

Національний університет “Львівська політехніка”,

¹ кафедра технології органічних продуктів,

² кафедра фізичної, аналітичної та загальної хімії

liliia.i.shevchuk@lpnu.ua

<https://doi.org/10.23939/ctas2025.01.139>

Наведено фізико-хімічні характеристики зразків пшеничного і житнього хліба. Встановлено, що в пшеничному хлібі міститься на 8,8 % більше зброджуваних сухих речовин порівняно із житнім. Показано, що спиртове сусло, одержане із відходів хлібопекарського виробництва при використанні амілолітичних ферментів, може слугувати альтернативною сировиною для виробництва спирту. Доведено ефективність застосування суслу з відходів пшеничного хліба через зростання вмісту сухих речовин після оцукрення суслу на 10,5 % та зміни рН порівняно із житнім зразком.

Ключові слова: спиртове сусло, відходи, пшеничний хліб, житній хліб, сухі речовини, величина рН.

Вступ

Напрямки використання ректифікованого спирту визначають головну вимогу споживачів - високу якість спирту, що передбачає мінімальну кількість домішок, які можуть негативно впливати на якість кінцевої продукції. Оскільки таку продукцію здебільшого вживає людина у вигляді напоїв чи їжі, то основною вимогою є безпечний для здоров'я рівень вмісту домішок у готовому виробі [1, 2].

Доброякісний продукт – продукт, з хорошими органолептичними якостями, нешкідливий для здоров'я, що відповідає всім вимогам державного стандарту.

Процес отримання класичного сусла із сировини, що містить крохмаль, включає низку етапів підготовки зерна та його термічної обробки для гідролізу крохмалю до зброджуваних цукрів. Найчастіше для виробництва спирту використовують зернові культури, зокрема пшеницю, кукурудзу, жито, а також цукровмісні – цукробурякова і тростинна меляса. При переробці зерна його очищають на сепараторах від домішок і максимально подрібнюють за допомогою молоткової дробарки.

Від ступеня подрібнення зерна залежить ефективність перебігу процесу гідролізу крохмалю.

Ключовим етапом підготовки суслу є оцукрення декстринізованої маси за допомогою ферментів, що сприяють утворенню зброджуваних цукрів.

Розщеплення крохмалю відбувається за участі амілолітичних ферментів. До цієї групи належать α -амілаза, β -амілаза, глюкоамілаза та деякі інші ензими. Під час ферментативного гідролізу крохмалю, що складається з амілози та амілопектину, ці сполуки розщеплюються на декстрини (зокрема, амілодекстрини, еритродекстрини та ахродекстрини). У подальшому ці декстрини перетворюються на мальтозу, яка, в свою чергу, розщеплюється до глюкози [3]. Глюкоза слугує поживним середовищем для дріжджів у процесі утворення етилового спирту.

На рис. 1 наведено схему перетворення крохмалю у процесі гідролізу. Спочатку крохмаль перетворюється на декстрини, які в подальшому утворюють мальтозу. Мальтоза розщеплюється до глюкози.

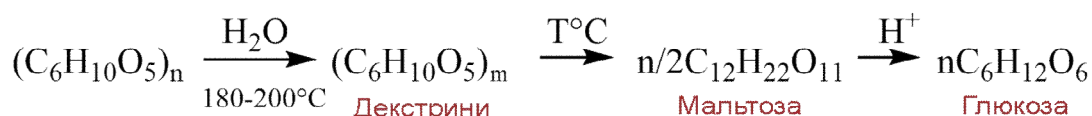


Рис. 1. Хімізм перетворення крохмалю у процесі гідролізу

У процесі оцукрення 75–80 % крохмалю гідролізує до глюкози і мальтози. Подальше розщеплення декстринів залежить від ступеня оцукрення крохмалю, а відтак відбувається у процесі зброджування сусла. Повноту гідролізу переверіємо реакцією з йодом.

Характерною особливістю оцукрення у виробництві спирту є те, що вплив ферментів на складові речовини сировини відбувається на декількох технологічних стадіях, а саме: починаючи зі стадії приготування замісу, термічної обробки термостабільними ферментними препаратами, оцукрення та до моменту зброджування сусла.

