризація крохмалю, денатурація білків, м'якушка втрачає надмірну липкість, а вироби набувають добрих споживчих властивостей.

Важливим критерієм оцінки поведінки тіста під час термічної обробки є водоутримуюча здатність тіста, яка визначає вихід продукту та його подальшу збережність. Для визначення тривалості теплової обробки парю визначали липкість поверхні і м'якушки безглютенового парового хліба, запах, смак та вихід готових виробів за додавання збагачувальної борошняної сировини (табл. 2.1-2.2).

Таблиця 2.1

Залежність якості безглютенового парового хліба на основі суміші борошна рисового та лляного у співвідношенні 95:5 від тривалості теплової обробки

Тривалість обробки парю, хв	Характеристика якісних показників виробу				Вихід, %
	Стан поверхні	Стан м'якушки	Запах	Смак	
20	липка, частково відокремлюється від форми	липка, не пропечена	присутній дріжджовий запах непропеченого тіста	смак сирого тіста	199,3
25	повністю відокремлюється від форми, однак присутня надмірна липкість	липка в середині, пропечена з країв		смак непропеченого тіста	202,9
30	надмірна липкість відсутня	пропечена по всьому об'єму, надмірна липкість відсутня	запах властивий рисовому хлібу	смак властивий рисовому хлібу	204,2
35					205,6
40					207,3

Обробка парю безглютенового парового хліба на основі суміші рисового та лляного борошна протягом 20 хв. призводить до отримання липкої консистенції м'якушки та поверхні. Вироби неможливо повністю відокремити від форми. Через 25 хв. після початку теплової обробки хліб добре відокремлюється від форми, але присутня підвищена липкість в середині м'якушки.

Таблиця 2.2

Залежність якості безглютенового парового хліба на основі суміші борошна рисового та соняшникового у співвідношенні 95:5 від тривалості теплової обробки

Тривалість обробки парю, хв	Характеристика якісних показників виробу				Вихід, %
	Стан поверхні	Стан м'якушки	Запах	Смак	
20	липка, частково відокремлюється від форми	липка, в'язка, не пропечена	присутній дріжджовий запах непропеченого тіста	смак сирого тіста	195,4
25	присутня незначна липкість	липка, не пропечена по всьому		смак непропеченого тіста	198,8
30			смак непропеченого тіста	200,5	
35	липкість відсутня	пропечена по всьому об'єму, надмірна липкість відсутня	запах властивий рисовому хлібу	смак властивий рисовому хлібу	201,2
40				смак властивий рисовому хлібу	201,8

Через 30 хв. хліб добре пропечений по всьому об'єму, але досі присутній дріжджовий запах та смак непропеченого тіста.

Визначено рекомендовану тривалість теплової обробки парю хліба на основі борошна рисового та лляного у співвідношенні 95:5, що складає 35 хв. Крім того, при підвищенні тривалості теплової обробки парю дещо збільшується вихід готових виробів, що пояснюється зв'язування вологи біополімерами борошняної

сировини. Подібна тенденція простежується у зразка на основі рисового та соняшникового борошна у співвідношенні 95:5.

Дослідження безглютенового парового хліба на основі кукурудзяного та соргового борошна у співвідношенні 90:10 (табл.2.3) і кукурудзяного та борошна кіноа у співвідношенні 85:15(табл.2.4) показують, що досягти доброї консистенції м'якушки та поверхні можна досягти при тривалості обробки паром протягом 30 хв. Також, в таких умовах запах та смак хліба відповідає готовим виробам.

Таблиця 2.3

Залежність якості безглютенового парового хліба на основі суміші борошна кукурудзяного та соргового у співвідношенні 90:10 від тривалості теплової обробки

Тривалість обробки паром, хв	Характеристика якісних показників виробу				Вихід, %
	Стан поверхні	Стан м'якушки	Запах	Смак	
20	повністю відокремлюється від форми, однак присутня надмірна липкість	липка, в'язка, не пропечена	присутній дріжджовий запах непропеченого тіста	смак непропеченого тіста	203,7
25	присутня незначна липкість	липка, не пропечена			204,0
30	надмірна липкість відсутня	пропечена по всьому об'єму, надмірна липкість відсутня	запах властивий кукурудзяному хлібу	смак властивий кукурудзяному хлібу	205,8
35					206,2
40					206,9

На наступному етапі дослідження важливо було провести оцінку якості хліба в залежності від тривалості температурної обробки паром. На основі результатів експериментальних досліджень побудовано зірки якості та визначено раціональну тривалість температурної обробки (рис. 2.1).

Таблиця 2.4

Залежність якості безглютенового парового хліба на основі суміші борошна кукурудзяного та соргового у співвідношенні 90:10 від тривалості теплової обробки

Тривалість обробки парю, хв	Характеристика якісних показників виробу				Вихід, %
	Стан поверхні	Стан м'якушки	Запах	Смак	
20	повністю відокремлюється від форми, однак присутня надмірна липкість	липка, в'язка, не пропечена	присутній дріжджовий запах непропеченого тіста	смак непропеченого тіста	203,5
25	присутня незначна липкість	липка, не пропечена			204,4
30	надмірна липкість відсутня	пропечена по всьому об'єму, присутня незначна липкість	запах властивий кукурудзяному хлібу	смак властивий кукурудзяному хлібу	205,2
35		пропечена по всьому об'єму, надмірна липкість відсутня			205,9
40		пропечена по всьому об'єму, надмірна липкість відсутня			206,0

Хліб виробляли на основі суміші рисового борошна з лляним у співвідношенні 95:5 (А), суміші рисового борошна з соняшниковим у співвідношенні 95:5 (Б), суміші кукурудзяного борошна з сорговим у співвідношенні 90:10 (В), суміші кукурудзяного борошна з кіноа у співвідношенні 85:15 (Г), в залежності від тривалості температурної обробки (1 - липкість м'якушки, 2 - липкість поверхні, 3 - пористість, 4 - наявність плівко подібної скоринки, 5 - наявність не пропечених ділянок, 6 - неоднорідність поверхні)

