

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва солоду з
пивоварного сорго**

Виконала: здобувачка вищої освіти 4курсу,
групи ХТ-1-20 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності
181 «Харчові технології»

_____ Юлія КІЧІГІНА

Керівник: _____ Олена КОВАЛЬОВА

Рецензент: _____ Олег ЧЕРЕВКО

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»
Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«06» травня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Кічігіній Юлії Сергіївні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва солоду з пивоварного сорго».
Керівник роботи: Ковальова Олена Сергіївна, кандидатка технічних наук, доцентка, затверджені наказом закладу вищої освіти від «06» травня 2024 року № 983.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 07 червня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва солоду із пивоварного сорго. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Огляд літератури. 2 Матеріали і методи дослідження. 3 Результати і обговорення. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Постановка проблеми. 2 Мета і завдання досліджень. 3 Об'єкт досліджень.
4 Обговорення результатів досліджень. 5 Охорона праці та довкілля. 6 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Доцентка Олена КОВАЛЬОВА	06.05.24	07.06.24

7. Дата видачі завдання 06 травня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	06.05-08.05.24	виконано
2	Огляд літератури	09.05-12.05.24	виконано
3	Матеріали і методи дослідження	13.05-15.05.24	виконано
4	Результати і обговорення	16.05-31.05.24	виконано
5	Охорона праці та довкілля	01.06-02.06.24	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.24	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.24	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-07.06.24	виконано

Здобувачка вищої освіти _____ **Юлія КІЧІГІНА**
(підпис)

Керівник роботи _____ **Олена КОВАЛЬОВА**
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 69 сторінок друкованого тексту, 5 рисунків та ілюстрацій, 26 таблиць та використано 29 літературних джерел посилань.

Мета цього дослідження полягає у визначенні параметрів солодощення зерна сорго *Sorghum rubra* і встановленні можливості використання його для заміни частини ячмінного солоду під час виробництва пива.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва солоду з пивоварного зерна сорго.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників вирощування сорго з якісними показниками отриманого продукту.

Спектр застосовуваних зернових культур в європейському і в українському пивоварінні достатньо широкий, однак до останніх років сорго не входило до їх числа. Інтерес до сорго як сировини пивоварного виробництва з'явився насамперед у африканських країн як за економічних і законодавчих причин, так і через поширеність та доступність зерна сорго у цьому регіоні. Однак останні роки все більше досліджень застосування сорго в пивоварінні проводився і в розвинених європейських країнах. Актуальною ця проблема може опинитися і для України, у південних регіонах якої сорго культивується досить інтенсивно, хоча використовується, як правило, не у виробництві пива. Тим не менш, наявність налагодженої технології застосування зерна або солоду сорго, доказів збереження якості, особливо органолептичних якостей та економічної ефективності може стати привабливим для багатьох українських пивоварів.

Ключові слова: НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ, СОРГО, ФЕРМЕНТОВАНИЙ, НЕФЕРМЕНТОВАНИЙ, СОЛОДОЩЕННЯ, ПРОРОЩУВАННЯ, ПИВОВАРІННЯ, ЗЕРНО.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	10
1.1 Використання сорго в пивоварінні	10
1.2 Характеристики зерна і солоду сорго – переваги і недоліки при використанні в якості сировини пивоварних виробництв	15
1.3 Параметри пророщування, підвищують якість солоду сорго	23
Висновки за розділом	27
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	28
2.1 Методи пророщування зерна	28
2.1.1 Метод пророщування зерна при кімнатній температурі	28
2.1.2 Метод отримання «аеробного» солоду сорго	28
2.1.3 Метод отримання «анаеробного» солоду сорго	28
2.2 Метод висушування свіжопророслого солоду	28
2.2.1 Висушування при постійній температурі	28
2.2.2 Висушування при температурі, що змінюється	29
Висновки за розділом	29
3 РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ	30
3.1 Вивчення можливості застосування солоду сорго (сорту <i>Sorghum rubra</i>) при виробництві пива	30
3.1.1 Характеристики сорго сорту <i>Sorghum rubra</i>	30
3.2 Пророщування зерна сорго	31
3.3 Оптимізація умов замочування сорго	32
3.4 Вплив дозування дезінфектанту (KMnO_4) на результати пророщування зерна сорго	33
3.5 Визначення оптимальної тривалості пророщування зерна сорго	34
3.6 Одержання солоду сорго з використанням інгібітора зростання	36
3.7 Отримання «аеробного» і «анаеробного» солодів сорго та їх застосування при виробництві пива	37

3.8 Технологічні характеристики «аеробного» та «анаеробного» солодів сорго	37
3.8.1 Визначення амілолітичної активності солодів сорго і ячменю	37
3.8.2 Визначення оцукреної активності (ОА) «аеробних» і «анаеробних» солодів сорго і ячменю	38
3.8.3 Визначення протеолітичної активності (ПА) «аеробних» і «анаеробних» солодів сорго і ячменю	39
3.9 Пуллулазна активність солодів сорго і інших зернових культур	39
3.9.1 Визначення пуллулазнальної активності сорго і солоду сорго	39
3.9.2 Визначення пуллулазнальної активності ячменю і ячмінного солоду	42
3.9.3 Визначення пуллулазнальної активності «анаеробного» і «аеробного» солодів сорго і ячменю	43
3.10 Фактори, що впливають на пуллулазна активність «анаеробного» солоду сорго	44
3.10.1 Визначення вплив температури на пуллулазна активність «анаеробного» солоду сорго	44
3.10.2 Визначення рН оптимуму пуллулазани з «анаеробного» і «аеробного» солодів сорго	47
3.10.3 Визначення активності пуллулазани «анаеробного» солоду сорго після інактивації α -амілази	49
3.10.4 Вплив різних параметрів пророщування сорго та інших зернових культур на пуллулазна активність	51
Висновки за розділом	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	58
4.1 Розробка картки з охорони праці	58
4.2 Охорона праці у разі пожежі на робочому місці	59
Висновки за розділом	59
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	60
5.1 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	60
5.2 Розрахунок вартості дослідження	63

Висновки за розділом	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	65
БІБЛІОГРАФІЯ	67

ВСТУП

Актуальність проблеми. У сучасних економічних умовах виробництва пива в будь-якій країні поставлено перед необхідністю вирішувати завдання розширення асортименту своєї продукції та зниження її собівартості, при цьому забезпечувати збереження якісних характеристик напою на конкурентоспроможному рівні. Домогтися поставленої мети можна за рахунок цілого ряду технологічних прийомів, одним з яких є використання у процесі виробництва нетрадиційних видів сировини, в тому числі і зернової.

Спектр застосовуваних зернових культур в європейському і в українському пивоварінні достатньо широкий, однак до останніх років сорго не входило до їх числа. Інтерес до сорго як сировини пивоварного виробництва з'явився насамперед у африканських країн як за економічних і законодавчих причин, так і через поширеність та доступність зерна сорго у цьому регіоні. Однак останні роки все більше досліджень застосування сорго в пивоварінні проводився і в розвинених європейських країнах. Актуальною ця проблема може опинитися і для України, у південних регіонах якої сорго культивується досить інтенсивно, хоча використовується, як правило, не у виробництві пива. Тим не менш, наявність налагодженої технології застосування зерна або солоду сорго, доказів збереження якості, особливо органолептичних якостей та економічної ефективності може стати привабливим для багатьох українських пивоварів.

Аналіз літературних даних свідчить про відсутність нині усталених поглядів на параметри пророщування сорго, що забезпечують отримання солоду цієї зернової культури, за основними пивоварними характеристиками відповідно ячмінному.

У зв'язку з цим розробка технології отримання пива з використанням сорго є актуальною.

Основною метою є – встановлення параметрів солододорощення зерна сорго *Sorghum rubra* і встановленні можливості використання його для заміни частини ячмінного солоду під час виробництва пива.

Робота передбачала рішення наступних завдань:

- вивчення основних пивоварних характеристик зерна і солоду сорго сорту *Sorghum rubra* і можливість його застосування в виробництві пива;
- визначення властивостей солодів сорго, у тому числі, активності ферментів, накопичення яких у солоді сорго робить його застосування економічно та технологічно доцільним;
- розробка способів отримання різних типів солоду сорго, що забезпечують його найкращі якісні характеристики;
- встановлення допустимих кількостей зерна та солоду сорго, при застосуванні яких не погіршуються властивості напоїв бродіння.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва солоду з пивоварного зерна сорго.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників вирощування сорго з якісними показниками отриманого продукту.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Використання сорго в пивоварінні

Сорго як зернова культура налічує велику кількість сортів та різновидів, що відрізняються за своєю морфологічною будовою та хімічним складом, районів зростання. У 2022 році у світі було вироблено 65 мільйонів тон сорго, що становило 11 – 12 % від збору основних зернових культур – кукурудзи, пшениці і рису [22]. Сорго є однією з культур, що найбільш широко культивуються в світі та використовується для отримання крохмалю, у харчових, кормових та інших цілях. В Африці та Індії сорго являє собою основний харчовий ресурс. У багатьох країнах Африки з сорго, просо, кукурудзи, пшениці і борошністого коренеплоду касави спонтанним бродінням (яке викликають переважно дріжджі та молочнокислі бактерії) традиційно отримують домашнє світле пиво (наприклад, «чибуки» і «піто»), зазвичай каламутне, щільне і насичене вуглекислотою; мікроби, що містяться в ньому, залишаються життєздатними і активними аж до споживання напою. У ПАР розроблений промисловий спосіб виробництва таких напоїв, що потребував цілого набору заходів, включав виділення, ідентифікацію і генетичну модифікацію мікроорганізмів, а також ретельний підбір параметрів проведення технологічних процесів та складу зброджуваних середовищ [22].

До кінця 2010 дослідження сорго велося значно менш інтенсивніше, ніж щодо інших зернових культур. Однак останнє десятиліття в тропічних країнах, де ячмінь не зростає через кліматичні умови, різні види сорго використовуються для виробництва сортів пива європейського типу. Особливо інтенсивно подібні технології розробляються в Нігерії, де з економічних міркувань імпорт ячменю і ячмінного солоду був заборонений. Перша виявлена нами у літературі згадка присвячена застосуванню 30 % добавки зерна сорго, обробленого екструзією [18]. Велику увагу приділяється вивченню морфології (зовнішніх структур, зародка, алейронового шару та ендосперму) і властивостей зерна сорго, включаючи біохімію проростання, і зіставлення з іншими культурами (ячменем, пшеницею,

тритикале), встановлення активності різних технологічно важливих ферментів, відпрацювання параметрів його застосування, підтримці заданих властивостей готового пива, а також використання поряд з сорго інших видів зерна, наприклад кукурудзи [11].

Так, проведена порівняльна характеристика чотирьох різновидів пива, зварених з застосуванням 15 % несолодженої сировини і 10 % цукрози або 25 % несолодженої сировини. Несолодженою сировиною була кукурудзяна крупка чи облущене зерно сорго; контролем було пиво зі 100 % ячмінного солоду. Показано, що обидва варіанти з кукурудзою та варіант з 25 % сорго давали сусла з більш високим вмістом ізокомпонентів, ніж у четвертому дослідному варіанті, з якого виходило світліше сусло і пиво. Варіант з 25 % сорго вимагав більше тривалого оцукрювання, фільтрування сусла та пива, сусло мало темніший колір, а пиво – злегка гіркий післясмак. Тим не менш, всі чотири варіанти були оцінені як прийнятні.