Під час анаеробного бродіння дріжджі перетворюють глюкозу на спирт і вуглекислий газ. Окиснювальний етап проходить через гліколіз, у результаті якого утворюється піруват. Під впливом ферменту оксидоредуктази ацетальдегід відновлюється до етанолу [4].

Якість сусла визначається не лише біохімічним складом вихідної сировини, а й особливостями технологічного процесу його виробництва. При використанні традиційних крохмалевмісних культур (таких як пшениця, жито, ячмінь, кукурудза тощо) процес приготування сусла включає кілька ключових етапів: підготовку сировини (подрібнення), термічну обробку для руйнування клітинної структури та утворення гомогенної маси, оцукрення під дією ферментів і подальше зброджування цукрів дріжджами [5, 6].

Для переведення крохмалю в розчинний стан застосовують різні режими термічної обробки [7]. Сучасні методи вдосконалення технології отримання оцукреного сусла орієнтовані на м'які умови підготовки крохмалевмісної сировини до бродіння, що дозволяє уникнути надмірного тиску та температур вище 100 °C. У механіко-ферментативному підході, який використовують у виробництві спирту, ферменти мікробного походження забезпечують оптимальні умови для гідролізу крохмалю за участі α - і глюкоамілаз. Така технологія дозволяє враховувати як особливості сировини, так і специфіку ферментних препаратів, що застосовують [8, 9].

Виробництво етилового спирту із зернової сировини потребує значних витрат енергії та матеріалів, особливо на етапах термоферментативної обробки та брагоректифікації, що спричинює підвищення його собівартості. Тому пошук альтер-

нативної сировини, із високим вмістом крохмалю, для виробництва етилового спирту є актуальною проблемою сьогодення. Згідно з науково-технічною літературою [10, 11], присвяченою розвитку виробництва спирту, помітно зростає інтерес до застосування нетрадиційних видів сировини, зокрема, молочної сироватки, сої, сорго, третікале, топінамбура та інших відходів харчової промисловості. Однією із найпотужніших галузей харчової промисловості України є хлібопекарська галузь.

Хліб є важливою складовою раціону людей у всьому світі. Попри сучасні технології виробництва, зберігання та пакування, значна його частина псується, що призводить до великої кількості харчових відходів. Через невеликий термін зберігання, а відповідно і зміну споживчих характеристик, хліб швидко втрачає свіжість і стає непридатним для споживання. Тому хліб використовують повторно як корм для тварин, для виготовлення фуражного борошна, для виготовлення панірувальних сухарів, для приготування заквасок, як біопаливо. Збором відходів хлібобулочного виробництва займається чимало компаній шляхом укладання угод між підприємствами. Однак, через великий обсяг невикористаного хліба, виробництва зазнають економічних втрат що, як результат, є однією із причин негативного впливу на навколишнє середовище. Тому пошук альтернативних методів застосування невикористаного хліба у харчовій промисловості є актуальною проблемою сьогодення. Через високий вміст вуглеводів (в межах 47,5 г на 100 г продукту) черствий або невикористаний хліб може стати ефективною сировиною для виробництва етилового спирту на крафтових підприємствах.

Особливості структурно-механічного та біохімічного складу зворотних відходів хлібопечення: містять підвищений вміст крохмалю, краща доступність гідролізу, менше некрохмальних полісахаридів, вищий вміст цукрів і високомолекулярних декстринів [12] порівняно з традиційною сировиною. Використання зворотних відходів хлібопечення у виробництві спирту знижує собівартість продукту та підвищує ефективність усього виробничого процесу.

Використання нового виду сировини в будь-якому виробництві вимагає ретельного вивчення процесів, що відбуваються на кожному етапі.

Тому **метою роботи** було дослідження можливості використання зворотних хлібопекарських відходів як сировини для виробництва спирту. Об'єктом був ферментативний процес розщеплення крохмалю у суслі, яке отримане з пшеничного та житнього хліба, який не був реалізований.

Матеріали та методи досліджень

Для дослідження спиртового суслу взято два зразки хліба: пшеничний та житній. Пшеничний хліб – “Батон Заводський” виробник “Полісся-хліб”. Житній хліб – “Дарницький” виробник “Поліссяхліб”. Крохмалистість пшеничного хліба – 53 %, вміст цукрів – 4,8 %. Крохмалистість житнього хліба – 44,2 %, вміст цукрів – 1,2 %. Для досліджень використовували хліб, який відповідав вимогам до якості хлібобулочних виробів ДСТУ 9188:2022.