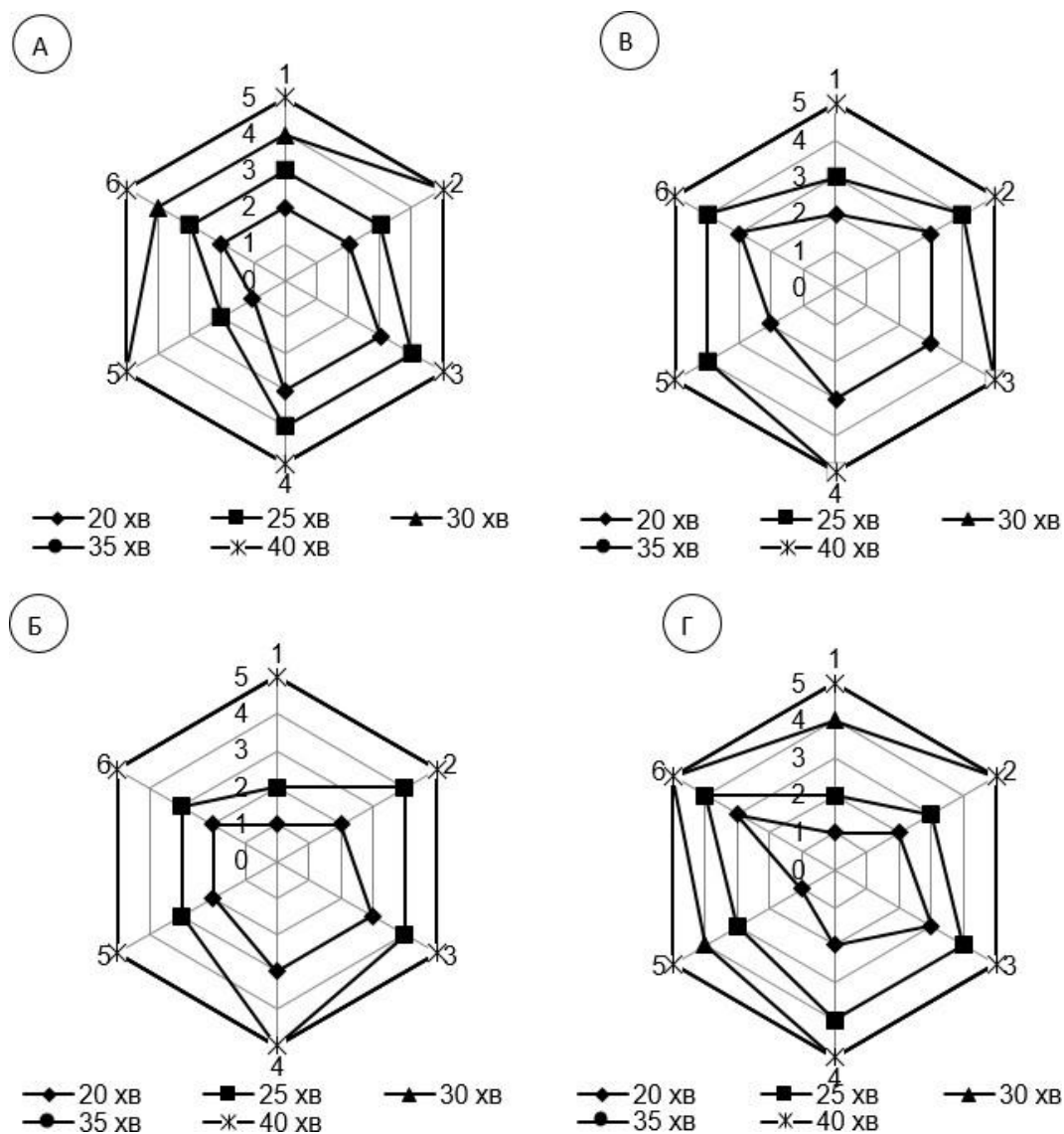


Рис.2.1. Зірки якості безглютенового парового хліба

Оцінку проводили за 5-тибільною шкалою:

- липкість м'якушки: 1 - липка, в'язка, не пропечена, 2 - липка, не пропечена, 3 - липка в середині, пропечена з країв, 4 - пропечена по всьому об'єму, присутня незначна липкість, 5 - пропечена по всьому об'єму, надмірна липкість відсутня;
- липкість скоринки: 1 - липка, не відокремлюється від форми, 2 - липка, частково відокремлюється від форми, 3 - повністю

відокремлюється від форми, однак присутня надмірна липкість, 4 - присутня незначна липкість, 5 - надмірна липкість відсутня;

- пористість: 1 – відсутня, 2 – незначно розвинена, 3 – розвинена з країв м'якушки, в середині відсутня, 4 - нерівномірно розвинена по всьому об'єму м'якушки, 5 - добре та рівномірно розвинена;

- наявність плівкоподібної скоринки: 1 - відсутня повністю, 2 – незначно розвинена у верхній частині хліба, 3 - розвинена у верхній частині хліба та відсутня на бокових частинах, 4 – нерівномірно розвинена по всій поверхні хліба, 5 – рівномірно розвинена по всій поверхні хліба.

- наявність не пропечених ділянок: 1 - практично вся поверхня зрізу не пропечена, 2 - не пропечені ділянки присутні з усіх частинах зрізу хліба, 3 - не пропечені ділянки присутні лише у центральній частині хліба, 4 - незначна кількість не пропечених ділянок, 5 - відсутність не пропечених ділянок;

- неоднорідність поверхні: 1 - практично вся поверхня хліба не однорідна, 2 - неоднорідні ділянки присутні з усіх сторін хліба, 3 - неоднорідні ділянки присутні лише у верхній частині хліба, 4 - незначна кількість неоднорідних ділянок, 5 - відсутність неоднорідних ділянок.

Результати підтверджують, що досягти повної готовності хліба на основі рисового борошна можна після 35 хвилин термічної обробки, а на основі кукурудзяного борошна - після 30 хвилин.

Перелік посилань до розд. 2

1. Антонюк, М. М. Збагачення пшеничного хліба мікронутрієнтами/ М. М Антонюк, Л. Ю. Арсеньєва, В. Ф. Доценко, Л. О. Герасименко // Науко праці НУХТ. – 2003. – №14. – С. 51-53.
2. Теличкун Ю. С. Вивчення закономірностей та моделювання процес забарвлення скоринки хліба при випіканні / Ю. С.Теличкун, В. І. Теличкун Наукові праці НУХТ. - 2008.- № 25. - С. 61-62.
3. Грищенко, А. М. Дослідження кристалічної структури крохмалю безбілковому хлібі / А. М. Грищенко, В. В. Фоменко, В. І. Дробот // Новітні технології оздоровчих продуктів харчування ХХІ століття : Міжнародн наук.-практ. конф., 21 жовтня 2010 р. – Харків : ХДУХТ, 2010. – С. 249 250.
4. Грищенко, А. М. Дослідження вмісту ароматутворюючих речовин безглютенівому хлібі / А. М. Грищенко, О. Д. Тесля, В. І. Дробот Хранение и переработка зерна. — 2012. — №9 (159) - С. 47-48
5. Зміна структурно-механічних властивостей хліба при витримуванні / Ю С. Теличкун, В. І. Теличкун, О. О. Губеня, О. О. Чепелюк // Наукові прац НУХТ. — 2008. — № 25, ч. 2. — С. 72-74.
6. Broyart B, Trystam G, Duquenoy A. 1998. Predicting colour kinetics durin cracker baking. *J Food Eng* 35(3):351–68.
7. Brathen E, Knutsen SH. 2005. Effect of temperature and time on the formation o acrylamide in starch-based and cereal model systems, flat breads and bread *Food Chem* 92(4): 693–700.
8. Claeys WL, De Vleeschouwer K, Hendrickx ME. 2005a. Kinetics of acrylamid formation and elimination during heating of an asparagine sugar model system *J Agric Food Chem* 53(26):9999–10005.
9. De Vleeschouwer K, Van der Plancken I, Van Loey A, Hendrickx M. 2006 Impact of pH on the kinetics of acrylamide formation/elimination reactions i model systems. *J Agric Food Chem* 5(20):7847–55.
10. De Vleeschouwer K, Van der Plancken I, Van Loey A, Hendrickx M. 2008. Th kinetics of acrylamide formation/elimination in asparagine e glucose systems a different initialreactant concentrations and ratios. *Food Chem* 111(3):719–29.
11. Heatox Project-EU. 2007. Heat-generated food toxicants: identification characterisation and risk minimisation, Project no. 506820 (HEATOX), Europea Commission, Sixth Framework Programme.
12. Hedegaard RV, Frandsen H, Granby K, Apostolopoulou A, Skibsted LH. 2007 Model studies on acrylamide generation from glucose/asparagine in aqueou glycerol. *J Agric Food Chem* 55(2):486–92.



РОЗДІЛ 3

ВСТАНОВЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЙ МІЖ БІОПОЛІМЕРАМИ БОРОШНЯНОЇ СИРОВИНИ

Визначним чинником утворення структури пшеничного хліба є білок злакових культур, а саме глютен. Оскільки технологія безглютенових виробів передбачає повне вилучення глютенівмісної сировини, то особливу увагу при вивченні структурно-механічних властивостей тіста та готових виробів слід приділити вивченню білок-білкових взаємодій та конформації білкових молекул.

Регулювання структурно-механічних характеристик тіста під дією збагачувальних борошняних добавок відбувається за рахунок взаємодії білків різних зернових культур. Такі уявлення ґрунтуються на поглядах про вирішальну роль білків у формуванні структури тіста [1, 2]. Разом із тим, достатньо великою є роль крохмалю, який бере активну участь у протіканні біохімічних, мікробіологічних, деформаційних і колоїдних процесів, що відбуваються під час тістотворення [3].

Численними експериментальними дослідженнями [4, 5, 6, 7, 8] встановлено, що введення харчових добавок, поліпшувачів та структуроутворювачів, регулювання технологічних режимів дозволяє змінювати стан основних біополімерів борошна, активність амілолітичних та протеолітичних ферментів.

До сьогодні вплив борошна сорго, кіноа, соняшникового та лляного на властивості біополімерів безглютенового парового хліба досліджено лише в незначній кількості робіт [9, 10-13, 14-20], а існуючі

дані з цього питання носять фрагментарний характер. Тому вивчення білок-білкових взаємодій в тісті з різним складом борошняної сировини, а також визначення особливостей процесу клейстеризації крохмалю в цих системах потребує додаткових ґрунтовних наукових досліджень.

3.1 Білково-протеїназний комплекс тіста для виробництва

безглютенового парового хліба

Інфрачервоноспектраскопічні дослідження

просторової структури білків

Загальні уявлення про формування структури тіста свідчать що, в першу чергу, його структурними елементами виступають білкові молекули, від просторової структури яких залежать фізико-механічні властивості тіста. Білки зернових культур містять у своєму складі впорядковані та неупорядковані структури.

Автори [5, 21, 22, 23] стверджують, що критерієм ступеня впорядкованості та стабільності білкової молекули є сукупність α -спіралей та значної кількості між- та внутрішньомолекулярнозшитих β -листів, які стабілізуються чисельними водневими зв'язками.