Ведуться роботи по виведення нових сортів сорго, найкращим чином придатних для виробництва пива. У Зімбабве розроблено так звана «контрактна схема» виробництва сорго пивоварного призначення, при якій технологи заздалегідь встановлюють основні характеристики зерна наступного врожаю, і воно приймається тільки в випадку повної відповідності цим критеріям. Розглядаються проблеми, пов'язані з раціональною утилізацією відходів пивоварного виробництва з використанням зерна сорго в якості несолодової добавки.

По оцінкам деяких спеціалістів, пиво, вироблене з сорго при оптимізації окремих технологічних стадій, не поступається класичному, отриманому із ячмінного солоду. Щоправда, частіше якість такого пива характеризується терміном «мінімально прийнятне». Необхідно відзначити, що ці дослідження ведуться не тільки африканськими і індійськими вченими, але і в Європі, а зокрема в Німеччині, Бельгії, Великобританії. Було повідомлено про розробку групою співробітників університету в Бірмінгемі технології виробництва різних типів пива (лагер та ель) зі 100 % несолодженого зерна сорго з використанням

ферментів. Також у роботах склад затору, включає 70 % солоду сорго і 30 % ячмінного солоду, визнається стандартним, та інноваційними вважаються розробки, такі як, застосування для зброджування рас дріжджів *Saccharomyces*, виділених з пальмового вина [4]. Оpubліковано статтю, присвячену технології виробництва з солоду сорго стаута (темного елю). Описано спосіб обсмажування солоду сорго протягом 4 годин при 200 °С, а також використання замість хмелю африканської рослини *Vermonia amygdalina* (гірколист). У затор, що складається з 80 % «світлого» та 20 % обсмаженого солоду сорго, після затирання додавали 18 % цукру. «Охмелення» проводили екстрактом гірколисту (для отримання якого сік рослини витягували гідравлічним пресом, кип'ятили 30 хв для концентрування) 30 г на 250 г засипу або сухим препаратом (який отримували, висушуючи твердий залишок, відпресований після екстракції, протягом 1 год при 60°C) – 2 г на 250 г засипу. Після головного бродіння молоде пиво фарбували і ароматизували додаванням 17 % карамелі. У статті стверджується, що на вигляд, смак, аромат і склад отриманого напою відповідав комерційному стауту, отриманому з ячмінного солоду, і по смаковій панелі був визнаний прийнятним регулярними споживачами стаутів.

Для заміни хмелю запропоновано також використовувати тропічну рослину *Garcinia kola*. Тонкошарова хроматографія продемонструвала, що насіння цієї рослини містить значні кількості органічних кислот, схожих або повністю ідентичних α -кислот хмелю. Порівняння варіантів, один з яких був отриманий із застосуванням хмелю, а інший – *Garcinia kola*, по смаковій панелі показало практично повну ідентичність за винятком того, що варіант із заміном був більшим гірким з рештою гірким післясмаком. Крім того, перевірялися антисептичні властивості *Garcinia kola*. Для цього екстракти обох рослин додали до культур двох шкідників, що часто зустрічаються у виробництві пива – дріжджам *Candida vini* та бактеріям *Lactobacillus delbruckii*. Обидва екстракти пригнічували розвиток мікроорганізмів в рівному ступені. Таким чином, показано можливість отримання лагерного пива європейського типу з використанням *Garcinia kola* замість хмелю.

Дослідження 17 сортів з білими і жовтими оболонками і 5 з коричневими показало 2 – 3-кратні відмінності у твердості, крихкості та вміст загального азоту. Автори стверджують, що для білого та жовтого сорго можна передбачити якість сорго за деякими характеристиками непророщеного зерна. Це твердження повторюється і в іншій роботі тієї ж групи дослідників [18]. Для коричневих різновидів такої кореляції не спостерігалось.

Ще більше досліджень присвячено отриманню солоду сорго та його застосування при виробництві пива замість ячмінного солоду. Проаналізовано значну кількість сортів та різновидів цієї зернової культури, районованих у кількох країнах Африки з точки зору їх придатності для вирощування солоду та пивоваріння. Загальні рекомендації по пророщуванню сорго, що найбільш часто зустрічаються:

- замочування при 20 °С протягом 24 год;
- пророщування при 25 – 30 °С протягом 5 – 6 діб;
- сушка при 50 – 60 °С протягом 24 годин.

Інформація, наявна в літературних джерелах щодо способів і параметрів затирання, значно варіюється, а іноді суперечлива. Так, в одній із робіт [14] стверджується, що характеристики сусел, отриманих з 100 % солоду сорго настійним і тривідварювальним способом практично ідентичні, за винятком дещо більшої при настійному способі концентрації вільних амінокислот. З нашої точки зору, відсутність впливу способу затирання на параметри сусла малоімовірна.

Відомо, що вихід екстракту при переробці солоду сорго стандартним для ячмінного солоду знижується, проте ця проблема може бути вирішена застосуванням наступної схеми затирання: 30 хв при 50 °С, декантація багатой ферментами надосадової рідини, нагрівання густої частини затору при 90 °С до клейстеризації крохмалю, охолодження до 60 °С, повернення рідкої частини затору та витримка при 60 °С протягом 90 хв до повного оцукрювання.

Для затирання суміші 80 % зерна сорго і 20 % солоду сорго або ячмінного солоду була запропонована наступна схема: несолоджене зерно для клейстеризації крохмалю витримували 40 хв при 100 °С в присутності

термостабільної α -амілази, потім змішували з солодовим затором, встановлюючи температуру суміші на рівні 50 °С. Паузи проводили при 55 °С – 15 хв, при 65 °С – 30 хв, при 72 °С – 20 хв. Таким чином, загальна тривалість затирання склала 167 хв. Показано, що затирання без використання ферментів призводило до незадовільно низьких значень основних технологічних показників: щільності сусла, «екстракту гарячої води», обсягу сусла і особливо концентрації в суслі амінного азоту та азоту високомолекулярних сполук. При цьому сусло, отримане з використанням 20 % ячмінного солоду, було значно гірше, ніж сусло з 20 % сорго по всім показникам, крім обсягу сусла і його питомої щільності. І в тому, і в іншому випадку, застосування при затиранні оптимальних дозувань ферментних препаратів «Proteinase», «Neutrase», «Filtrase», «Promalt» або сумішей деяких з них з препаратами «Scintellase», «Amylo», «DP289» або «Biofase» дозволило значно покращити всі перелічені показники, довівши їх до рівнів, прийнятних для пивоваріння.

З наведеними точками зору не згоден Дж. Тейлор, Котрий стверджує, що крохмаль солоду сорго має температуру клейстеризації між 65 і 68 °С, тому температура мальтавної паузи 55 – 60 °С – занадто низька. Проведення паузи за такої температури приведе не тільки до неповного оцукрюванню крохмалю солоду сорго, але і до збереження в суслі суспензованих вуглеводневих частинок, здатних переходити в пиво та викликати його опалесценцію. Діапазон температур 65 – 70 °С забезпечує більший вихід екстракту, значну частину якого складають декстрини, але не збільшує вміст зброджуваних цукрів, причиною чого є порівняно (з ячмінним солодом) низька активність β -амілази. Ця обставина може бути використана для отримання слабоалкогольного пива. При виробництві звичайного пива найкращі результати були отримані при реалізації тривідварювального способу затирання.

1.2 Характеристики зерна і солоду сорго – переваги і недоліки при використанні в якості сировини пивоварних виробництв

Незважаючи на численні твердження про можливості заміни ячмінного солоду як солодженим, так і несолодженим сорго, більшість їх авторів вказує на суттєві відмінності властивостей та характеристик цієї зернової культури від пророщеного і непророщеного ячменю, так само як і від інших традиційно використовуваних в пивоваріння зернових культур, причому багато з цих відмінностей ускладнюють застосування сорго. У таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльні характеристики деяких зернових культур, що використовують в пивоварінні

Зернова культура	Крохмаль		Білки, %	Ліпіди, %	β-глюкан, %
	%	t клейстеризації, °C			
Ячмінь	65	61 – 62	10	3,5	3,0 – 4,5
Кукурудза	70	70 – 75	11	5,0	<0,5
Сорго	65	70 – 75	10	3,5	<0,3
Рис	78	70 – 75	8	2,0	<0,2
Пшениця	64	52 – 54	11	3,0	<0,5

Наведені дані підтверджуються не усіма авторами, що, обумовлено коливаннями значень більшості параметрів в залежності від сорту сорго. Підтверджена така думка, що може служити інформацією [26], заснованою на вивченні 22 сортів сорго, 17 з білою та жовтою та 5 з коричневою оболонкою, наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристики деяких сортів зерна

Значення	Екстрактивність, %	Енергія подрібнення, Дж	Розчинний азот г/л	Діастаза Е	Термотабільна амілаза Е
Середня	53,7	152	0,347	4,0	2,4
Min	29,6	112	0,151	1,3	0,8
Max	70,2	256	0,532	8,2	4,4

Видно, що спостерігаються 2 – 6 кратні відмінності по окремих показниках між вивченими сортами. Після пророщування відмінності між сортами зберігаються, але стають меншими (див. таблицю 1.3.), хоча велика, наприклад, різниця в екстрактивності, рівна майже 28 %.

Таблиця 1.3 – Характеристики солодів сорго, отриманих з різних сортів зерна

№ сорту	Екстрактивність, %	Оцінка	Розчин. азот, г/л	Доля розчин. азоту	Діастаза, Е	Термостабільна амілаза, Е
1	61,0	8	411,1	25,5	4,0	2,4
2	61,5	7	390,2	32,3	4,2	3,4
5	60,1	9	355,4	25,7	4,7	2,4
7	65,9	4	427,3	27,5	7,0	4,1
8	57,7	11	418,0	31,6	5,2	2,4
9	66,9	3	372,8	29,2	2,8	2,6
10	68,2	2	333,3	25,8	2,9	2,8
14	42,4	19	288,1	21,1	2,9	1,4
18	70,2	1	384,4	33,1	6,4	2,5
2	61,5	7	390,2	32,3	4,2	3,4
* після зіставлення всіх солодів з 22 вивчених сортів по екстрактивності вони були розташовані в порядку зменшення значення цього показника; зайняте місце і є вказаною оцінкою						

Слід зазначити, що це сорти, наведені в таблиці 1.3, мали білі або жовті оболонки. При цьому в статті зазначено, що дві з різновидів з коричневими оболонками мали оцінки 5 і 6, що свідчить про задовільну екстрактивність на рівні 62 – 65 %.

Вищевикладене свідчить, що серед існуючих сортів сорго можна, вибрати різновиди, які задовольняють по своїм параметрам. Однак, якщо поставлено завдання використання у виробництві пива будь-якого визначеного сорту, наприклад, що найбільш широко культивується в даній місцевості, необхідне ретельне вивчення цілого ряду його властивостей. Найбільш важливі з них

обговорено нижче.