Обидва зразки хліба наважкою по 5 г було взято на висушування при 105 °С упродовж 3 год у сушильній шафі. Після висушування бюкси охолодили в ексікаторі та визначили вологість кожного зразку. Для цього необхідно було зважити бюкси до та після висушування у сушильній шафі.

Вологість (у %) визначили за такою формулою:

$$x = \frac{(m_1 - m_2)}{m} 100 \%,$$

де m_1 , m_2 – маса бюкса з наважкою до та після висушування, г; m – маса наважки хліба, г.

Визначення вологості проводили за прискореним методом у сушильній шафі [13].

Приготування спиртового суслу та визначення сухих речовин і рН виконували за класичними методами [14]; рН суслу визначали рН метром, а вміст сухих речовин – рефрактометрично. Визначення проводили до термоферментативної обробки (ТФО) та оцукрення. Ці показники є визначальними для порівняння їх з кінцевими та розуміння ефективності етапів обробки суслу. Удосконалена технологія з відходами хлібопекарського виробництва передбачає подрібнення сировини та приготування замісу при 60 °С. Забезпечення однорідності замісу та запобігання утворенню грудок досягають гомогенізацією крупки та гарячої води до їх надходження у змішувач. Для цього використовували дисмембратор. Більш ефективне застосування проточних диспергаторів різних типів, зокрема ротаційно-пульсаційних

апаратів, різних кавітаційних пристроїв та віброкавітаційних млинів. Вони забезпечують подрібнення, гомогенізацію та перекачування замісу.

Для приготування спиртового суслу застосовували класичний метод з ТФО та оцукренням. Гідромодуль приготування суслу 1,0:4,5. На аналіз взято 100 г кожного зразка хліба та 450 мл гарячої води (60 °С), ретельно перемішували дисмембратором. Після настоювання суслу 40 хв визначили вміст сухих речовин в обох зразках та рН.

Основною метою термоферментативної обробки замісів є підготовка крохмалю до подальшого етапу оцукрювання. При цьому відбуваються різні фізико-хімічні, хімічні процеси, такі як клейстеризація крохмалю, гідроліз, коагуляція білків тощо.

ТФО проводили за низькотемпературним режимом, адже він має низку переваг над високотемпературними: суттєве зниження витрати пари, зменшення енергетичних витрат на 50 %, збільшення виходу спирту орієнтовно на 10 %, покращення якості спирту, зменшення витрати праці. До того ж, для кращого гідролізу додали розріджуючий ферментний препарат, що додатково зменшує в'язкість замісу. До обох зразків суслу додали розріджуючий ФП Sternzym STAR 28062 L та термостатували при температурі 80 °С протягом 2 год. Після термоферментативної обробки визначили вміст сухих речовин та рН у зразках суслу.

Мета оцукрення декстринізованої маси – гідроліз крохмалю за участю ферменту глюкоамілази з утворенням зброджуваних цукрів. Унаслідок оцукрення розвареної маси отримують напівпродукт – сусло спиртового виробництва. До обох зразків суслу після його охолодження до 50 °С додали оцукрюючий ФП Spritase GA 26400 L та термостатували при температурі 58 °С протягом 30 хв. Після оцукрення суслу визначили вміст сухих речовин та рН обох зразків. Для якісного аналізу повноти гідролізу крохмалю проводили й одну пробу.

ФП Sternzym STAR 28062 L – термостабільна α -амілаза, вироблена штамом *Pseudomonas ssp. Sternzym STAR 28062 L* є ендоемлазою, яка самостійно гідролізує α - 1,4-глікозидні зв'язки в молекулі полісахариду. Перевага Sternzym STAR 28062 L полягає в тому, що розрідження може проводитись в температурному діапазоні від 80 до 95 °С. Оптимальний діапазон

pH – 5,5–7,0. Середнє значення питомої ваги – 1,15 г/см³, активність – 7000 од. АС/см³.