Водневі зв'язки відіграють важливу роль у формуванні структури тіста, тому варіювання значенням рН середовища та температурою дозволяє змінювати конформаційний стан білкових молекул.

Вважають, що зміни структурно-механічних характеристик тіста пов'язані насамперед з порушенням четвертинної структури білків, що входять до їх складу.

Дослідження [5] вказують на те, що α -спіралі та β -листи є ініціаторами утворення вищих рівнів структури білка, а їх взаємодії сприяють стабілізації білкових молекул.

Отже, загальне оптимальне співвідношення складових білкової макромолекули обумовлює отримання впорядкованої просторової структури білка.

Таким чином, інфрачервона спектроскопія дозволяє пояснити вплив різних факторів на конформаційні зміни в макромолекулах білків шляхом інтер-претації зсувів піків поглинання та їх інтенсивності.

Структурні складові білкової молекули дають дев'ять смуг поглинання в середній інфрачервоній області, які мають назву аміді А, В, I, II, III та IV, V, VI, VII [24]. Смуги поглинання Амід I ($1700-1600\text{ см}^{-1}$), амід II ($1600-1500\text{ см}^{-1}$) та амід III ($1350-1200\text{ см}^{-1}$) є основними смугами ІЧ-спектрів білків та використовуються для характеристики вторинної структури білка (табл. 3.1) [24, 25].

Таблиця 3.1

Піки поглинання характерних ІЧ смуг білків

Характеристика вторинної структури білка	Характеристика основних ІЧ смуг поглинання білка, см^{-1}		
	Амід I	Амід II	Амід III
α -спіраль	1650-1665	1546	1330-1292
β -листи	1620-1640 1676-1694	1510-1550	1245-1220
β -вигин	1666-1677	–	1295-1270
невпорядковані структури	1639-1648	1520	1270-1250

Дослідженнями [21] встановлено, що чим міцнішим є водневий зв'язок, тим нижчою є електронна густина C=O груп. Смуга поглинання Амід II ($1600-1500\text{ см}^{-1}$) також є досить чутливою до конформаційних змін у структурі молекули білка. При виникненні водневого зв'язку максимум інтенсивності смуги поглинання Амід II зміщується в бік більш високих частот поглинання.

З метою встановлення можливої взаємодії між білками кукурудзяного борошна з білками борошна лляного та кіноа, а також рисового з сорговим та соняшниковим нами було проведено інфрачервоноспектроскопічні дослідження тіста. Кількісний аналіз піків поглинання інфрачервоних спектрів на основі рисового та кукурудзяного борошна наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Характеристика ІЧ смуги поглинання Амід III тіста для виробництва безглютенового парового хліба

Елементи вторинної структури білка	Піки поглинання при внесенні добавок, см ⁻¹					
	Бкук	Бкук: Бсор	Бкук: Бкін	Брис	Брис: Блпн	Брис: Бсон
α-спіраль	1292	1297	1295	1310	1298	1299
	1304	1304	1305	1316	1303	1305
	1308	1308	1308	1322	1320	1314
	1314	1314	1314		1322	1319
	1320	1320	1321			1324
		1323	1325			1326
	1326	1326			1328	
паралель- ний β-лист	1239	1221	1220	1239	1221	1225
	1243	1224	1226		1240	1228
		1226	1240			1234
		1240	1244			1237
		1242	1246			1242
		1243				
антипара- лельний β-лист	1280	1277	1275	1277	1277	1273
	1288	1280	1281	1280	1280	1276
	1285	1285	1286	1288	1287	1283
	1292	1288	1288		1293	1289
		1293	1295			1291
невпоряд- ковані ділянки	1266	1265	-	1259	-	1258
		1268				1267
		1259				

Спектри поглинання тіста мають інтенсивну смугу амід I, що є характерною для карбонільної групи білків з максимумом поглинання при 1670 см⁻¹; слабо виражену смугу амід II при 1530 см⁻¹. Валентні

коливання групи -ОН близько 3400 см^{-1} та 1021 см^{-1} вказують на наявність полісахаридів. Наявність пліч близько 1740 см^{-1} усіх зразків тіста обумовлена групою -C=O ефірів, разом з асиметричними та симетричними валентними коливаннями -CH₃ групи ($2950 - 2920\text{ см}^{-1}$) свідчать про наявність певної кількості ліпідів у складі тіста.

Для дослідних зразків відмічається різниця в інтенсивності смуг поглинання й довжині базисних ліній. Як відомо, інтерпретацію експериментальних даних ускладнює наявність води у тісті, тому з метою уточнення отриманих результатів нами було проведено аналіз смуги поглинання Амід III.

Отримані дані свідчать, що при внесенні збагачувальних борошняних добавок збільшується α -спіралізація білкових молекул (з жорсткою структурою) та з'являються додаткові піки поглинання у спектрі β -листів, що вказує на впорядкування білкової молекули та посилення водневого зв'язку.

Так, внесення збагачувальної борошняної сировини до кукурудзяного та рисового борошна призводить до утворення додаткових піків поглинання в спектрі α -спіралей а також додаткові піки у спектрі β -листів з'являються при внесенні добавок до кукурудзяного борошна.

Смуга Амід III ($1350 - 1200\text{ см}^{-1}$) в середній інфрачервоній області відповідає деформаційним коливанням зв'язка N-H сумісно з валентними коливаннями групи C-N, а також деформаційним коливанням зв'язків C-H [25]. В області смуги Амід III коливання -ОН групи води не впливають на білковий спектр поглинання.

Отримані результати свідчать про утворення більш впорядкованої структури білкових молекул внаслідок утворення додаткових піків поглинання в спектрах α -спіралей та β -листів, а також зникнення (у випадку внесення лляного борошна та борошна кіноа) у спектрах неупорядкованих білкових структур.

Можна припустити, що зміна конформації білкових молекул пов'язана зі змінами у фракційному складі білків безглютенового парового хліба та їх молекулярній масі. Тому на наступному етапі було проведено дослідження вказаних показників.

Фракційний склад білків

Оскільки консистенція готових виробів залежить певним чином від змін білкових фракцій в процесі виробництва, дослідження фізико-хімічних і біохімічних властивостей білків є актуальним питанням. На першому етапі дослідження було проведено порівняльний аналіз вмісту білкового та небілкового азоту у безглютеновому паровому хлібі при внесенні збагачувальної борошняної сировини (рис. 3.1).

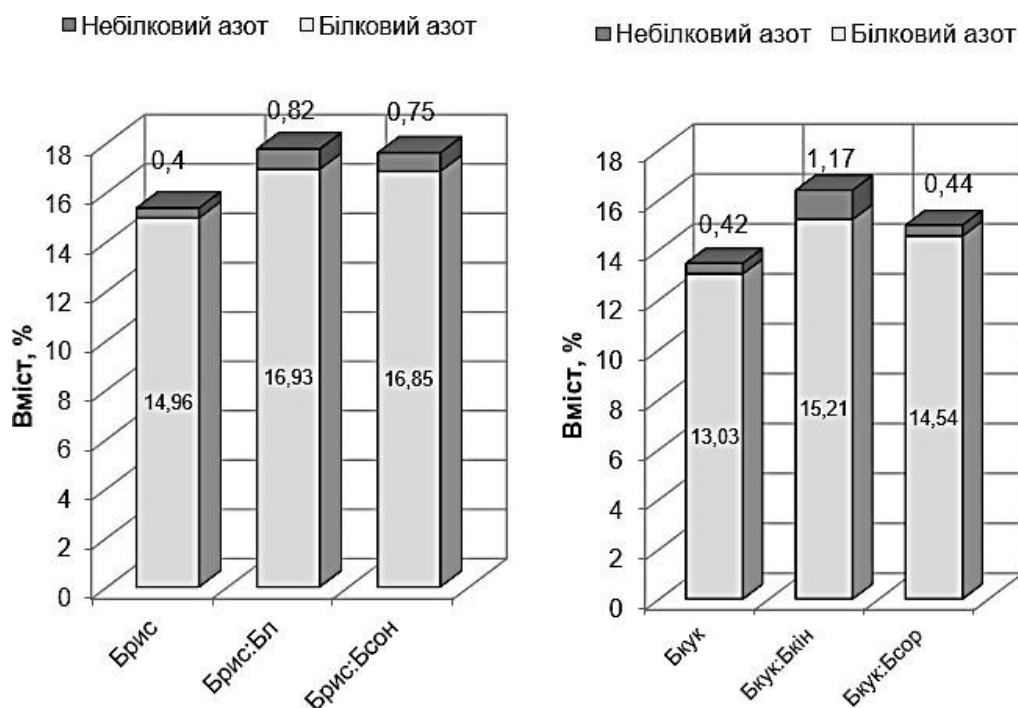


Рис. 3.1. Вміст білкового та небілкового азоту в тісті

За додавання збагачувальної борошняної сировини зростає кількість загального азоту на 11...22%. Частка білкового азоту в контрольних зразках дорівнює 97,4% (для тіста з рисового борошна) та 96,9% (для тіста з кукурудзяного борошна). Застосування збагачувальної борошняної сировини призводить до зниження частки

білкового азоту – до 92,8...95,7% (за виключенням соргового борошна).