Однією з серйозних проблем, пов'язаних з застосуванням сорго (пророщеного або непророщеного) в пивоваріння, є рівень стійкості даного сорту зерна до ураження мікроорганізмами. Це особливо актуально в тропічних країнах, де умови для розвитку мікробів, як на плантаціях сорго, так і при його зберіганні особливо сприятливі. Оболонки сорго зазвичай обсіменяються грибами. вже при вирощуванні [10]. Безумовно, конкретні види мікроорганізмів безпосередньо залежать від регіону, в якому зростає сорго, а також погодних умов під час вирощування та збирання зерна. Наприклад, в умовах Індії найчастіше зустрічаються 12 видів грибів, що належать до 11 родів: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Curvularia lunata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium moniliforme*, *Phoma* sp. and *Penicillium* sp. Встановлено, що розвиток деяких токсичних грибів призводить до накопичення в солоді сорго і пиві, що отримується з нього, небезпечних концентрацій мікотоксинів (наприклад, афлатоксину В1) та протеїнів, викликають гашінг-ефект, що неприпустимо. З іншого боку, у тканинах ендосперму сорго виявлено три водорозчинні білки, що мають здатність інгібувати розвиток гриба *Fusarium moniliforme*, а, можливо і ряд інших шкідливих мікроорганізмів [6]. Крім того, продемонстровано прямі залежності між стійкістю деяких сортів сорго до пліснявих грибів і концентрацією в зерно флаванолів, а також між вмістом ергостеролу і нестійкістю до ураження грибами.

Характерною особливістю сорго, що викликають певні складності при використанні цього зерна у пивоварінні, є високі втрати при солододорощенні – до 7 % [9]. При порівняно невеликих розмірах зерна довжина вегетативних органів може становити 5 см. За іншим даними, загальні втрати можуть складати від 10 до 30 % і навіть 56 – 62 % при довжині корінців до 6,4 см, з яких 1 % сухих речовин вимивається при замочуванні, а 8 – 10 % витрачається при диханні. Технологічна доцільність змушує розробити способи, які скорочують ці втрати, але не викликають погіршення властивостей солоду сорго. Ряд авторів повідомляє, що бромат натрію, інгібітор зростання, застосовується для обробки ячменю, не має

жодного ефекту на утворення вегетативних органів у сорго. Встановлено, що як інгібітори росту при пророщуванні сорго на стадії замочування можуть застосовуватися 0,1 – 0,2 N розчини аміаку, який, очевидно, впливає на зерновий метаболізм. Проте самі автори, що запропонували цей прийом, повідомляють, що обробка розчином аміаку наводить до значного зниження ферментативної активності отриманого солоду, його екстрактивності, а також інтенсифікації розвитку цвілевих грибів. За думкою дослідників, при використанні дезінфектантів і ферментів при затиранні обробка розчином аміаку дозволить знизити втрати і отримати низькоферментативний солод сорго для додання солодового смаку пиву, що отримується з високих дозувань несолодородженої сировини. На нашу думку, така технологія цілковито недоцільна.

При розробці методу переробки сорго у пивоварінні необхідно брати до уваги й характерні особливості хімічної структури цього зерна, зокрема, будови ендосперму. Для сорго характерна висока міцність клітинних стінок ендосперму при солодородженні. Глюкани були основними компонентами виділених клітинних стінок ендосперму і у ячменю, і у сорго, але за 6 діб пророщування їх концентрація в ячмені знизилася з 75 до 32 %, тоді як у сорго таке скорочення було значно менше, і становило з 72 % до 54 % та з 68 % до 62 % для двох різних сортів сорго [4]. При цьому вміст пентозанів зростав в ячмені та знижувався у сорго. При дії на клітинні стінки ендосперму, солубілізовані лугом, ферменти, як ячменю, так і сорго були здатні їх руйнувати стінки. У ферментолізат, що утворилося під дією ферментів солоду сорго було 43 % целобіози, під дією ферментів ячмінного солоду накопичувалося 79 % целобіози. Для порівняння, аналогічний гідроліз лужної витяжки клітинних стінок ендосперму ячменю приводив до отримання тільки 5 – 10 % целобіози. Ці результати свідчать про значно більше високі частки з'єднань целюлозної природи в клітинних стінках ендосперму сорго в порівнянні із ячменем. Автори свідчать, що при пророщуванні сорго суттєвий позитивний ефект може дати застосування грибних целюлаз. У той же час необхідно мати на увазі, що не порушені дією ферментів при солодородженні клітинні стінки ендосперму при затиранні вивільняють набагато

менше небажаних β -глюканів, пентозанів і білків, чим аналогічні частково зруйновані структури солоду сорго. Повідомляють також [12], що вміст β -глюканів у солоді сорго в 6 – 7 разів вище, ніж у ячмінному. Внаслідок цього, звичайною проблемою є висока в'язкість сусел, отриманих з застосуванням солоду сорго.

Аналіз водонерозчинних компонентів клітинних стінок сорго показав, що більшість «некрохмальної» глюкози входить до складу целюлози і (1-3)(1-4)- β -глюкана; пентозани сорго представлені високозаміщеним арабіноксиланом (арабінозу/ксилоза = 0,9), що містить уронові кислоти, ацетил і інші групи. У проаналізованого білого різновиду сорго не було виявлено таніну. Проте, при використанні червоних і коричневих сортів, широко культивуються в багатьох країнах через те, що їх посіви менше пошкоджуються птахами, таніни зерна можуть стати серйозною проблемою. Якщо такий сорт сорго використовується в якості несолодженої добавки в кількості більше 10 %, необхідно вживати спеціальних заходів щодо видалення танінів, щоб не погіршилося оцукрювання.

Характерна для сорго будова зумовлює порівняно високу твердість зерен, що в поєднанні з невеликими їх розмірами припускає ретельний підбір обладнання і умов дроблення.

Вміст білка в сорго варіюється в широких межах і складає за деякими оцінками 6,8 – 19, 6 % залежно від багатьох факторів.

Найкращі великі відмінності набираються між ферментативними активностями солодів сорго і ячменю, про що свідчать багато експериментальних даних. На жаль, у доступних нам літературних джерелах не міститься відомостей, що дозволяють безпосередньо, в однакових умовах зіставити ферментативні активності зерна або солодів ячменю та сорго. Більшість авторів аналізує тільки сорго або зіставляє його характеристики з переважно тропічними культурами: тритикале, деякими різновидами просо і т.д. Так, групою індійських вчених [15] наведено деякі характеристики вихідного і пророслого зерна деяких культур (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Характеристики вихідного і пророслого зерна

Зерно	Непророщене		Після 48 год обертання			Після 96 год обертання		
	α -амілаза ⁽¹⁾	в'язкість ⁽²⁾	α -амілаза ⁽¹⁾	в'язкість	втрати ⁽³⁾	α -амілаза ⁽¹⁾	в'язкість	втрати ⁽³⁾
Рис	о	2460	50	360	3,6	105	84	7,0
Пшениця	2,0	1700	120	210	4,8	230	36	11,5
Кукурудза	о	2200	50	580	2,9	150	125	6,8
Сорго	0,5	1980	67	310	4,0	170	72	8,6
Тритикале	2,5	1540	145	105	4,6	260	25	9,2
Просо	1,0	1650	100	185	3,5	145	52	9,1

⁽¹⁾ активність α -амілази виражали як кількість мг мальтози, що утворилася під дією ферментів, екстрагованих із 1 г зерна

⁽²⁾ в'язкість 10%-ий в одній суспензії подрібненого зерна

⁽³⁾ втрати при солодоращенні, %

Видно, що за сумою всіх показників солод сорго не поступається або навіть перевершує інші зернові культури. Необхідно відмітити, що α -амілазна активність всіх зразків, крім просо, продовжувала збільшуватися щонайменше аж до п'яти діб солодоращення. За іншим даними, вона максимальна через 96 годин пророщування при 20 год тривалості замочування.

Тим не менш, діастатична сила солодів сорго, що коливається, по деяким оцінкам, від 18,2 до 44,1 Е/г вважається недостатньо високою, становить 55 – 68 % від діастатичної сили ячмінного солоду; не спостерігається достатньою кореляції між цим показником і індивідуальними активностями α - та β -амілази зерна. Активність першого ферменту оцінюють як високу (хоча між сортами набираються 10-кратні коливання), другого – як низьку. Ця точка зору підтверджується даними, представленими в таблиці 1.5.

Аналізуючи дані таблиці, слід зазначити суттєві (3 – 6 кратні) розбіжності значень ферментативної активності одного і того ж зразка, визначені різними методами. На жаль, така ситуація типова, а тому важко зіставляти результати, отримані різними групами дослідників, якщо вони не користуються цілковито однаковими методами визначення ферментативних активностей.

Таблиця 1.5 – Порівняльні активності β -амілаз ячменю і сорго, певні різними методами

Показник	Діастатичні одиниці сорго/г а.с.в			
	Сорго	Ячмінь	Сорго	Ячмінь
	Метод 1 ⁽¹⁾		Метод 2 ⁽²⁾	
Несолджене зерно:				
Контроль	0	55	5	310
Екстракція папаїном	0	120	3	387
Солод:				
Контроль	23	68	79	414
Екстракція папаїном	25	104	80	432
⁽¹⁾ Модифікованості метод Delcour і Vershaeve				
⁽²⁾ Метод Betamyl				

Більш суттєвим висновком є те, що непророщене сорго, на відміну від непророщеного ячменю, практично не володіє β -амілазною активністю, що підтверджує дані, одержання іншими способами в попередні дослідження. При цьому обробка сорго відновлює агентами, цистенином, гідрохлориною кислотою, меркаптоетанолом або протеазою папаїном не призводить до підвищення активності β -амілаз, а на відміну від аналогічної обробки ячмінне зерно. Це свідчить, що в зерні сорго немає β -амілази у зв'язаній формі. β -амілазна активність солоду сорго значна, але складає лише близько 20 % аналогічного показника ячмінного солоду. Так само, як в випадку з зерном, обробка згаданими вище реагентами не наводить до збільшення активності ферменту, отже, і в солоді сорго ні його пов'язаною форми. Взагалі, виявляється ціла низка відмінностей між β -амілазами солодів сорго і ячменю. Зокрема, кількість хлориду ртуті, повністю інгібує ячмінну β -амілазу, не інактивує повністю фермент сорго, що означає відсутність у складі активних центрів останнього сульфгідрильних груп. Він має тільки дві ізоформи – основну і мінорну і багатший треоніном і аспартамовою кислотою. З іншого боку, β -амілази обох рослинних джерел менш термостабільні, чим α -амілази того ж походження. β -амілаза сорго повністю інактивується витримкою при 68 °С протягом 15 хв. Для максимального

накопичення β -амілази в солоді сорго пророщування рекомендується вести при температурі 24 °C та умовах, що забезпечують максимально можливу вологість зеленого солоду.

Особливістю сорго, підвищує цінність цієї культури при використанні в пивоварінні, відзначається в багатьох роботах високо, порівняно з ячменем; активність α -глюкозидази. На думку Тейлора і Девара [28], α -глюкозидазу сорго має низьку розчинність: при звичайній екстракції вдається перекласти в розчин лише 2 – 3 % від усієї кількості ферменту, що міститься в солоді. α -глюкозидазу асоційована з нерозчинними фракціями зерна, що потрібно враховувати при виборі умов затирання – кип'ятіння густої частини призведе до повної інактивації біокатализатора. Показано, що дія α -глюкозидази солоду сорго не призводить до збільшення цукрів, що зброджуються, але різко змінює співвідношення мальтози і глюкози: з 4:1 до приблизно 1:1. Значення рН, оптимальне для α -глюкозидази, дорівнює приблизно 4,0, температура – не більше 60 °C.