ФП Spritase GA 26400 L – концентрована глюкоамілаза (α -1,4- Glucan glucosylhydrolase), отримана із *Aspergillus niger*. Активність Spritase GA 26400L збільшується при підвищенні температури і досягає максимального значення в діапазоні температур 30–60 °С. При підвищенні температури до 65 °С активність зменшується. Оптимальний діапазон pH – 3,5–5,5. Середнє значення питомої ваги – 1,12 г/см³, активність – 17000 од. ГЛС/см³.

Результати досліджень та їх обговорення

За хімічним складом хліб містить білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини, клітковину і воду. Особливістю хліба є оптимальне співвідношення білків і вуглеводів (1:6), що забезпечує гармонійне засвоєння поживних речовин організмом. Вітаміни групи В, наявні в хлібі, підтримують нервову систему, шкіру та інші функції тіла. Макро- та мікроелементи, такі як кальцій, фосфор, залізо, зміцнюють кістки, зуби, нігті та підтримують оптимальний рівень гемоглобіну в крові.

Пшеничний хліб багатий на білки, зокрема, амінокислоти метіонін і лізин, які необхідні для відновлення клітин і тканин. Крім того, він містить ніацин (вітамін РР), що сприяє роботі серцево-судинної системи, та тіамін (вітамін В1), корисний для нервової системи, боротьби зі стресом і депресією. Вітамін В2 (рибофлавін), що також входить до складу, сприяє збереженню еластичності шкіри. Вуглеводи, наявні у пшеничному хлібі, забезпечують тривале відчуття ситості та необхідну енергію.

Житній хліб відрізняється більшим вмістом клітковини, яка нормалізує травлення, і меншою кількістю цукрів, що робить його кращим вибором для дієтичного харчування. Водночас він має вищу вологість, через що швидше псується.

Аналіз порівняльних даних показує (табл. 1), що пшеничний хліб має вищий вміст білків (на 2,4 %), крохмалю (на 8,8 %) і цукрів (на 3,6 %). Його калорійність також перевищує житній хліб. Житній хліб містить більше жирів (на 0,3 %) та вологи, що може бути як перевагою, так і недоліком залежно від умов зберігання та застосування.

Таблиця 1

Фізико-хімічні характеристики зразків хліба

Назва показника	Пшеничний хліб	Житній хліб
Білки, %	8,3	5,9
Жири, %	0,8	1,1
Крохмалистість, %	53,0	44,2
Калорійність, ккал/100 г	255,0	217,0
Вміст цукрів, %	4,8	1,2
Вологість до висушування, %	36,0	42,0
Вологість після висушування, %	9,5	14,9

Для виробництва спиртового суслу основними показниками сировини є крохмалистість, вміст зброджуваних цукрів і вологість сировини. Пшеничний хліб завдяки високій крохмалистості і вмісту цукрів є ефективною сировиною для отримання спирту. Наявність вуглеводів, які здатні активно зброджуватись дріжджами, є бажаним процесом. Високий вміст сухих речовин у пшеничному хлібі дозволяє зменшити витрати сировини і підвищити вихід спирту, що сприятливо впливає на економічну ефективність виробництва.

Житній хліб менш придатний для виробництва спирту через нижчий вміст зброджуваних цукрів і більшу вологість, яка може сприяти псуванню сировини. Висока вологість житнього хліба також збільшує ризик зараження мікроорганізмами, що ускладнює зберігання та переробку. Саме тому пшеничний хліб є більш придатним для промислового використання.

Для визначення вологості хліба провели висушування за класичною методикою і розрахували її за формулою.

Таблиця 2

Показники якості житнього та пшеничного хліба

Склад хліба	Житній хліб, %	Пшеничний хліб, %
Сухі речовини:		
зброджувані	44,2	53,0
незброджувані	40,9	37,5
Разом сухих речовин	85,1	90,5
Вода	14,9	9,5
Разом	100,0	100,0

У табл. 2 наведено склад житнього та пшеничного хліба. Важливими показниками є вміст сухих речовин, а конкретно зброджуваних, адже саме вони будуть брати участь у процесі бродіння та утворення спирту. Пшеничний хліб за вмістом сухих речовин переважає житній на 5,4 %, а зброджуваних – на 8,8 %.