У функціональному відношенні найважливішими фракціями білків є проламінова та глютелінова, бо саме вони в процесі гідратації здатні формувати складний білковий комплекс за рахунок невалентних міжмолекулярних взаємодій [26, 27].

У процесі тістоприготування нерозчинні білкові фракції сприяють збільшенню тривалості замішування та стабільності тіста, підвищують водопоглинальну здатність борошна та забезпечують високий об'єм хлібобулочних виробів [27].

Низькомолекулярні фракції білків борошна (передусім легкорозчинна фракція глютеніну й у меншому ступені альбумінова й глобулінова) також мають позитивний вплив на структурно-механічні показники якості тіста та об'єм хліба, оскільки легше піддаються дії протеолітичних ферментів і є джерелом амінного азоту для живлення дріжджових клітин [27].

Дослідженнями фракційного складу білків безглютенового тіста з внесенням збагачувальних борошняних добавок, встановлено: внесення добавок призводить до зміни фракційного складу білків (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Фракційний склад тіста для виробництва безглютенового парового хліба

Зразок	Вміст фракцій, мг/1 г тіста			
	альбумінова	глобулінова	гліадинова	глютелінова
Тісто на основі рисового борошна				
Брис	2,06	0,56	2,74	8,28
Брис:Бллн	2,61	0,58	6,85	14,50
Брис:Бсон	2,52	0,88	7,71	8,01
Тісто на основі кукурудзяного борошна				
Бкук	2,25	0,35	17,51	6,79
Бкук:Бкін	2,86	1,2	22,66	10,37
Бкук:Бсор	3,24	0,68	19,28	4,33

У зразку тіста з додаванням борошна лляного спостерігається збільшення усіх білкових фракцій, особливо глютелінової та гліадинової на 75 та 150% відповідно відносно зразка тіста з рисового борошна. Внесення соняшникового борошна призводить до суттєвого зростання гліадинової фракції (на 180%) при одночасному зниженні глютелінової фракції

Щодо тіста на основі кукурудзяного борошна, вплив внесених добавок має наступний характер: при внесенні кіноа зростає вміст усіх фракцій, в першу чергу глобулі нової – у 2,5 рази, а внесення борошна соргового знижує вміст глютелінової фракції та в меншій мірі збільшує глобулінову - на 94%. Сумарна кількість водонерозчинних фракцій представлена на рис. 3.2.

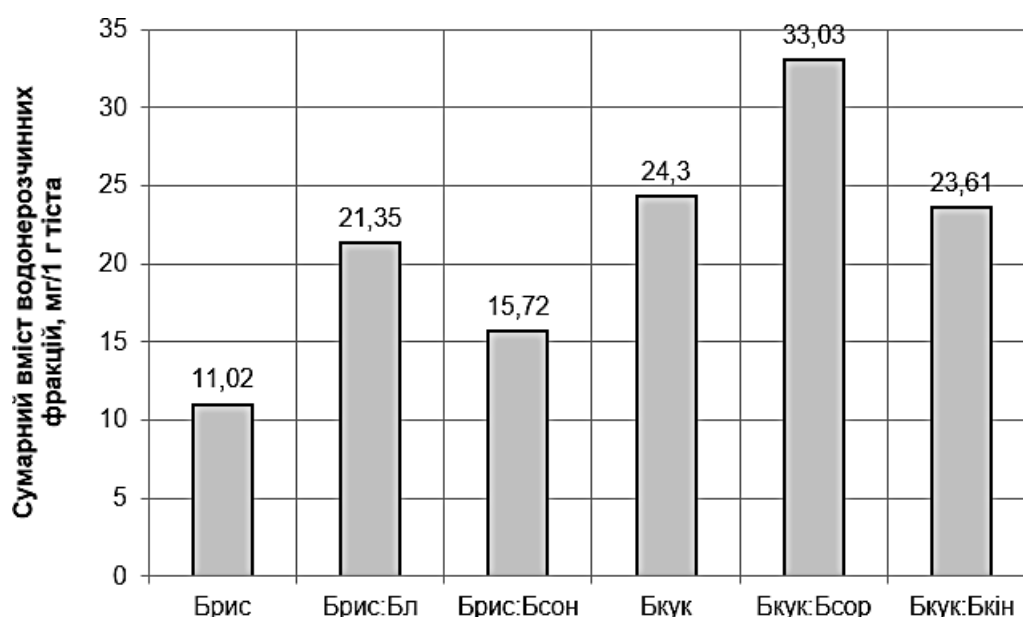


Рис.3.2. Сумарний вміст водонерозчинних фракцій білка в безглютеновому тісті

Збільшення вмісту глютелінової фракції може бути обумовлено зміщення рН середовища білкових розчинів у більш кислий бік внаслідок внесення лляного борошна.

У кислому середовищі відбувається пригнічення кислотної дисоціації карбоксильних груп білків та інтенсивне протонування NH_2 -, NH - та імідазольних груп білків.

Скупчення однойменно заряджених залишків на поверхні білкової молекули призводить до виникнення ефектів електростатичного відштовхування і часткового розчинення молекул, а активовані таким чином комплекси здатні ініціювати утворення нових білкових асоціатів, у тому числі з глютеліновою фракцією [28].

Для більш детального аналізу взаємодії білків збагачувальної борошняної сировини на наступному етапі дослідження було проведено розділення білкових фракцій за молекулярною масою методом Лемлі.

Молекулярно-масовий розподіл білкових фракцій

Електрофорез в поліакриламідному гелі в присутності додецилсульфата натрію (SDS-PAAG) є одним з найбільш широко розповсюджених в біохімії методів визначення молекулярної маси білкових молекул. Його висока роздільна здатність дозволяє поділити суміш, що містить велику кількість різних видів макромолекул, та охарактеризувати їх по заряду, молекулярній масі і конформації [29-31].

Як маркери з відомою молекулярною масою для експериментального дослідження було обрано трансферін людський (80000 Да), людський сировоточний альбумін (66000 Да), яєчний альбумін (45000 Да), лізоцим (14300 Да) та цитохром С (13348 Да).

Після проведення електрофорезу і фарбування проводили сканування гелю і цифрову обробку отриманих результатів за калібрувальною кривою. На рис.3.3 приведено зображення пластинки гелю (оброблене в програмі TOTALLAB 2.0) в якому проходило розділення білкових екстрактів окремо усіх борошняних компонентів: №1 – Стандарти, №2 - Брис, №3 – Брис:Бл, №4 - Брис:Бсон, №5 – Бкук, №6 – Блн, №7 – Бсор.

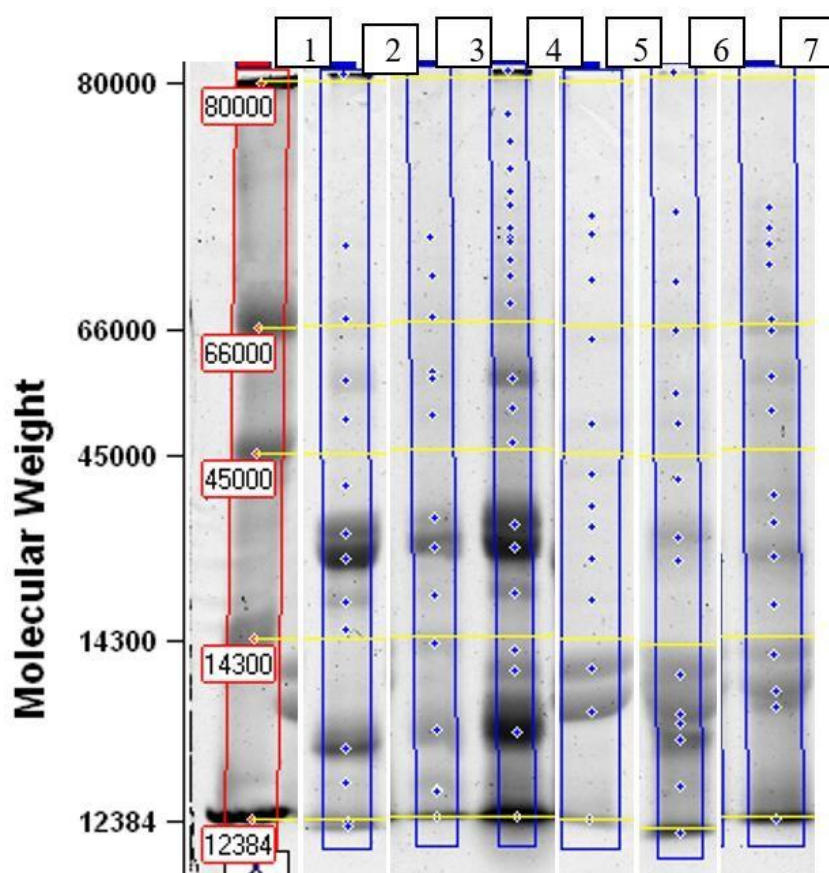


Рис. 3.3. Електрофоретичне розділення білків в SDS-PAAG в системі Лемлі 12,5% після забарвлення фарбником Кумассі R-250. Треки: №1 - Стандарти, №2 - Брис, №3 - Брис:Бл, №4 - Брис:Бсон, №5 - Бкук, №6 - Бкук:Бсор, №7 - Бкук:Бкін