Вище говорилося про різний характер гідролізу структур зерна, зокрема, клітинних стінок ендосперму, при пророщуванні сорго та ячменю. Це обумовлено, з однієї сторони, відмінностями хімічного складу і стінки, у ній лише утворюються отвори, якими переміщуються протеази і амілази, відповідальні за розчинення білків і крохмалю.

Протеолітичні ферменти сорго, як і ячменю, дуже погано екстрагуються, через чого вкрай утруднено їх дослідження при солододороженні. Протеоліз при пророщуванні сорго вивчений менше за інших ферментативних процесів в цьому зерні, але, безперечно, має ряд унікальних особливостей. Глютеліновий матрикс, як правило, руйнується насамперед, потім наростає ферментоліз проламінових гранул, починаючи з їх поверхні. Тим не менше, ці структури ще зберігаються у пророщеному зерні. Спостерігається значне скорочення кількості альбумінів і глобулінів при одночасному зростанні концентрацій низькомолекулярних азотистих сполук. Найбільше їх вдається накопичити, якщо вести солододороження при 24 – 28 °C і високої вологості зерна. Низькомолекулярний азот солоду сорго набагато краще харчування для дріжджів, ніж аналогічні компоненти ячмінного

солоду, так як амінокислоти, в склад яких він входить, легше засвоюються дріжджами, а рівень проламіну дуже низький. Показано [29], що в сулах, отриманих із сорго, амінокислоти зброджуються практично повністю, через що в готовому пиві залишається менше засвоюваного азоту, отже, пиво має більшу стійкість при зберіганні. При цьому необхідно враховувати, що склад амінокислот, що накопичуються при гідролізі білків ячменю сорго, суттєво відрізняється від такого у ячмінного солоду, що сильно впливає на пул ароматичних з'єднань, що утворюються у процесі споживання амінного азоту дріжджами. Ці відмінності відображені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Порівняння летких компонентів пива, отриманого з сорго і ячменю

З'єднання	Пиво із зерна сорго	Комерційне пиво		
		Лагер (англ.)	Лагер (нім.)	Ель (англ.)
Етилацетат	17,3	55,5	33,3	39,3
Пропан-1-ол	10,1	9,1	5,4	14,3
Ізобутанол	51,8	21,3	8,4	26,4
2-метилбутанол	11,6	8,6	3,4	<0,5
3-метилбутанол	232,9	128,4	95,1	158,1

Автори стверджують, що належна аерація знижує концентрацію цієї токсичної сполуки до рівня нижче визначеного, проте така обставина має бути обов'язково прийнято до уваги технологами, що одержують і що використовують солод сорго на підприємстві.

1.3 Параметри пророщування, підвищують якість солоду сорго

Основні рекомендовані умови виробництва солоду сорго були наведені вище. Велика увага приділяється дослідниками різних країн відпрацювання конкретних прийомів та параметрів солодощення, що забезпечують якнайкращу якість солоду із зерна сорго певного сорту чи сортів. Деякі з них

наведено нижче.

Доведено [9], що істотних поліпшень можна досягти вже за замочування, підібравши оптимальний режим проведення цієї стадії. Підлужування замкової води та 48-годинне замочування призводить до того, що за 4 доби пророщування при 300 °С спостерігається «мобілізація» запасних резервних білків сорго. Виходить цілий ряд ключових показників: «екстракт холодної води» (кількість з'єднань білкової природи, що розчиняються в холодній воді), загальний небілковий азот, кількість пептидів, вільний амінний азот, активності ендо-і екзопротеаз. Крім того, руйнування резервних білків ендосперму призводить до звільнення крохмальних гранул і, отже, до підвищення виходу екстрактивних, що розчиняються в холодній воді), загальний небілковий азот, кількість пептидів, вільний амінний азот, активності ендо- та екзопротеаз. Крім того, руйнування резервних білків ендосперма призводить до звільнення крохмальних гранул і, отже, до підвищення виходу екстрактивних речовин та зброджуваності суслу. Ряд авторів стверджують, що «лужне» замочування кілька знижує проростання зерна сорго, довжину корінців і, відповідно, втрати при солодощенні. Дуже суттєвою пропозицією технологічного прийому є зростання активності обох основних діастатичних ферментів солоду сорго, що особливо важливо щодо β -амілази, якої, як говорилося вище, недостатньо в солоді сорго. Показано можливість збільшення активності цього ферменту в готовому солоді в 3 – 64 рази порівняно з контролем (замочування у дистильованій воді) в залежності від сорту сорго. У роботі наводиться кілька потенційних пояснень активації α -амілази в результаті замочування в «лужній» замковій воді (0,1%-ного розчину NaOH):

- існування декількох ізоформ α -амілази з різною активністю та перемикання метаболізму зерна на синтез більш активних ізоформ під дією «лужного» замочування, як у ячменю і рису;

- природна секреція зерном сорго інгібіторів та їх інактивація при певних умовах пророщування, причому зростання активності після такої обробки залежить від того, інгібітори яких ізоформ α -амілази – більше або менше активних – інактивуються;

– зміна здібності до зв'язування з білками (ферментами і субстратами) танінів і поліфенолів, в значних кількостях що містяться в зерні сорго. Зменшення їх здібності до зв'язування наводить до зниження їх інгібуючого впливу на α -амілазу;

– вимивання («вилуговування») з зерна таких поліфенолів/танінів в результаті замочування в слабкому розчині луку.

Ще одним способом покращення якості солоду сорго є підтримка підвищення температури (40 °C) замкової води під час останньої в одній водяній паузі. Правильний підбір для певного сорту пророщуваного сорго тривалості останньої «теплої» водної паузи при замочуванні дозволяє підвищити до концентрації вільного амінного азоту, загального небілкового азоту, загального азоту, білків, екстрагуються холодною водою, а також активності карбоксипептидази і протеїнази свіжопророщеного солоду сорго. В поєднанні з оптимізованою для кожного сорту сорго тривалістю повітряних пауз при 48-годинному замочуванні остання «тепла» водна пауза забезпечує зменшення довжини корінців та проростка, зниження втрат при солододорощенні, підвищення загального екстракту, діастатичних сил, α і β -амілазних активностей в солоді сорго, пророщеному при 30 °C протягом 4 діб. Встановлено [18], що правильно підібраний режим замочування сорго забезпечує поліпшення: хімічного складу зерна, зокрема, знижує концентрацію фенольних з'єднань.

Розглянуто також вплив температури сушіння свіжопророщеного солоду сорго, в якому до 4 діб обертання екстракт гарячою водою целюлазна та діастатична активність досягають максимуму, а потім знижуються. Сушіння при температурах 35, 40 і 45 °C призводить до зниження порівняно зі свіжопророщеним солодом сорго діастатичної активності на 7,7, 8,7 та 12,4 %, відповідно; целюлазної активності – на 4,1, 7,3 та 12,6 % відповідно. Важливість такого падіння демонструється авторами дослідження порівнянням часу фільтрації затору, отриманого з свіжопророслого та висушеного при зазначених вище температурах солодах сорго. Воно становить 45, 55, 58 та 58 хв, відповідно. Однак, низькі температури сушіння, зберігають більше високі ферментативні

активності, що не покращують загальної якості солоду сорго, так як такий солод надає пиву неприйнятний зерновий смак і аромат зеленого солоду.

Зрештою, для отримання якісного пива: з сорго конче важливо відпрацювати параметри проведення затирання, включаючи температурний режим, тривалість пауз, кількість доданих солей і, якщо необхідно, ферментних препаратів, а також попередню відварку зерна сорго (якщо вона застосовується) для забезпечення клейстеризації його крохмалю. Показано, що в цьому випадку при переробці 100 % солоду сорго допустимо застосування настійного способу затирання з проміжним підйомом температури затору до 90 – 96 °С.

Аналізуючи наявні літературні дані, можна, можливо зробити наступні висновки:

- доведено принципову можливість і доцільність, особливо для країн з тропічним кліматом, застосування зерна та солоду сорго для виробництва пива низового бродіння;

- розроблено велику кількість технологічних: що забезпечують отримання із зерна та солоду сорго, сусел з задовільним і якісними показниками, однак вони повинні бути адаптовані до конкретного сорту сорго, використання якого передбачається при виробництві пива;

- найкращих результатів з погляду якості сусла і пива можна, можливо досягти при використанні суміші ячмінного солоду чи солоду сорго з непророщеним зерном сорго по порівнянні з затиранням 100 % несолодженого зерна сорго з додаванням ферментних препаратів, що підтверджує думка визнаних авторитетів в області виробництва пива з сорго.

Ґрунтуючись на цьому, ще одним предметом нашого інтересу було встановлення можливості отримання солоду сорго прийнятної якості, збагаченого ферментами, які у недостатній кількості містяться у комерційному ячмінному солоді. Використання такого солоду як добавки до ячмінного може забезпечити суттєвий економічний і технологічний ефект при виробництві пива. Інформація, присвячена отримано таких солодів, наведено в наступних розділах.

Висновки за розділом

Останні роки все більше досліджень застосування сорго в пивоварінні проводився і в розвинених європейських країнах. Тим не менш, наявність налагодженої технології застосування зерна або солоду сорго, доказів збереження якості, особливо органолептичних якостей та економічної ефективності може стати привабливим для багатьох українських пивоварів.

Аналіз літературних даних свідчить про відсутність нині усталених поглядів на параметри пророщування сорго, що забезпечують отримання солоду цієї зернової культури, за основними пивоварними характеристиками відповідно ячмінному.

Основною метою є – встановлення параметрів солодощення зерна сорго *Sorghum rubra* і встановленні можливості використання його для заміни частини ячмінного солоду під час виробництва пива.

Робота передбачала рішення наступних завдань:

- вивчення основних пивоварних характеристик зерна і солоду сорго сорту *Sorghum rubra* і можливість його застосування в виробництві пива;
- визначення властивостей солодів сорго, у тому числі, активності ферментів, накопичення яких у солоді сорго робить його застосування економічно та технологічно доцільним;
- розробка способів отримання різних типів солоду сорго, що забезпечують його найкращі якісні характеристики;
- встановлення допустимих кількостей зерна та солоду сорго, при застосуванні яких не погіршуються властивості напоїв бродіння.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва солоду з пивоварного зерна сорго.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників вирощування сорго з якісними показниками отриманого продукту.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методи пророщування зерна

2.1.1 Метод пророщування зерна при кімнатній температурі

Пророщування вели при кімнатній температурі, рівної 18 – 20 °С протягом 8 діб. Шар зерна становив 1 – 1,5 см. Двічі в день зерно зрошувалося водою і перемішували.

2.1.2 Метод отримання «аеробного» солоду сорго

Пророщування вели при температурі 29 – 30 °С протягом 6 або 8 діб, у шарі зерна 1 – 1,5 см. Двічі на день зерно зрошували водою та перемішували. Періодично проводили аерацію зернової маси.

2.1.3 Метод отримання «анаеробного» солоду сорго

Пророщування вели при температурі 29 – 30 °С протягом 6 або 8 діб, у шарі зерна 1 – 1,5 см. Періодично проводили аерацію зернової маси. Зерно двічі в день зрошували і перемішували. Через 3 або 4 доби (у залежності від тривалості пророщування) частину зерна поміщали в пластиковий пакет. Котрий зав'язували, створюючи таким чином «анаеробні» умови.