Житній хліб містить більше вологи, ніж пшеничний, перевищуючи його за цим показником на 5,4 %. Висока вологість продукту підвищує ризик утворення плісняви та розмноження бактерій, що робить пшеничний хліб більш вигідним для зберігання. До того ж, пшеничний хліб завдяки своєму складу є ефективнішим для виробництва спиртового суслу.

Вологість є важливим критерієм для оцінки якості сировини, адже вона впливає на процеси, які відбуваються при зберіганні хліба. У процесі приймання, зберігання та переробки враховують фізичні, фізіологічні властивості сировини та супутні процеси. Такі фізіологічні процеси виникають через активність мікроорганізмів, а контакт із повітрям і вологою викликає біохімічні, фізичні та фізико-хімічні зміни. Ці процеси можуть бути зворотними (синтез і розклад) або незворотними (дихання).

Вологість сировини значною мірою залежить від рівня вологості повітря. Наприклад, для хліба критичними є показники до 25 % і понад 80 %. Чим більша вологість, тим більша ймовірність зараження продукту пліснявою та бактеріями. Тому рекомендується зберігати хліб у підсушеному стані, що значно подовжує термін його придатності.

Для забезпечення стабільної роботи підприємства необхідно мати запас сировини на 3–5 місяців і дотримуватися умов її зберігання. Хліб транспортують автомобільним транспортом, при цьому вологість хлібопекарських відходів не повинна перевищувати 12 %.

Загалом житній хліб корисніший для здоров'я завдяки вищому вмісту клітковини, вітамінів і низькому вмісту цукрів. Водночас пшеничний хліб перевершує житній за поживністю та ефективністю використання у виробництві спирту. Завдяки нижчій вологості пшеничний хліб краще зберігається і є вигідним для промислового застосування.

Наступним етапом дослідження було приготування суслу і визначення його рН та вмісту сухих речовин до термоферментативної обробки та оцукрення. Ці показники є визначальними для порівняння їх з кінцевими та розуміння ефективності етапів обробки суслу. Для досліджень використовували два ферментні препарати: перший на основі α -амілази (Sternzym STAR 28062 L), а другий – глюкоамілази (Spritase GA 26400L). Перший ФП із бактеріальною α -амілазою додавали на етапі термоферментативної обробки замісу для пришвидшення та більшої повноти гідролізу крохмалю.

Другий ФП з глюкоамілазою вносили на етапі оцукрення для отримання зброджуваних цукрів з крохмалю.

Отже, під дією ферментних препаратів у суслі крохмаль зазнає послідовних перетворень з утворенням проміжних простіших моносахаридів, які в подальшому легко споживаються дріжджами при бродінні. Чим більше зброджуваних цукрів буде у суслі, тим вищий вихід бражки і спирту буде в кінцевому етапі. Після термоферментативної обробки визначили вміст сухих речовин та рН у зразках суслу.

На рис. 2 наведено залежність вмісту сухих речовин суслу з пшеничного та житнього хліба до та після його термоферментативної обробки. Вміст сухих речовин до обробки замісу визначали рефрактометрично, є однаковим і становить 2,5 %. Далі після термоферментативної обробки при

90 °C і з ферментним препаратом розріджуючої дії маємо вищий вміст сухих речовин, ніж у початковому суслі, в обох зразках внаслідок часткового гідролізу крохмалю, а також гідролізу білків, кислот та жирів. Після ТФО спостерігається зростання вмісту сухих речовин у пшеничному суслі, який становить 5,1 % порівняно з 4,8 % для житнього зразка. Після оцукрення вміст сухих речовин у суслі з пшеничного хліба збільшився на 7,9 % і становить відповідно 13 %, що на 0,8 % є вищим порівняно із зразком житнього хліба.

У табл. 3 наведено зміну рН суслу залежно від етапу його приготування – термоферментативної обробки та оцукрення під дією ферментних препаратів. У процесі ТФО та оцукрення відбувається гідроліз сухих речовин замісу, зокрема крохмалю. Наприклад, декстриназа гідролізує кар-

топляний крохмаль з утворенням ортофосфатної кислоти.