Треки з екстрактами білків рисового та кукурудзяного тіста мають малу інтенсивність забарвлення піків, у той час як екстракти білків з використанням збагачувальних борошняних добавок (треки №3, 4, 6, 7) сильно забарвлені і мають достатньо широкі зони затемнення, що пов'язано зі значною гетерогенністю даного матеріалу за молекулярною масою.

Аналіз піків поглинання (табл. 3.4) показав, що кількість піків поглинання борошна з використанням збагачувальних борошняних добавок перевищує борошно рисове та кукурудзяне. В першу чергу, слід зазначити наявність піків поглинання в області молекул, масою більше 80000 Да, що свідчить про надмолекулярну структуру водо

нерозчинних білків, що добре узгоджується з дослідженнями фракційного складу.

Таблиця 3.4

Аналіз піків поглинання при електрофоретичному розділенні

Молекулярна маса	Брис	Брис: Блн	Брис: Бсон	Бкук	Бкук: Бсор	Бкук: Бкін
≥80000 Да	-		80331	-	80249	
66000-80000 Да	70639 66458	70916 68676 66311	77825 76376 74781 73456 72669 71426 70908 70577 69583 68630 67056	72292 71229 68667	72460 68534 65276	72616 71413 70501 69298 66270
45000-66000 Да	57190 50612	57960 50640	56820 51900 46080	63828 49828	55198 50009	64917 57095 51499
14300-45000 Да	39522 31636 27543 20259 15685	33886 28779 21029	32528 28871 21375	41689 36392 32720 27603 20922	41035 31663 28058	37625 33128 27312 19517
12384-14300 Да	13135 12767 12369 12299	14215 13822 13313 12677 12388 12079	14157 13926 13286 12388	13982 13524 12388	13986 13565 13476 13313 12810 12334	14091 13717 13554 12353

Встановлено, що у тісті з заданих борошняних сумішей зберігаються піки поглинання, характерні, як для базового компоненту суміші, так і для збагачуючої добавки. Крім того, слід відмітити виникнення нових піків поглинання, в області, не характерній для компонентів борошняної суміші.

Аналіз отриманих результатів дослідження показав, що найбільша кількість додаткових піків поглинання виникає при

взаємодії борошна рисового та соняшникового (10 додаткових піків). Такі дані вказують на утворення міжмолекулярних зв'язків та формування білкових фракцій з молекулярною масою більше 66000 Да.

В меншій мірі спостерігаються білкові взаємодії в тісті, на основі борошна кукурудзяного: при внесенні борошна сорго виникають додаткові 4 піки поглинання, не характерні для вхідної сировини. Сформовані нові білкові структури характеризуються низькою молекулярною масою.

Отримані дані свідчать про виникнення білок-білкових взаємодій у безглютеновому тісті.

Відомо, що заряд білкової молекули та міцність гідратних оболонок визначають стійкість білкових розчинів. Можна припустити, що при внесенні збагачувальних борошняних добавок відбувається зміна поверхневого заряду білків та конформації білкових макромолекул, що призводить до підвищення їх молекулярної маси.

Тому на наступному етапі дослідження проведено титриметричний аналіз водно-борошняних суспензій безглютенових зернових культур.

Титриметричний аналіз взаємодії біополімерів борошняної сировини

Заряд молекули та її кислотно-лужні властивості визначаються іоногенними та полярними групами амінокислот, що знаходяться на поверхні білкової глобули. Кислих властивостей білку надають тирозин, цистеїн, аспарагінова та глютамінова кислоти, джерелом яких є дисоціація карбоксильних груп.

Лізин, аргінін та гістидин надають білку лужних властивостей за рахунок утворення позитивного заряду на поверхні білкової глобули [32].

Одну з провідних ролей у збереженні рівноважного стану в білкових розчинах відіграють водневі зв'язки та поверхневий заряд молекули. Здатність білків утримувати гідратну оболонку залежить від зовнішніх іонізованих залишків амінокислот та кількості водневих зв'язків, утворених білковою молекулою. Зміни поверхневого заряду білкової молекули можна досягти шляхом регулювання рН середовища [32, 33].

Найбільш інформативним методом визначення кількості зв'язаних іонів H^+ і OH^- є потенціометричне титрування, засноване на буферній здатності білків. Наявність взаємодії досліджуваних добавок з борошнями розчинами визначається неспівпаданням кривих отриманих експериментальним та теоретичним шляхом.

На рис 3.4 – 3.7 приведено криві потенціометричного титрування борошняних сумішей. Дві з трьох кривих отримано експериментально, третю - розрахунковим шляхом. Неспівпадіння кривих підтверджує, що існує взаємозв'язок між білками борошняної сировини.

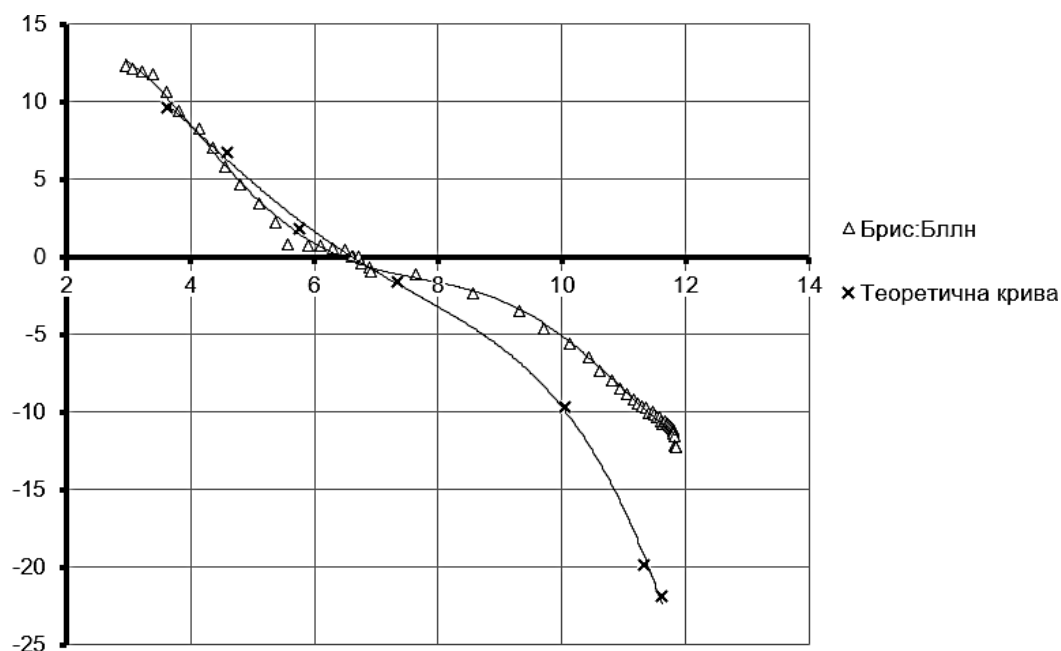


Рис. 3.4 Кількість зв'язаних іонів H^+ та OH^- за різної величини рН середовища для суміші борошна рисового та лляного