2.2 Метод висушування свіжопророслого солоду

2.2.1 Висушування при постійній температурі

Наважку солоду вологістю 40 – 48 % поміщали в термостат при температурі 50 °С, 60 °С або 70 °С і витримували в ньому протягом 24 годин.

2.2.2 Висушування при температурі, що змінюється

Режим сушіння: 4 години зерно витримували при температурі 40 °С, потім підвищували температуру до 50 °С та сушили протягом 20 годин, далі 4 години при 60 °С.

Висновки за розділом

В даному розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто основні матеріали, які були використані під час проведення експериментальних досліджень та охарактеризовано методи проведення досліджень.

3 РЕЗУЛЬТАТИ І ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Вивчення можливості застосування солоду сорго (сорту *Sorghum rubra*) при виробництві пива

3.1.1 Характеристики сорго сорту *Sorghum rubra*

Сорго зернове обробляють переважно на зерно, що використовується на фураж, а також в якості сировини в спиртовій, крохмалепатоковій та пивоварній галузях промисловості.

Завдяки сильно розвиненій кореневій системі і своєрідній здібності листя і стебел рослини сорго накопичувати вологу, серед зернових воно краще за інших пристосоване до сухого клімату. Воно добре росте на чорноземах, супісках та суглинках, можливий ріст на засолених ґрунтах.

Середній хімічний склад, у %: крохмаль – 57 – 83; протеїн – 7,3 – 17,0; жир – 1,1 – 6,5; золи – 1,3 – 3,5; пентозани – 1,0 – 9,0; клітковина – 1,3 – 2,5.

Видно, що по хімічному складу сорго пригodne для пивоваріння.

У нашій роботі вирішено було використовувати сорго з червоними оболонками, так як цей сорт (*Sorghum rubra*) широко культивується в Україні; була можливість працювати на зерні стабільним по якості; питання про можливість застосування такого різновиду сорго в пивоварінні, з нашої точки зору, ще не достатньо вивчений тому був обраний саме цей сорт.

У зерні сорго, яке застосовувалося в експерименті, визначали деякі параметри. Вологість сорго визначали методом висушування до постійної маси; екстрактивність визначали методом досвідченого затирання з солодовою витяжкою; розрахунок енергії і здібності проростання вели за стандартними пивоварними методиками. Результати аналізу представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика зерна сорго *Sorghum rubra*

Показник	Зерно сорго
Вологість, %	10,95
Екстрактивність %, на в.с.в. ⁽¹⁾	79,94
Енергія проростання, %	91,1
Здатність проростання, %	94,4
⁽¹⁾ перераховано на повітряно-суху речовину	

Як видно з таблиці, певні якісні характеристики зерна сорго даного сорту відповідають характеристикам пивоварного ячменю.

Виходячи з цього, можна припустити можливість отримання з цього зерна солоду задовільної якості, придатного для використання в пивоварінні.

3.2 Пророщування зерна сорго

На цьому етапі нашої роботи потрібно було підібрати режими солодоращення, що забезпечують отримання солоду сорго, по основним якісним параметрам відповідним характеристикам ячмінного солоду, одержуваного в аналогічних умовах. на основі літературних даних був вибраний наведений нижче режим. Замочування зерна сорго проводили за наступною схемою: попередньо вели ретельну мийку зерна сорго з 1%-им розчином $KMnO_4$, потім витримували 3 години без води, 9 годин під водою, 3 години без води та 9 годин під водою. По закінченню замочування вологість зерна склала 38,3 %.

Пророщування вели при температурі 25 °C протягом 5 діб. Двічі в день зерно перемішували і зволожували збризкуванням водою. У ході процесу пророщування визначали зміну вологості. Результати представлені на рисунку 3.1.

Після закінчення вимірювали середню довжину паростків і корінців, яка склала відповідно 4,9 і 4,5 см.

При підтримці вказаних режимів позитивного результату досягти не вдалося, так як відсоток пророслих зерен був низьким (24,3 %). На нашу думку це

може бути пояснено ушкодженнями зародків зерен через занадто тривалі водяні паузи при замочуванні або контакту оброблюваного зерна з дезінфектантом KMnO_4

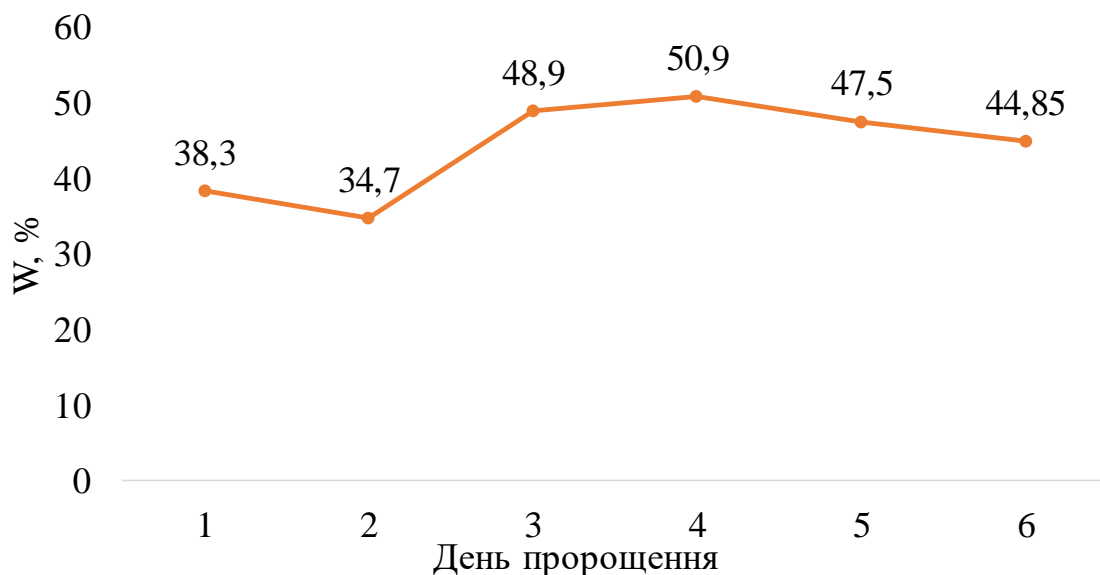


Рисунок 3.1 – Зміна вологості в процесі пророщування

3.3 Оптимізація умов замочування сорго

В даному експерименті для пророщування зерно сорго був обраний інший режим замочування та інше дозування дезінфектанту. Зерно сорго витримали під водою 3 години 7,5 годин без води, 3 години під водою, 7,5 годин без води, 3 години без води. Замочування вели за кімнатної температури. Використаний у якості дезінфектанта перманганат калію вносили в першу замкову воду в кількості, що забезпечує співвідношення 46 г KMnO_4 на 1 тонну зерна. В іншому варіанті замочуване зерно обробили 2 % розчином KMnO_4 протягом 15 хвилин після першої водяної паузи. Вологість зерна після замочування дорівнювала 44,3 % для першого варіанта і 42,4 % для другого. Пророщування вели при температурі 30 °C протягом 5 діб. Зерно зволожували збризуванням водою і перемішували двічі в день. Вологість свіжопророщеного солоду склала 44,1 % для першого варіанту та 41,8 % для другого варіанту. Досягнуте проростання була

задовільним: 80 % для зерен обробленого 2 %-им розчином KMnO_4 і 86 % для першого варіанту. Після пророщування кількість пророщених зерен в досліджуваних варіантах була різною. Найкращий результат було досягнуто у варіанті, що включав обробку перманганатом калію з розрахунку 46 г на тону. Наведений вище режим солодощення використовувався в подальших експериментах.

Свіжопророщене сорго сушили наступним чином: 4 години при 40 °С, потім при 50 °С 20 годин. Після цього зерно мало вологість 9,1 %. Далі сушили при 60 °С 4 години, вологість висушеного солоду склала 6,9 °С.

3.4 Вплив дозування дезінфектанту (KMnO_4) на результати пророщування зерна сорго

Зважаючи на те, що при обраному лабораторному способі солодощення ведеться при кімнатній температурі, а вона, поряд з мікробною зараженістю повітря, у певному ступені змінюється впродовж календарного року, було розглянуто питання про вплив різних дозувань KMnO_4 на результати пророщування зерна сорго. Були вибрані такі дозування перманганату калію: 23 г, 46 г, 69 г на тону зерна. варіант з дозуванням 23 г/т був обраний в розрахунку на ситуацію зі сприятливою мікробіологічною обстановкою і низьким ризиком інфікування зерна, що пророщується (зимовий період). Дозування рівне 69 г/т зерна могло бути необхідним у випадку високого ризику ураження зерна мікроорганізмами (літній час, забруднена сировина). Цей експеримент проводився в кінці весни. Допустимість використання обраних дозувань оцінювали по наявності або відсутності мікрофлори на поверхні зерен (візуально) і числу пророслих зерен. Результати представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Впливи різних дозувань $KMnO_4$ на результати солодощення

$KMnO_4$	Наявність мікрофлори	Ступінь проростання
23 г/т	Відсутня	Задовільно
46 г/т	Відсутня	Задовільно
69 г/т	Відсутня	Задовільно

З таблиці видно, що у всіх варіантах (навіть без дезінфектанта) спостерігається відсутність інтенсивного розвитку мікрофлори, а розглянуті дозування $KMnO_4$ при вибраному режимі застосування не інгібують розвиток зерна сорго.

Для подальших експериментів було обрано дозування $KMnO_4$ рівним 46 г/т зерна, яка забезпечила стабільно задовільні результати у ході кількох солодощень.

3.5 Визначення оптимальної тривалості пророщування зерна сорго

У роботах різних авторів, присвячених отриманню солоду сорго, рекомендуються різні тривалості процесу пророщування від 4 до 7 діб, залежно від виду зерна та цілей пророщування. Виявилось доцільним встановити оптимальне значення цього параметра, важливого як технологічно, так і економічно. Замочування проводили при кімнатній температурі 24 години. Після закінчення замочування вологість склала 43,8 %.

Ряд важливих якісних характеристик пророщеного зерна сорго визначали в динаміці. Замочування і обробку зерна дезінфектантом проводили як в попередніх експериментах. Зерно пророщували при температурі 30 °C протягом 6 діб. Результати представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Показник сирого солоду сорго на різних днях пророщення

Показник	Дні пророщення				
	1	2	3	5	6
Вологість, %	38,0	31,4	48,1	45,8	45,9
Екстрактивність, %	90,6	91,5	н/д	25,1	30,8
Амінний азот мг/100 г зерна	14,0	19,2	20,2	21,0	21,0
Довжина ростків, см	0,6	2,8	3,6	6,7	7,2
Амілолітична активність, см	н/д	133,4	142,3	158,7	146,4

У даному експерименті в солоді, отриманих після 5 і 6 днів обертання визначали показники, які представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники солодового сорго, пророщеного протягом 5 і 6 діб

Показники	Солод і сорго після	
	5 діб рощення	6 діб рощення
Вологість, %	55,2	63,5
Вміст амінного азоту мг/100 г сорго	66,5	49
Екстрактивність, %	53,2	36,2
Ступінь розчинення%	н/д	31,5
АС по Віндішу-Кольбаху, од/г	242,1	215,1
Кількість непророслих зерен	1	1
Кількість запліснявілих зерен	3	4
Довжина ростків см	5,8	8,3
Вологість після сушіння,	9,1	10,4

Отримані дані дозволяють робити висновок, що за всіма показниками якість солоду сорго після 5 діб пророщування вище, ніж якість солоду сорго після 6 діб

пророщування, тому була обрана тривалість пророщування 5 діб. Усі наступні експерименти вели при такій тривалості пророщування, якщо не вказано інакше.