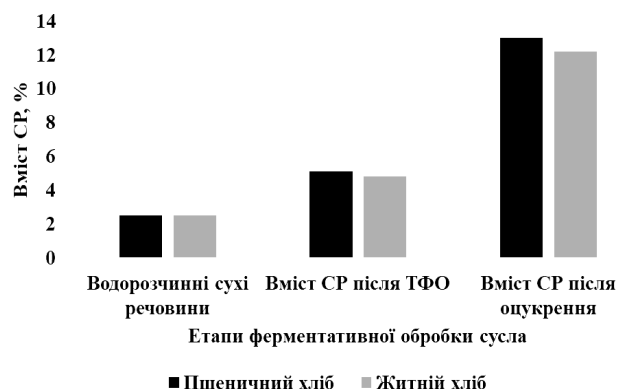


Рис. 2. Залежність вмісту сухих речовин від етапу термоферментативної обробки суслу

Таблиця 3

рН суслу зі зразків хліба після ТФО та оцукрення

Показники	Пшеничний хліб	Житній хліб
рН суслу	6,25	4,82
рН суслу після ТФО	5,85	4,80
рН суслу після оцукрення	5,60	4,70

Отже, після термоферментативної обробки замісу та процесу оцукрення спостерігається зниження рН суслу, що зумовлено зростанням вмісту кислот та сполук кислого характеру. Аналізуючи обидва етапи, встановлено, що після оцукрення рН суслу є нижчим в обох зразках хліба. При порівнянні різних видів хліба з'ясовано, що сусло з пшеничного хліба має вищий рН (меншу кислотність), тоді як сусло з житнього хліба демонструє більш кислу реакцію: після ТФО на 1,05 рН нижче, а після оцукрення – на 0,9 рН. Вищу кислотність суслу з житнього хліба пояснює спосіб його приготування, оскільки воно випікається на заквасках із молочнокислими бактеріями, що в процесі бродіння продукують молочну кислоту.

У ході приготування спиртового суслу відбуваються фізико-хімічні та хімічні перетворення, що впливають на склад сухих речовин суслу внаслідок гідролізу полімерів. Отже, після ТФО та оцукрення спостерігається підвищений вміст сухих речовин, що пояснюють реакціями гідролізу. Дослідження різних зразків хліба також виявило відмінності у вмісті сухих речовин: у житньому хлібі він відрізняється від пшеничного

на 0,3 % під час ТФО та на 0,8 % після оцукрення. Це пов'язано, передусім, із більшою крохмалистістю пшеничного хліба, що забезпечує більшу кількість зброджуваних цукрів. Порівнюючи два етапи обробки, встановлено, що після оцукрення вміст сухих речовин у суслі з пшеничного хліба зріс на 7,9 %, а в суслі з житнього хліба – на 7,4 %. Різниця між двома видами хліба зумовлена вмістом у білому хлібі цукрів та загалом високою крохмалистістю зразка.

При дослідженні дії ферментних препаратів на сусло простежено ефективність впливу термоферментативної обробки та оцукрення на заміс із пшеничного хліба і його відходів. Різниця між початковим та кінцевим значенням вмісту сухих речовин становить 10,5 %, а рН – 0,65.

Висновки

Досліджено склад та фізико-хімічні характеристики нетрадиційної сировини для виробництва спирту, зокрема житнього та пшеничного хліба, що не був реалізований. Встановлено, що застосування ФП Sternzym STAR 28062 L при обробці суслу позитивно впливає на вміст сухих

речовин, особливо у випадку використання пшеничного хліба. Показано, що використання ФП Spritase GA 26400 L для оцукрення пшеничного суслу дозволяє збільшити вміст сухих речовин на 7,9 % і становить відповідно 13 %, що на 0,8 % є вищим порівняно із житнім суслom. Встановлено зменшення рН суслу після термоферментативної обробки замісу та оцукрення для обох зразків хліба. Доведено, що для приготування спиртового суслу з відходів хлібопекарського виробництва доцільніше використовувати пшеничний хліб, адже таким чином буде досягнуто максимальний вихід бражки та спирту, що дозволяє зменшити витрати енергоносіїв.