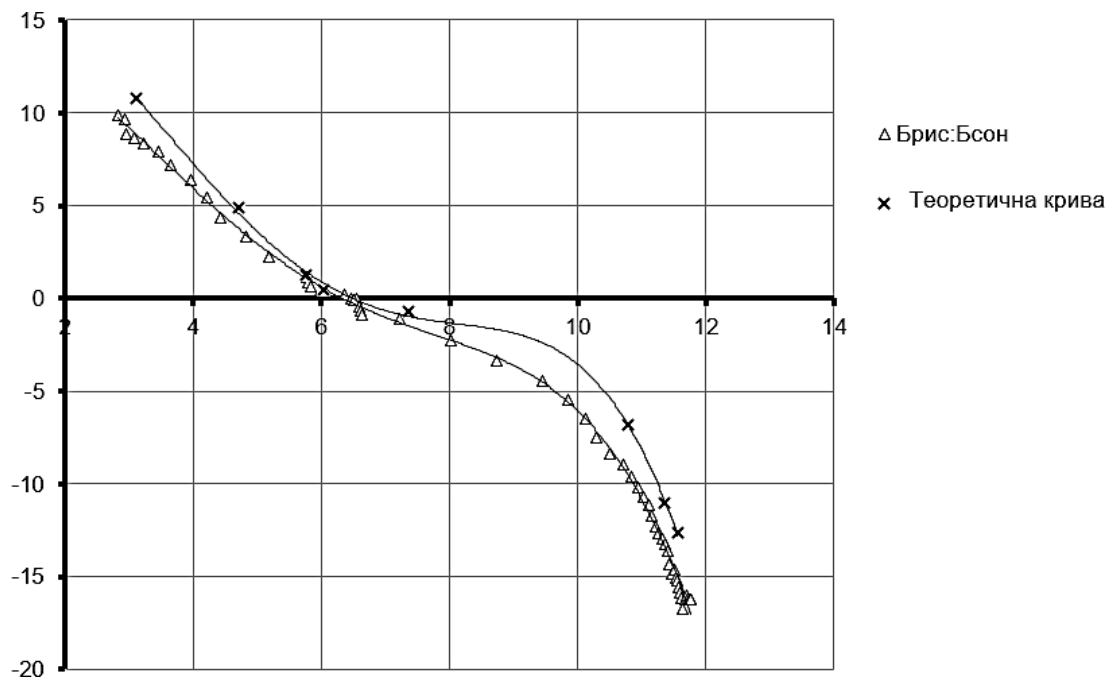


Рис.

3.5. Кількість зв'язаних іонів H^+ та OH^- за різної величини рН середовища для суміші борошна рисового та соняшникового

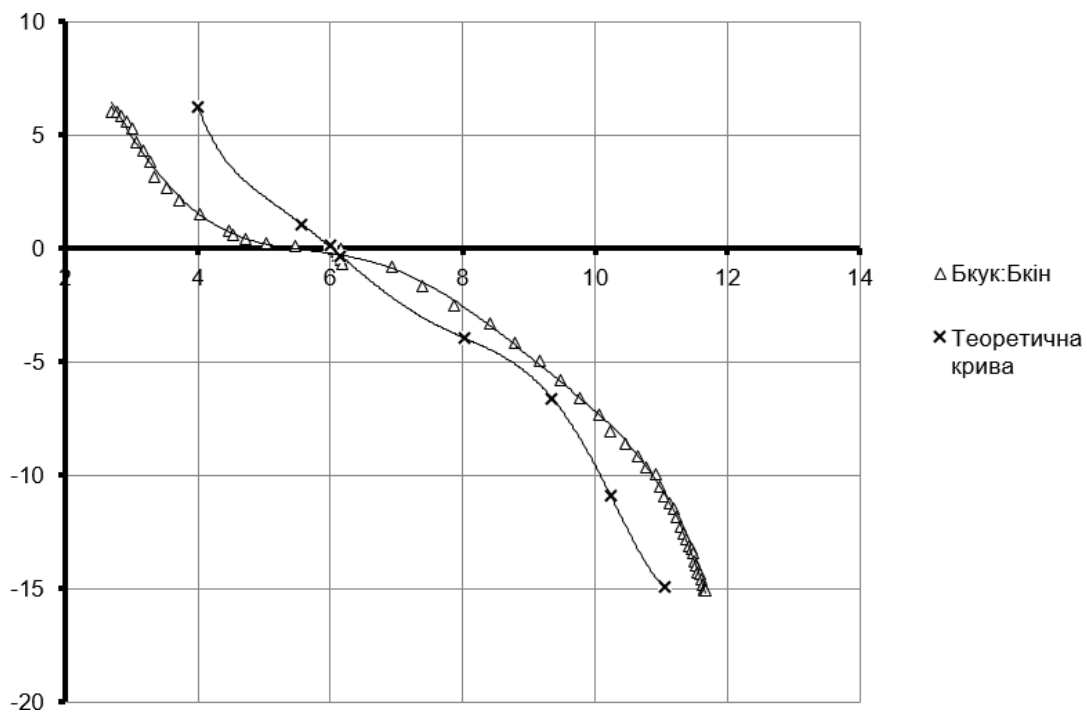


Рис. 3.6. Кількість зв'язаних іонів H^+ та OH^- за різної величини рН середовища для суміші борошна кукурудзяного та кіноа

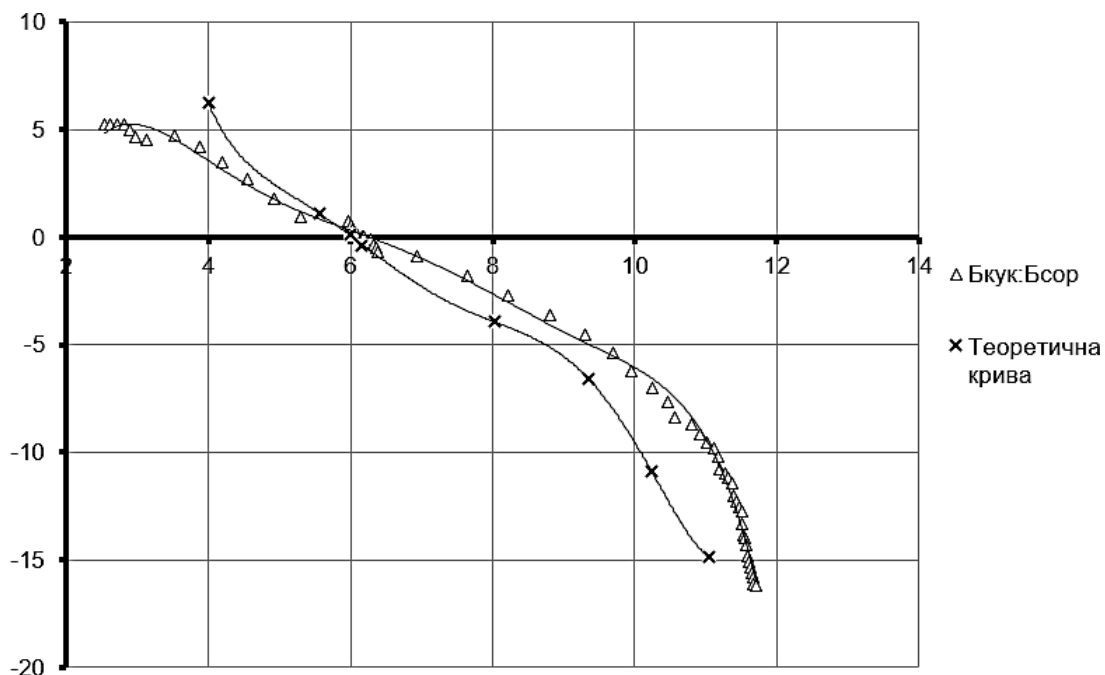


Рис. 3.7. Кількість зв'язаних іонів H^+ та OH^- за різної величини рН середовища для суміші борошна кукурудзяного та сорго

Отримані криві перетинають вісь абсцис при значеннях рН 6,1...6,5, що відповідає ізоелектричній точці білка, де кількість зв'язаних іонів H^+ і OH^- дорівнюють нулю. Аналіз отриманих результатів показує, що для жодного зразка не спостерігається співпадання кривої теоретичної та кривої суміші борошна та добавки, що свідчить про наявність взаємодій між біополімерами борошняної сировини.

Для усіх зразків борошняних сумішей характер зв'язування іонів H^+ помітно відрізняється у діапазоні рН 2,5...6,0. Після рН 6 криві водно-борошняних суспензій майже не відрізняються. В усіх трьох випадках крива розчину борошняних сумішей сумісно з збагачувальними борошняними добавками відрізняється підвищеною кількістю іонів H^+ Ж для борошна кіноа у складі суміші Бкук:Бкін - на 17%, для соргового борошна у складі суміші Бкук:Бсор - на 54%, для лляного борошна у складі суміші Брис:Бллн - на 5% та для

соняшникового борошна у складі суміші Брис:Бсон – на 7%. Такий результат є свідченням різної доступності іоногенних груп білків.