3.6 Одержання солоду сорго з використанням інгібітора зростання

У попередніх експериментах було встановлено, що обрані режими солододорощення, забезпечуючи задовільні значення основних технологічних параметрів солоду сорго, наводять до зайвого інтенсивного утворення вегетативних органів, що призводить до суттєвих втрат екстрактивних речовин зерна. Для скорочення цих втрат був використаний інгібітор зростання. Його вводили в кількості 0,01 % у першу воду, з якою зерно контактувало протягом 30 хвилин. Далі провели замочування; потім на 3 та 5 дні визначали показники, які представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Показники солоду сорго, отриманого із застосуванням інгібітору росту

Показники	3-й день пророщення		5-й день пророщення	
	З інгібітором	Без інгібітору	З інгібітором	Без інгібітору
Вологість, %	40,3	39,3	48,7	49,2
Екстрактивність, %	28,9	33,4	28,2	28,7
Амінний азот, мг на 100г сорго	21	17,5	35	28
Амілолітична активність, од/г	н/д	н/д	248,9	186,4
Довжина ростків, см	3,6	3,9	5,6	5,7

Як видно з таблиці, застосування інгібітору зростання привело до деякого скорочення довжини паростків. Крім того набирається інтенсивне накопичення амілолітичних ферментів в варіанті з використанням інгібітора зростання. Проте збільшення екстрактивності по закінченню пророщування не набиралося, тому в

наступних експериментах інгібітор зростання алкілоксибензол не застосовувався.

3.7 Отримання «аеробного» і «анаеробного» солодів сорго та їх застосування при виробництві пива

Відпрацювання режимів отримання «анаеробного» солоду сорго. Замочування і обробку дезінфектантом вели як описано вище з дозуванням дезінфектанта, дає найкращий результат. Пророщування вели при температурі 29 – 30 °С протягом 6 або 8 діб, у шарі зерна 1 – 1,5 см. періодично проводили аерацію зернової маси. Через 3 або 4 доби (у залежності від тривалості пророщування) частину зерна поміщали в поліетиленовий пакет, створюючи таким чином «анаеробні» умови. Перші 3 або 4 діб зерно двічі в день зволожували збризкуванням водою і перемішували.

3.8 Технологічні характеристики «аеробного» та «анаеробного» солодів сорго

3.8.1 Визначення амілолітичної активності солодів сорго і ячменю

Для визначення амілолітичної активності солодів сорго та ячменю використовували «аеробні» і «анаеробні» солоди сорго і ячменю, отримані звичайним способом протягом 6 діб. Для приготування витяжки 20 г ретельно розтертого у ступці сирого солоду екстрагували 450 мл дистильованої води протягом 1 години при 40 °С перемішуванні. Потім витяжку охолоджували до 20 °С, доводили її масу водою до 520 г і фільтрували через паперовий фільтр до повної прозорості. Далі амілолітичну активність визначали за методом Віндіша-Кольбаха. Амілолітична активність солоду виражається кількістю мальтози (в г), що утворилася з крохмалю під дією ферментів 100г солоду. Результати визначення наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Амілолітична активність свіжопророслих «аеробних» та «анаеробних» солодів сорго і ячменю

Солод	Амілолітична активність, од/г
Аеробний солод сорго	224,35
Анаеробний солод сорго	228,62
Аеробний солод ячменю	272,90
Анаеробний солод ячменю	344,39

З отриманих експериментальних даних можна, зазначити, що амілолітична активність солоду сорго нижче амілолітичної активності ячмінного солоду. Найбільша активність спостерігається в анаеробному солоді. Це може бути пояснено переходом пулуланази в вільну форму і відповідно до цього накопиченням більшої кількості субстратів для β -амілаз проростаючого зерна.

3.8.2 Визначення оцукреної активності (ОА) «аеробних» і «анаеробних» солодів сорго і ячменю

Було проаналізовано аеробні і анаеробні солод сорго і ячменю, отриманих способом, описаним вище, протягом 6 діб. Витяжку готували способом, описаним вище. Оцукрену активність визначали йодометричним способом. Результати представлені в таблиці 3.7

Таблиця 3.7 – Оцукруюча здатність свіжопророслих «аеробних» і «анаеробних» солодів з сорго і ячменю

Солод	Протеолітична здатність, од/г
«аеробний» солод сорго	14,48
«анаеробний» солод сорго	29,38
«аеробний» солод ячменю	21,04
«анаеробний» солод ячменю	15,56

Отримані дані кілька суперечать очікуваним: оцукрювальна здатність «анаеробного» солоду сорго вище, ніж у «аеробного». На наш погляд, це

обумовлено не більш інтенсивним накопиченням «цукрових» ферментів солоду сорго при «анаеробному» пророщуванні, а дією на крохмаль зерна активного пулулазазою, що забезпечує «цукровим» ферментом кращі умови для прояву їх активності.

3.8.3 Визначення протеолітичної активності (ПА) «аеробних» і «анаеробних» солодів сорго і ячменю

Витяжку готували як в попередніх дослідях. Протеолітичну активність визначали за методом Вальштеттера Вальдшмідт-Лейтца. Результати наведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Протеолітична активність свіжопророслих «аеробних» і «анаеробних» солодів сорго і ячменю

Солод	Протеолітична активність, од/г
Аеробний солод сорго	3,32
Анаеробний солод сорго	3,32
Аеробний солод ячменю	2,96
Анаеробний солод ячменю	5,57

В умовах дослідження протеолітична активність «аеробного» і «анаеробного» солодів сорго однакова, але нижче протеолітичної активності «аеробного» солоду ячменю. Найбільша протеолітична активність у «анаеробного» солоду ячменю.

3.9 Пуллулазна активність солодів сорго і інших зернових культур

3.9.1 Визначення пуллулазнаї активності сорго і солоду сорго

У дослідженнях, які здійснюються розглядалося питання про можливість застосування зерна та солоду сорго у виробництві пива низового бродіння. При цьому ставилося завдання не повної заміни ячмінного солоду, пророщеним або непророщеним зерном сорго (така заміна призводить до кардинальної зміни смаку

пива та відхилення від стандартних цілого ряду аналітичних показників: кольоровості, в'язкості і т. д.), а використання 15 – 40 % сорго до засипу. Крім того, в роботі ряду зарубіжних авторів показано доцільність та ефективність отримання ячмінного солоду, збагаченого вільною активною пулулазнаю, ферментом, гідролізуючим α -зв'язку в молекулах крохмалю і крохмалоподібних речовин. Помітна пулулазна активність солоду дозволяє знизився в суслі вміст граничних декстринів, підвищити, таким чином, вміст зброджуваних цукрів, накопичити більше етилового спирту, збільшити ступінь утилізації технологічно цінних компонентів зернової сировини. Встановлено, що пулулазна ячмінного солоду, отриманого звичайним способом знаходиться переважно (приблизно 90 %) у зв'язаному стані, внаслідок чого фермент не гідролізує α -зв'язку крохмалю при солододороженні, а при сушінні практично повністю інактивується через невисоку термостабільність. Таким чином, в заторі присутні лише слідові кількості цього біокатализатора. Дієвим способом перекладу пулулази зі зв'язаного в вільний активний стан, на думку групи англійських вчених, є дорощування солоду в анаеробних умовах. На нашу думку, проведення анаеробного дорощування ячмінного солоду без зміни стандартних режимів сушіння не дасть занадто великого ефекту, так як вивільнена пулулаза буде інактивована впливом високі температури і не виявить своєї активності при затиранні. Істотні зміни проведення та солододороження, і сушіння можуть бути неприйнятні з технологічної точки зору. Крім того, необхідно враховувати, що анаеробний режим пророщування приведе до погіршення, як аналітичних (ступінь розчинення ендосперму, накопичення ряду технологічно важливих ферментів), так і органолептичних характеристик солоду. Ми припускали, комбінувавши обидва технологічних прийоми, зберегти їх переваги та позбавити від них властивих недоліків. Для цього було вирішено отримати «анаеробний» солод сорго і замінити їм максимально можливу (без зміни основних якісних показників пива) кількість ячмінного солоду.

Взявши за основу вже випробований метод замочування та пророщування, ми внесли в нього наступні корективи, приймаючи до уваги рекомендації по

отриманню солоду сорго, наявні в іноземній літературі: тривалість проростання була скорочена з 8 до 6 діб, а температуру підвищено з 20 до 30 °С. Після закінчення пророщування половину солоду сорго заморожували і зберігали до початку аналізу пуллулазнаної активності, другу висушували.

Вологість свіжопророщеного солоду сорго склала 42 %, висушеного 6,5 %. З обох різновидів солоду готували витяжки. 1 мл витяжки додавали до 40 мл розчину пуллулаза концентрацією 1 мг/мл, реакційну суміш інкубували протягом 1 години при 40 °С, після чого у відповідних розведеннях визначали кількість РВ за методом з КЖС. У якості контролю використовували варіант з додаванням 1 мл дистильованої води до 40 мл розчину пулулана концентрацією 1 мг/мл. Результати експерименту представлені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Пуллулазна активність свіжопророщеного і сухого солоду сорго

Показник	Вологий солод	Сухий солод	Сорго
ПА, Е/г зерна	24,3	33,6	0
ПА, Е/г абсолютно сухого зерна	41,8	35,9	0

Аналізуючи дані таблиці можна зробити висновок про те, що пророщування зерна сорго призводить до накопичення у зерні граничної декстринази, активність, якої в вихідному матеріалі дорівнює нулю. Необхідно відзначити, що питома активність солоду сорго, що висушується, вище, ніж у свіжопророщеному солоді, однак, перерахунок на абсолютну суху речовину демонструє 14 % -ове зниження ферментативної активності. Очевидно, причиною часткової інактивації є вибраний режим сушіння, хоча зниження активності пулулази було дуже значним у наступних експериментах вирішено було перейти до режиму, рекомендованого в літературних джерелах. Висушування свіжопророщеного солоду сорго вели при східчастому підйомі. Це, очевидно, дещо погіршувало якісні характеристики висушеного солоду, але дозволяло зберегти більше накопиченої при солододорощенні активної вільної пуллулази.

3.9.2 Визначення пуллулазнаної активності ячменю і ячмінного солоду

У рамках робіт, які ведуть на нашій кафедрі передбачалася розробка технологічного прийому, що складається в заміні частини ячмінного солоду солодом сорго. Однією з переваг такої заміни могло стати збагачення затору вільною активною пуллулазназою, якщо активність граничної декстринази солоду сорго вище аналогічного показника комерційного ячмінного солоду. Це може привести до покращення якісних параметрів суслу навіть, попри меншу активність основних технологічно важливих ферментів та найгіршу ступінь розчинення солоду сорго у порівнянні з ячмінним. Тому було важливо встановити активність граничної декстринази ячменю і ячмінного солоду. Для порівняння в тому ж експерименті визначали пуллулазназу активність несолоджене сорго. Для цього з трьох зразків зерна за стандартною методикою готували витяжки, 1 мл яких додавали до 40 мл розчину пуллулазнази з концентрацією 1 мг/мл. В якості контролю використовували варіант з додаванням до 40 мл розчину пуллулазнази (1 мг/мл) 1 мл дистильованої води. Усі варіанти термостатували при 40 °С протягом 1 години, готували відповідні розведення реакційних сумішей та визначали за методом з КЖС. Результати експерименту наведено в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Пуллулазназна активність ячменю і ячмінного солоду

Показник	Ячмінь	Ячмінний солод	Сорго
ПА, Е/г зерна	0	0	0

У всіх дослідних варіантах вміст РВ після проведення реакції не перевищує значення, одержаного для контролю. Із цього можна зробити висновок, що в умовах реакції при дії ферментів на пуллулан відновлювальних з'єднань не утворюється, тому пуллулазназу активність всіх трьох дослідних зразків слід визнати рівною нулю. Отримані результати дозволяють припустити доцільність заміни частини ячмінного солоду солодом сорго з метою зниження у суслі, і як наслідок в пиві, концентрації граничних декстринів. Крім того, стає актуальною розробка способів одержання солоду сорго, збагаченого активною вільною

граничною декстриназою.