References

1. Babych, I. M., Boiko, P. M., & Bondar, M. V. (2021). Tekhnolohichni ta ekonomichni aspekty vyrobnytstva spyrtu etylovoho riznogo tsilovoho pryznachennia. *Naukovi pratsi ONAKhT*, 85(2), 77–83. [in Ukrainian]
2. Rimareva, L. V., Overchenko, M. B., Ignatova, N. I., Kadieva, A. T., & Shelekhova, T. M. (2002). Technological aspects of receiving of high quality spirits. *Production of Alcohol and Alcoholic Beverages*, (3), 16–19.
3. Zhulkov, A. Yu., Krikunova, L. N., & Karpilenko, G. P. (2009). Method for assessing the starch dissolution degree in the saccharified wort preparation. *Production of Alcohol and Alcoholic Beverages*, (1), 12–14.
4. Marynchenko, V. O., Domaretskyi, V. A., Shyian, P. L., et al. (2003). *Tekhnolohiia spyrtu* (V. O. Marynchenko, Ed.). Vinnytsia: Podillia-2000. [in Ukrainian]
5. Balcerak, M., Pielech-Przybylska, K., Dziekońska-Kubczak, U., Patelski, P., & Strak, E. (2016). Fermentation results and chemical composition of agricultural distillates obtained from rye and barley grains and the corresponding malts as a source of amylolytic enzymes and starch. *Molecules*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/molecules21101341>
6. Yamashev, T. A., Romanova, N. K., Simonova, N. N., & Reshetnik, O. A. (2010). Method for the ethyl alcohol from starch-containing raw materials production. *Patent RU2378381*.
7. Aredes, R., Peixoto, F., Sphaier, L., Silva, V., Duarte, L., & Marques, F. (2025). Analysis of sugar distributions in barley wort saccharification via capillary electrophoresis. *ACS Food Science & Technology*, 5(2).
8. Ustinova, A. S., Meledina, T. V., Barakova, N. V., Nachetova, M. A., & Gomes, S. (2015). Impact of saccharification method on barley mash fermentation parameters and quality of fermented mash. *Journal of International Academy of Refrigeration*, (3), 3–8.
9. Blishch, R. O., Ludyn, A. M., Melnyk, S. R., & Marynchenko, V. O. (2003). Vplyv kavitatsii na aktyvnist fermentnykh preparativ spyrtovoho vyrobnytstva. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"*, (488), 140–143. [in Ukrainian]
10. Ukrainets, A. R. (2013). Spyrtova haluz na shliakhu do innovatsiinoho rozvytku. *Kharchova i pererobna promyslovist*, (7), 35–47. [in Ukrainian]
11. Melnychuk, O. I. (2012). Problemy ta perspektyvy rozvytku spyrtovoi haluzi Ukrainy v konteksti vyrobnytstva biopalava. *Ekonomika i derzhava*, (2), 15–21. [in Ukrainian]
12. Junior, M., de Oliveira, J. E., Batistote, M., & Ernandes, J. R. (2012). Evaluation of Brazilian ethanol production yeasts for maltose fermentation in media containing structurally complex nitrogen sources. *Journal of the Institute of Brewing*, 118(1), 82–88.
13. Kosiv, R. B., Palianytsia, L. Ia., & Berezovska, N. I. (2019). *Tekhnokhimichni kontrol spyrtovoho vyrobnytstva. Metodichni vказivky ta instruktzii do laboratornykh robot z dystsypliny "Tekhnolohii produktiv brodinnia"*. Lviv: Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". [in Ukrainian]
14. Khatsevykh, O. M., & Skladaniuk, M. B. (2019). *Khimiia ta analiz kharchovykh produktiv: Laboratornyi praktykum*. Ivano-Frankivsk: Vyd. Suprun V. P. [in Ukrainian]

L. I. Shevchuk¹, O. M. Nahurska¹, I. Z. Koval²

Lviv Polytechnic National University,

¹ Department of Organic Products Technology,

² Department of Physical, Analytical and General Chemistry

UNTRADITIONAL RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF ALCOHOL

The physicochemical characteristics of wheat and rye bread samples are presented. It was found that wheat bread contains 8.8 % more fermentable dry matter than rye bread. It is shown that alcohol wort obtained from bakery waste using amylolytic enzymes can serve as an alternative raw material for alcohol production. The effectiveness of using wort from wheat bread waste is proven due to the increase in dry matter content after saccharification of the wort by 10.5 % and changes in pH, compared to the rye sample.

Keywords: alcohol wort, waste, wheat bread, rye bread, dry matter, pH value.