Таким чином, неспівпадіння теоретичної та експериментальної кривої розчину борошняних сумішей свідчить про відмінності в характері зв'язування іонів білковими речовинами. Підвищення кількості іонів H^+ на експериментальних кривих, порівняно з теоретичними пов'язане з порушенням співвідношення позитивних та негативних зарядів у молекулі, у тому числі за рахунок збільшення частки іоногенних амінокислот.

Отримані експериментальні дані свідчать про те, що додавання борошна збагачувальних борошняних добавок призводить до зміни конформації білкових макромолекул з утворенням нових внутрішньо- та міжмолекулярних зв'язків.

При вивченні формування структури борошняного тіста особливу увагу слід приділяти крохмалю, тому на наступному етапі було проведено дослідження клейстеризації крохмалю безглютенового тіста при внесенні збагачувальних борошняних добавок.

3.2. Особливості протікання клейстеризації крохмалю борошняних сумішей

Якість борошняних виробів значною мірою залежить від стану вуглеводно-амілазного комплексу борошна. Перетворення крохмалю, насамперед набрякання й клейстеризація, зумовлюють перебіг фізико-хімічних і біохімічних процесів у тісті, а також забезпечують утворення структури виробів під час термічної обробки. Тому з урахуванням важливої ролі крохмалю у формуванні структурно-механічних властивостей тіста для виробництва безглютенового парового хліба, доцільно дослідити вплив збагачувальних борошняних добавок на процес клейстеризації крохмалю.

Незважаючи на численну кількість робіт, присвячених вивченню клейстеризації крохмалю, у цьому питанні відсутня достатня ясність. Кройт [34] розглядає клейстеризацію як внутрішньоміцелярне явище. До клейстеризації крохмальне зерно являє собою систему, головним чином побудовану з негативно-заряджених часточок, з'єднаних між собою певними ділянками поверхні. Місця з'єднання здатні до взаємодії з водою, оскільки навколо них присутня оболонка міцно зв'язаної води, що викликає опір до клейстеризації.

По теорії Кройта, клейстеризація настає у тому випадку, коли енергія взаємозв'язку гідрофільних ділянок крохмалю перевищує енергію гідрофобних. В результаті виникає послаблення зв'язку між місцелами і руйнування структури крохмальних зерен.

Однак, теорія Кройта не враховує наявність ван-дер-ваальсових сил, місткових зв'язків та розгалуженої структури крохмалю. Інші вчені (Лепешкин, Арциховский) [35] вважають, що процес клейстеризації має складатися з двох стадій: хімічної реакції між полісахаридом і водою, в результаті якої утворюються амілоза та амілопектин, та обмеженого набрякання продуктів у воді.

Дослідження Раковського та Горбачева [35] показують, що крохмаль слабо адсорбує кислоти, та значно краще - луги, що певно пов'язано з утворенням гідрофільних комплексів між крохмалем та лугами.

Ліпіди зменшують розчинність крохмалів, оскільки утворюють амілозо-ліпідні комплекси, що знижують вологозв'язуючу здатність та здатність до набухання. Протеїни, ферменти та пептиди, якщо вони є домішками крохмалю, призводять до підвищення температури клейстеризації та зниження ступеню набухання.

Також важливу роль у процесі клейстеризації відіграють можливі білок-полісахаридні зв'язки. Оскільки завдяки електростатичній взаємодії негативно заряджених груп полісахаридів, зокрема

крохмалю, з позитивно зарядженими аміногрупами білків, молекули полісахаридів адсорбуються на білкових молекулах, тим самим утворюючи білок-полісахаридні комплекси.

Досліджували зразки водно-борошняних суспензій борошняних сумішей при внесенні збагачувальних борошняних добавок. Результати експериментальних досліджень наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Показники стану вуглеводно-амілазного комплексу борошняних суспензій

Зразок	Значення показників			
	Час початку клейстеризації крохмалю, хв	Час кінця клейстеризації крохмалю, хв	Максимальна в'язкість суспензії, од.а.	Температура суспензії при максимальній в'язкості, °С
Брис	32	47	760	93
Брис:Блпн	30	41	620	90
Брис:Бсон	29	39	580	93
Бкук	27	45	720	95
Бкук:Бсор	30	40	660	93
Бкук:Бкін	30	44	520	91

Результати показують, що порівняно з контрольними зразками при внесенні збагачувальних борошняних добавок спостерігається зниження максимальної в'язкості борошняної суспензії, а також температури закінчення клейстеризації. У зв'язку з тим, що клейстер з борошна кукурудзяного та рисового має надвисокі показники в'язкості (що перевищують борошно пшеничне у 6-7 разів), то зниження даного показника при внесенні збагачувальних борошняних добавок носить позитивний характер. Отримані дані добре корелюють з підвищенням еластичності та пластичності тіста при внесенні збагачувальних борошняних добавок.

Аналіз амілограм показав, що внесення в тісто збагачувальних борошняних добавок до кукурудзяного борошна збільшує час до початку клейстеризації в середньому на 11%, а також зменшує час від початку клейстеризації крохмалю до досягнення максимальної в'язкості на 4,7%.

Тривалість клейстеризації скорочується, що пов'язано зі зниженням зв'язування води. Такий результат пояснюється з підвищеним вмістом білків збагачувальній сировині, що конкурує за воду з крохмалем. Отримані дані добре узгоджуються зі зниженням показника максимальної в'язкості, що знижується на 10...30%.

Температура суспензії при максимальній в'язкості зменшується в середньому на 5%.

Аналогічна тенденція спостерігається при внесенні збагачувальних борошняних добавок до рисового борошна.

Варто відзначити, що зниження температури при максимальній в'язкості може бути передумовою до уповільнення черствіння готових виробів, оскільки існує думка про те, що зниження температури клейстеризації може сприяти уповільненню процесу ретроградації крохмалю.

Отримані результати показують, що внесення збагачувальних борошняних добавок призводить до зміни властивостей білково-протеїназного комплексу безглютенового парового хліба.

Перелік посилань до розд. 3

1. Kasarda D.D. Grains in relation to celiac disease / D.D. Kasarda // *Cereal Foods World*. – 2001. – No 46. – P. 209-210. Kasarda, D.D. (2001), "Grains in relation to celiac disease", *Cereal Foods World*, no. 46, pp. 209-210.
2. Fan Zhu, *Influence of ingredients and chemical components on the quality of Chinese steamed bread*, *Food Chemistry*, 2014, 163, 154
3. Пат. No 86050 Україна, МПК А21D 10/00 (2006.01). Спосіб виробництва б глютенowego хліба / Шаніна О. М., Лобачева Н. Л., Гавриш Т. В.; заявник патентовласник Харківський національний технічний університет сільськ господарства імені Петра Василенка.— No u201307689; заявл.17.06.2013р. опу 10.12.2013 р., Бюл. No 23. – 4 с.
4. Addo, K., Y. Pomeranz, M.L. Huang, G.L. Rubenthaler & H.C. Jeffers, 1991. *Steamed Bread. II. Role of protein content and strength*. *Cereal Chem* 68: 39-42.
5. Yangsoo Kim, Weining Huang, Huiyan Zhu, Patricia Rayas-Duarte *Spontaneous sourdough processing of Chinese Northern-style steamed breads and their volatile compounds* *Food Chemistry*, Volume 114, Issue 2, 2009, pp. 685-692
6. Semenova, A. *Gluten-free bakery products* / A. Semenova, Ju. Prikhodko, V. Drobot // *8th Central European Congress on Food 2016 — Food Science for Well-being (CEFood 2016)*, 23-26 May 2016 p.: *Book of Abstracts*. – Kyiv: NUFT, 2016. – P. 146.
7. *Всеобщее управление качеством* / Под ред. О.П. Глудкина – М.: Радио и связь 1999. – 600 с.
8. Козьмина Н.П. *Биохимия хлебопечения* / Н.П. Козьмина – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 280 с
9. Zhu, J., S. Huang, L. O'Brien & D.J. Mares, 1997. *Effects of protein content and dough properties on Chinese steamed bread quality*. In: *Cereals 97, Proc 47th Cereal Chem Conf*, pp. 272-275.
10. Chen, Z.D., Gan, J.Q.: *The rheological properties research*. *Northwest Agricultura University Journal* (4), 364–366 (1997)
11. Ji Y, Zhu K, Qian H, Zhou H (2007) *Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour*. *Food Chem* 104:53–58
12. Moayedallaie S, Mirzaei M, Paterson J (2010) *Bread improvers: comparison of a range of lipases with a traditional emulsifier*. *Food Chem* 122:495–499
13. Sivaramakrishnan HP, Senge B, Chattopadhyay PK (2004) *Rheological propertie of rice dough for making rice bread*. *J Food Eng* 62:37–45
14. *Оценка качества зерна: справочник* / Под ред. И.И. Василенко А.И. Комарова. – М. : Агропромиздат, 1987.– С. 170–173.
15. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственны культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовы культур* / Под ред. М.А. Федина. – М.: Калининская городская типография управления изд-в, 1988. – 122 с.