3.9.3 Визначення пулулазанної активності «анаеробного» і «аеробного» солодів сорго і ячменю

Як було зазначено, одним з можливих способів збагачення солоду активною вільною пулуланазою є дорощування його в анаеробних умовах. Попередні дослідження проводились з ячмінним солодом, у нашій роботі цей прийом був застосований до сорго. Пророщування комерційного ячменю та зерна сорго (*Sorghum tubra*) вели так, як вказано вище. Загальна тривалість солододорощення становила 6 діб. Анаеробні умови створювали, поміщаючи після трьох діб половину зерна кожного зразка у щільно закритий поліетиленовий пакет. За закінчення солододорощення набиралося суттєве ураження «аеробного» та «анаеробного» ячмінного солодів сторонньою мікрофлорою, тому дані цих варіантів мають лише орієнтовний характер. Вологість свіжопророщеного солоду у всіх варіантах склала 42 %. Витяжки готували стандартним способом. 1 мл витяжки додавали до 40 мл розчину пулулану концентрацією 1 мг/мл. Як контроль використовували 40 мл розчину пулулану тієї ж концентрації з додаванням 1 мл дистильованої води. Реакційні суміші термостатували протягом 1 години при 40 °С, потім у відповідних розведеннях визначали вміст РВ методом з КЖС. Результати експерименту представлені в таблиці 3.11.

Показані в експерименті нульові значення пулулазанний активності «анаеробного» і «аеробного» ячмінних солодів пояснюються, з нашої точки зору, мікробним зараженням проростає зерна. Необхідно відзначити тут ж, що всупереч більшості літературних даних о меншою стійкості сорго до поразку сторонньої мікрофлорою, в порівнянні з ячменем, в ході нашої експериментальної роботи проблеми з резистентністю до мікроорганізмів спостерігалися частіше саме при пророщуванні ячменю.

Таблиця 3.11 – Пуллулазна активність свіжопророслих «аеробних» і «анаеробних» солодів ячменю і сорго

Показник	Ячмінний солодший ⁽¹⁾		Солод сорго	
	«аеробний»	«анаеробний»	«аеробний»	«анаеробний»
ПА, Е/г зерна	0	0	17,0	32,8
⁽¹⁾ дані носять орієнтовний характер				

Можливо, це пояснюється сортовими особливостями, використаного в наших експериментах різновиду сорго. Аналізуючи дані, отримані для солодів сорго, можна зробити висновок, що «анаеробне» дорощування, як і очікувалось на основі літературних даних, призводить до суттєвого підвищення активності вільної граничної декстринази – на 92,9 % порівняно з «аеробним».

3.10 Фактори, що впливають на пуллулазну активність «анаеробного» солоду сорго

3.10.1 Визначення вплив температури на пуллулазну активність «анаеробного» солоду сорго

Одним з найважливіших параметрів, що впливають на ефективність дії біокатализатора білкової природи – фермент – є температура реакційного середовища. Безперечно, в витяжці з свіжопророщеного солоду (у тому числі і солоду сорго) міститься цілий комплекс амілолітичних ферментів, нагромаджених у проростаючому зерні і здібних діяти на різні субстрати і різні види глікозидних зв'язків. Кожен із цих ферментів володіє власними оптимальними умовами дії (у том числі і температурним оптимумом). Отже, вивчення індивідуальних властивостей пуллулазази необхідно передбачати виділенням білкових молекул, що мають однакову будову і що володіють пуллулазною активністю. На жаль, на цьому етапі дослідницької роботи у нас не було технічної можливості проведення очищення та фракціонування ферментів амілолітичного комплексу. Крім того, в реальних виробничих умовах (наприклад, при отриманні пивного сусла) крохмаль та крохмалоподібні речовини атакують не окремі ферменти, а весь комплекс

амілазів зернової сировини. Тому значення температурного оптимуму пулулази визначалося нами у водній витяжці з подрібненого «анаеробного» солоду сорго (для якого заздалегідь було встановлено наявність активної вільної пулулази), тобто. в присутності інших амілолітичних ферментів. Витяжку з анаеробного солоду сорго готували звичайним чином. 1 мл витяжки додавали до 10 мл розчину пулулану (концентрація 1 мг/мл). У якості контролю використовували варіант з додаванням 1 мл дистильованої води до 10 мл розчину пулулану такої ж концентрації. Контрольний і дослідний варіант інкубували протягом 1 години при 30, 40, 50, 60, 70 °С. Діапазон температур був обраний виходячи з наступного: з однієї сторони, 30 °С температура, мабуть, не оптимальна для дії граничної декстринази, але рекомендована для визначення ферментативної активності системою СІ; з іншої сторони, літературні дані свідчать про те, що термостабільність пулулаз знаходиться на рівні значень, характерних для β -амілаз або трохи нижче. Тому, з нашої точки зору, температура, рівна 70 °С повинна була близькою до верхньої межі термостабілізації пулулази. Після проведення реакції в 10-кратних розведеннях (тут і далі, якщо не вказано інакше) реакційних сумішей визначали вміст РВ за методом з КЖС. Результати представлені на рисунку 3.2.

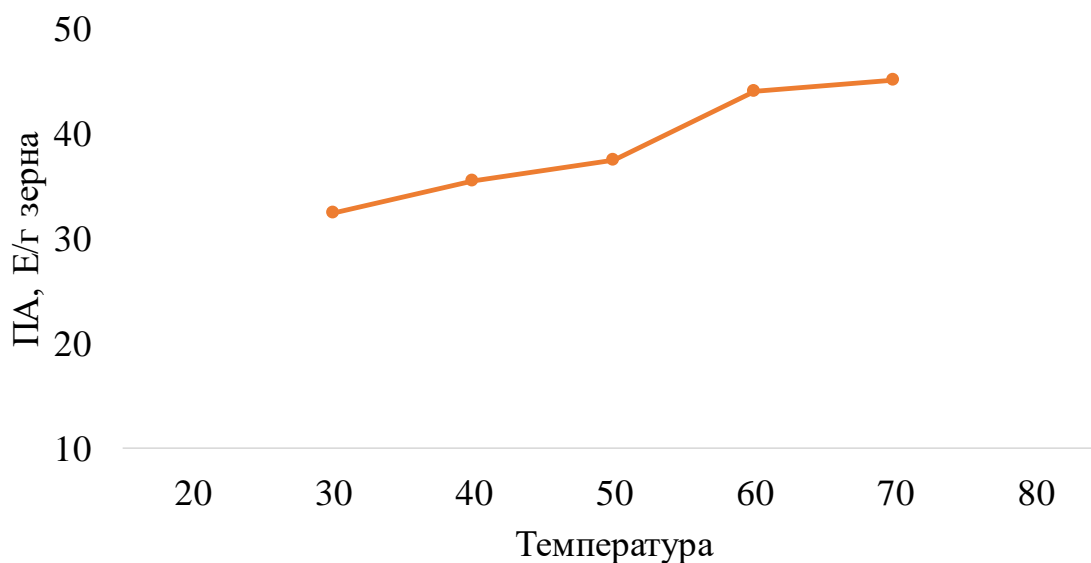


Рисунок 3.2 – Температурний оптимум дії пулулази з «анаеробного» солоду сорго

Отримані експериментальні дані за певним ступенем суперечили припущенням, зробленим на основі аналізу даних джерел літератури при 70 °С набули значного накопичення РР в реакційній суміші. Максимальну кількість відновлювальних з'єднань накопичувалась в умовах експерименту при температурі 60 °С.

Для уточнення впливу температури на дію граничної декстринази з «анаеробного» солоду сорго було проведено додатковий експеримент, умови якого були такими ж, як і в попередньому, зі зміною температур, при яких термостатували: 40 °С, 45 °С, 50 °С, 55 °С, 60 °С, 65 °С, 70 °С, 75 °С.

Серед експериментальних даних наближається два максимуму накопичення РР при гідролізі пуллулана: при 55 – 60 °С і при 70 – 75 °С.

На наш погляд перший пік пояснюється створенням оптимальних температурних умов дії пуллуланази. При температурах 70 – 75 °С прояв високої активності граничної декстринази представляється мало ймовірним.

Таблиця 3.12 – Температурний оптимум дії пуллуланази «анаеробного» солоду сорго

Температура, °С	ПА, Е/г зерна	
	Дослід	Контроль
40	38,0	-
45	38,0	-
50	36,7	-
55	48,2	-
60	46,3	-
65	35,9	-
70	44,1	-

Інтенсивне накопичення РВ в реакційній суміші може бути пояснено дією інших амілолітичних ферментів, насамперед, стабільною при цих температурних α -амілази. Безперечно, пуллулан не є підходящим субстратом для α -амілази і більшості інших амілолітичних ферментів пророщеного зерна. Однак, руйнування α -зв'язків пуллулану під дією пуллуланази призводить до накопичення з'єднань, на

які здатні діяти з утворенням РВ цілий ряд амілолітичних ферментів. Крім того, в свіжопророслому солоді і, отже, в водних екстрактах з нього міститься значна кількість активної глюкоамілази, також, відповідно з «Класифікацією ферментів» здатних гідролізувати α -глікозидні зв'язки. Таким чином, однозначно встановити температурний оптимум пуллуланизи можливо тільки після відділення її від інших амілолітичних ферментів або після їх інактивації.

Тим не менше, отримані результати дозволяють зробити висновок, що термостабілізація граничної декстринази достатня для прояву нею каталітичної активності в умовах затирання без зміни температурних режимів проведення цієї стадії: руйнація граничних декстринів суслу буде протікати на початку затирання і особливо інтенсивно під час мальтозної паузи. Температура 60 °С була визнана нами оптимальною для дії граничної декстринази «анаеробного» солоду сорго і використовувалася у всіх подальших експериментах.

3.10.2 Визначення рН оптимуму пуллуланизи з «анаеробного» і «аеробного» солодів сорго

Ще одним фактором, що впливає на ферментативну активність є рН реакційного середовища. Безумовно, всі міркування про необхідності відокремлювати пуллуланизу від інших амілаз солоду залишаються вірними і в даному випадку. Однак, з виробничої точки зору є важливим оцінити вплив рН середовища на здатність ферментів зернової сировини руйнувати α -зв'язки.