16. Ауэрман Л.Я. *Технология хлебопечения* / Л.Я. Ауэрман – М. Пищепромиздат, 1956. – 467с.
17. ГОСТ 1340096-3-92 *Шрот подсолнечный*
18. *Документация. Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха вкуса и хруста: ГОСТ 27558–87.* – [введ. от 01-01-1989]. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 1987. – 4 с. – (Межгосударственный стандарт).
19. *Документация. Мука и отруби. Методы определения влажности: ГОСТ 9404–88.* – [введ. от 01-04-1990]. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 1987. – 5 с – (Межгосударственный стандарт).
20. *Документація. Вироби макаронні. Загальні технічні умови: ДСТУ 7043:2009–* [введ. від 01-01-2010]. – К.: Держстандарт України, 2009. – 18 с. – (Національний стандарт України).
21. Барсукова Н.В. *Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий* / Н.В. Барсукова, Д.А. Решетников, В.Н. Красильников / *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевы производств».* – 2011. – № 3. – С. 73-82.
22. *Документация. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов: ГОСТ 26670–91.* – [введ. от 01-01-1993]. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 1992. – 8 с. – (Межгосударственный стандарт).
23. *Документация. Зерно, мука, крупа, толокно для продуктов детского питания. Методы микробиологического анализа: ГОСТ 26972–86.* – [введ от 01-07-1987]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1987. – 16 с. – (Межгосударственный стандарт).
24. *Всеобщее управление качеством / Под ред. О.П. Глудкина.* – М.: Радио и связь, 1999. – 600 с.
25. Седюкин, В.К. *Методы оценки и управления качеством промышленной продукции.* / В.К. Седюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев – М.: ИИД «Филинь» Рилант, 2000. – 328 с.
26. *Целіакія. Про проблеми діагностики та лікування цієї хвороби в Україні // Харчова і переробна промисловість.* – 2008. – № 7. – С. 24-26.
27. *Передерій В.Г. Сучасні підходи до діагностики, лікування та харчування хворих на целіакію (методичні рекомендації) / В.Г. Передерій О.Ю. Губська, О.А. Перекрестова.* – К., 2005. – 29 с.
28. *Дробот В., Михонік Л., Грищенко А. Особливості технологічного процесу виготовлення безбілкового хліба/ Хлібопекарська і кондитерська промисловість України.* – 2010. -- №6. – С.20-22

ВИСНОВКИ



1. Наразі гостро стоїть проблема виробництва безглютенових продуктів підвищеної харчової та біологічної цінності. З метою розширення асортименту таких продуктів в Україні перспективним є напрямок виготовлення безглютенового парового хліба, який має низку переваг порівняно з випеченим хлібом. Споживання парового хліба сприяє сповільненню процесів всмоктування глюкози, що робить його дієтичним продуктом. Цей хліб відрізняється зниженим глікемічним індексом та може бути використаний у харчуванні людей, хворих на цукровий діабет.

2. Перспективною сировиною для виробництва безглютенового парового хліба є збагачувальні борошняні добавки. Виявлено, що використання е сорго, кіноа, амаранту, соняшника, льону тощо в технології безглютенового парового хліба здатне покращити структурно-механічні властивості тіста та хліба внаслідок високого вмісту білків та харчових волокон, а також підвищити харчову та біологічну цінність кінцевого продукту завдяки збалансованому амінокислотному складу, високому вмісту вітамінів та мікроелементів, ненасичених жирних кислот, неперетравлюваних полісахаридів.

3. Обробка паром попереджає утворення шкідливих акриламідів у паровому хлібі, зокрема нейротоксичних речовин, класифікованих як канцерогени. Дослідження індексу якості білка вказують на суттєве переважання доного показника у паровому хлібі порівняно з випеченим. Такий результат зумовлений втратою значної частки лізину при випіканні. Також парова обробка сприяє збереженню вітамінів, макро- і мікроелементів.

4. Визначено співвідношення основних рецептурних компонентів для виробництва безглютенового парового хліба. На 100 кг борошняної сировини: Кількість дріжджів – 1,75 кг; солі – 1,5 кг; вологість замісу – 58...59% (для хліба на основі рисового борошна) і 63...64% (для хліба на основі кукурудзяного борошна).

В якості борошняної сировини рекомендовано використовувати борошно лляне або борошно соняшникове у кількості 5% на заміну рисового та борошно соргове або кіноа у кількості 10% і 15% відповідно на заміну кукурудзяного. Такі співвідношення дозволяють отримати хліб з добрими смаковими властивостями, покращеною структурою та збалансованим амінокислотним складом.

5. Використання збагачувальної борошняної сировини призводить до зниження незворотної відносної деформації на 36...68% та підвищення пластичності тіста. При цьому знижується відносна еластичність – на 17...28% та збільшується відносна пружність у 2...6 разів. Рекомендована тривалість замісу тіста складає 10...15 хв.

6. В присутності збагачувальної борошняної сировини зростає кількість накопичення діоксиду вуглецю в безглютеновому тісті на 10...30%. Рекомендована тривалість бродіння тіста з рисового борошна з додаванням лляного, кіноа або сорго складає 35...40 хв, з додаванням соняшникового – 20...30 хв, тіста з кукурудзяного борошна з додаванням кіноа або сорго – 25...35 хв, соняшнику – 20...25 хв, льону – 35...40 хв. Внесення збагачувальної борошняної сировини не впливає на інтенсивність процесу кислотонакопичення. Помітно, що лляне борошно сприяє зниженню активної кислотності тіста, а борошно соняшникове, соргове та лляне навпаки підвищує цей показник.

7. Повної готовності хліб на основі рисового борошна набуває після 35 хвилин термічної обробки, а на основі кукурудзяного борошна – після 30 хвилин.

8. Аналіз ІЧ спектрів тіста показав, що при внесенні збагачувальних борошняних добавок виникають зміни вторинної структури білка. По-перше, відбувається впорядкування неупорядкованих ділянок білкових молекул з утворенням паралельних та антипаралельних β -листів, стабілізованих внутрішньо- та міжмолекулярними водневими зв'язками. Це призводить до ущільнення білкової молекули та зменшення її гідратаційної здатності. Також, спостерігається виникнення додаткових піків паралельних β -листів, характерних для високомолекулярних фракцій білків, що вказує на утворення надмолекул.

9. Дослідження молекулярної маси білків борошняних сумішей показують утворення додаткових піків поглинання з молекулярною масою більше 66000 Да. Такий результат свідчить про наявність взаємодій між білками різних видів зернових культур.

Внесення збагачувальних борошняних добавок призводить до зміни фракційного складу білкових молекул. Борошно лляне та кіноа підвищує вміст усіх білкових фракцій, зокрема водонерозчинних.

10. При внесенні збагачувальних борошняних добавок відбувається зміщення рН середовища в лужний бік, що призводить до зміни буферної ємності водно-борошняної суспензії та зміни електричного заряду білкових молекул. Це сприяє конформаційним змінам у структурі макромолекул білків. Результати експериментальних досліджень показують підвищення кількості зв'язаних іонів H^+ , пов'язане з порушенням співвідношення позитивних та негативних зарядів.

11. Результати дослідження клейстеризації крохмалю при внесенні збагачувальних борошняних добавок показали, що в'язкість водно-борошняних суспензій зменшується на 10...30%. Знижується тривалість клейстеризації, що пов'язано з підвищенням вмісту білка у сумішах.

Наукове видання

Шаніна О.М.

Мінченко С.М.

Гавриш Т.В.

Дугіна К.В.

Парові безглютенові вироби (теорія і практика)

Монографія

Видається в авторській редакції

Підписано до друку2022.

Формат 60×84 1/16 . Папір офсетний. Гарнітура Arial.
Ум. друк. арк. 6,74. Обл.-вид. арк. 3,79. Вид. №0269.
Тираж 300 прим.

КП «Міська друкарня»
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
61002, г. Харьков, ул. Алчевских (ул. Артема), 44,
Телефон: (057) 7004838
Факс: (057) 7004837
Вебсайт: 13druk.kh.ua