Для цього був проведено наступний експеримент: витяжки з «анаеробного» і «аеробного» солодів сорго готували звичайним способом. 0,5 мл витяжки додавали до 5 мл розчину пуллулани, рН якого був доведений за допомогою ацетатного або фосфатних буферів до наступних значень: 2,7; 3,6; 5,1; 5,5; 7,1; 7,8. Для кожного значення рН був приготовлений контрольний варіант, що являє собою суміш 0,5 мл дистильованої води і 5 мл розчину пуллулани з відповідним значенням активної кислотності. Усі варіанти витримували 1 год при 60 °С, після чого рН всіх зразків доводили до значення 5,4 – 5,5 і визначали в них вміст РР за методом КЖС. Результати наведено на рисунках 3.3 і 3.4.

Отримані результати дозволяють зробити наступний висновок: для пуллулази з «анаеробного» солоду сорго та з «аеробного» солоду сорго оптимальним значенням рН (з розглянутих) є 5,5. Це дуже важливо з виробничої точки зору, оскільки гранична декстриназа буде найбільш активна при рН характерним для затор.

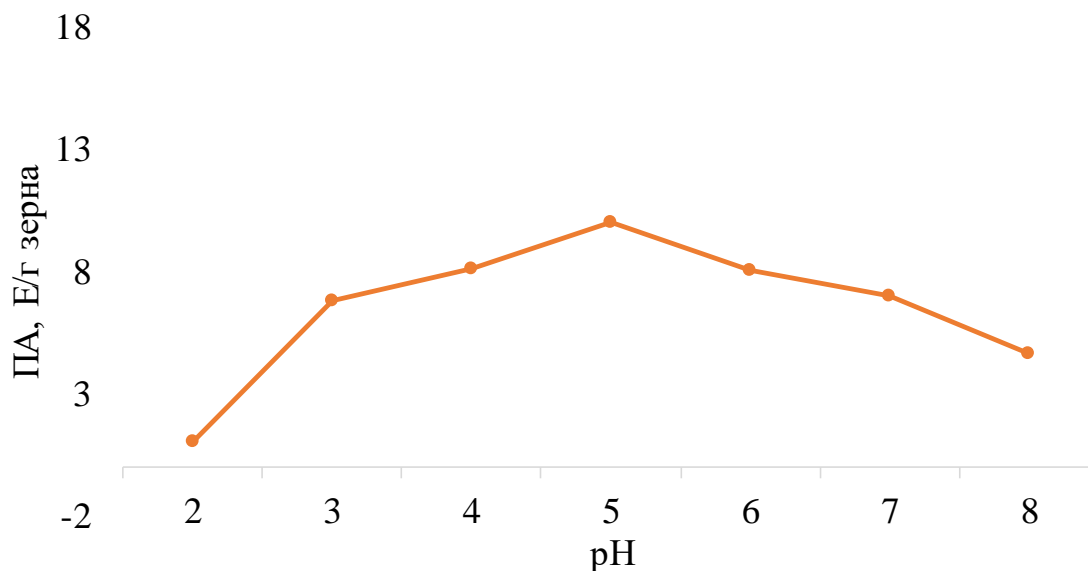


Рисунок 3.3 – Вплив значення рН на активність рН пуллулази «аеробного» сорго

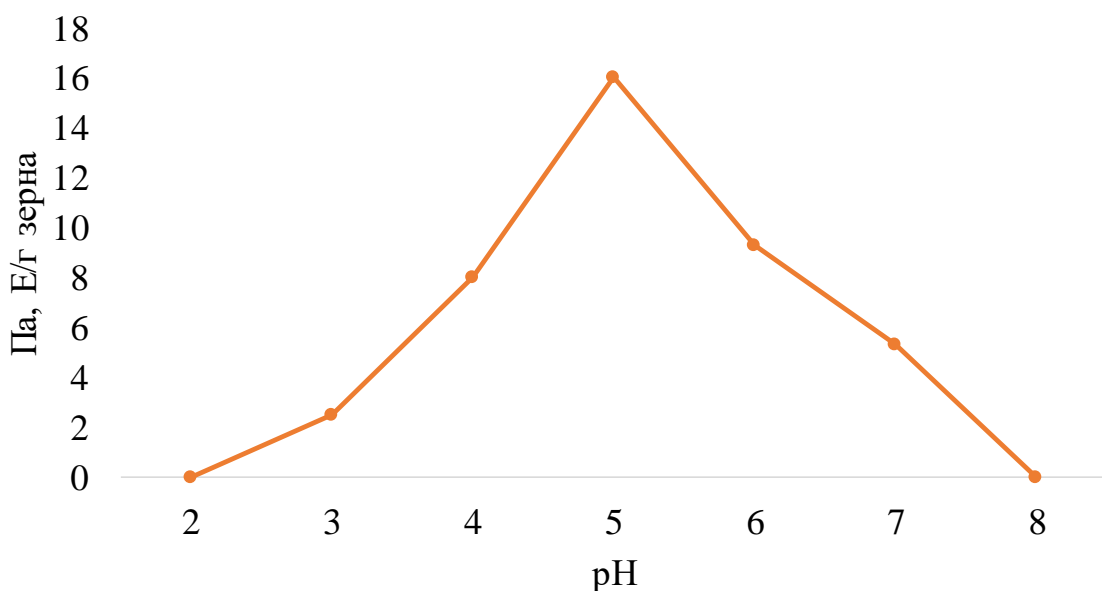


Рисунок 3.4 – Вплив значення рН на активність рН пуллулази «анаеробного» солоду сорго

Важливо відзначити, що, як і очікувалося, активність пуллулази в «анаеробному» солоді за оптимальних умов вище, ніж у «аеробних». Певне перевищення активності пуллулази з «аеробного» солоду сорго в порівнянні з ферментом з «анаеробного» при неоптимальних значеннях рН (особливо при рН=3.6 та рН=7.8) може бути пояснено її вищою рН стабільністю.

Накопичення РВ в контрольному варіанті при рН = 2.7 може бути пояснено, з нашої точки зору, частковим кислотним гідролізом пуллулана. Отримані в даному експерименті результати дозволяють, сказати, що можна, не робити спеціальних заходів для коригування значень рН реакційних сумішей для забезпечення оптимальних умов для дії пуллулази та визначати активність у водних витяжках, рН яких коливається у діапазоні 5,4 – 5,5. Крім того, і при використанні солоду сорго в виробничих умовах його пуллулази будуть працювати при значеннях рН, близьких до оптимальних.

3.10.3 Визначення активності пуллулази «анаеробного» солоду сорго після інактивації α -амілази

Вище було висловлено припущення про участь інших амілолітичних ферментів солоду (крім пуллулази) в накопиченні РВ при гідролізі пуллулана солодовою витяжкою за рахунок руйнування продуктів гідролізу пуллулана граничною декстриназою. Дані, отримані в попередніх експериментах припускають помітну роль солодової α -амілази, так як β -амілаза інактивується при температурах нижче 70 °С, тому в наступному експерименті була використана активність пуллулази після інактивації α -амілази. Єдиним, що був у нас у розпорядженні способом інактивації α -амілази, було зниження значення рН витяжки; температурна інактивація була неможлива, так як, за літературними даними, пуллулаза є більш термолабільною, ніж α -амілаза. рН витяжки зрушували до значення 3.5. Це значення було обрано за двох причин. По-перше, по літературним даними таке значення рН повністю інгібує або значно знижує активність солодової α -амілази. По-друге, як показано в попередньому експерименті, активність пуллулази, чинною при рН 3,6 помітно знижується (на

86 %) порівняно з ферментом, чинному при оптимальному значенні рН (5,5), однак, повної інактивації граничною декстринази не відбувається. Це дозволяє припустити, що короткочасну витримку при рН 3,5 пуллулаза перенесе без суттєвого зниження ферментативної активності. Витяжку готували, як завжди. Отриманий об'єм (5 мл) доводили до 100 мл дистильованою водою. Розведення витяжки здійснювали з метою економії «анаеробного» солоду сорго і в виду неможливості визначення значення рН в нотриманому після екстракції зерна об'ємі розчину. 75 мл отриманого розведення відбирали для зміни рН. Коригування рН здійснювали 1 н розчином лимонної кислоти. Розведення витяжки витримували при отриманому значенні рН (3,5) при кімнатній температурі продовж 10 хвилин, після чого з допомогою 1 н розчину NaOH рН витяжки доводили до вихідного значення, рівного 5,3. Передбачалося, що така обробка інактивує аамілазу. Кінцевий об'єм обробленого розведення витяжки склав 95 мл. 25 мл 20-кратного розведення витяжки під час обробки 75 мл вичерпували при кімнатній температурі. По 1 мл кожного варіанту додавали до 10 мл розчину пулулана концентрацією 1 мг/мл. Реакцію вели протягом 1 години при 60 °С. Накопичені РВ визначали за методом з КЖС. У якості контролю використовували суміш, що складалася з 1 мл дистильованої води та 10 мл розчину пуллулану тієї ж концентрації. Результати представлені в таблиці 3.13.

Отримані експериментальні дані демонструють дуже велику різницю пулулазанних активностей досліджених варіантів: зміна рН розведення витяжки наводить до зниження пулулазанний активності в 1.9 рази.

Таблиця 3.13 – Активність пуллулазази «анаеробного» солоду сорго в присутності інактивованою α -амілази

Показник	Варіант без обробки	Оброблений варіант	Контроль
ПА, Е/г зерна	64,40	33,53	-

Це може бути обумовлено двома різними причинами. До зменшення кількості РР, накопичених під дією ферментів витяжки, в якій змінювали значення

pH, може наводити інактивація α -амілази та відсутність гідролізу продуктів розпаду пуллулану під дією цього ферменту. У цьому випадку накопичення РВ відбувається, виключно, під дією граничної декстринази або за рахунок спільної дії пуллуланизи і β -амілази. Проте, цей висновок не можна рахувати остаточним, так як зниження кількості РР, утворених під дією ферментів витяжки, у якій змінювали значення РН, може бути обумовлено частковим пошкодженням самої граничної декстринази і, внаслідок цього, зниженням пуллуланизної активності.

Однозначну відповідь може бути дано тільки після виділення індивідуальних пуллуланизи та α -амілази «анаеробного» солоду сорго та вивчення їх pH та температурних оптимумів та діапазонів стабільності, а також характеру дії на пуллулан і інші субстрати.

3.10.4 Вплив різних параметрів пророщування сорго та інших зернових культур на пуллуланизну активність

У попередніх експериментах було показано можливість суттєвого збільшення вмісту вільної активної пуллуланизи в солоді сорго за рахунок дорощування його в анаеробних умовах. Нам здавалося дуже важливим вивчити вплив цього технологічного прийому на пуллуланизну активність ячмінного солоду, що є основною сировиною для виробництва пива низового бродіння, а також пшеничного і житнього солодів, широко використовуваних при виробництві етилового спирту (у спиртовій промисловості зниження концентрації в середовищі граничних декстринів і збільшення вмісту зброджуваних цукрів може дати більший, чим в пивоваріння економічний ефект). на першому етапі визначали пуллуланизні активності досліджуваних зернових культур. Для цього готували водні витяжки звичайним способом. 1 мл витяжки з кожного зразка додавали до 10 мл розчину пуллулану концентрацією 1 мг/мл. В якості контролю (К) використовували суміш, що складається з 1 мл дистильованої води та 10 мл розчину пуллулану тієї ж концентрації. Для визначення кількості РВ, що вносяться з витяжкою і ферментів, що накопичуються під дією, екстрагованих із зерна, вуглеводів витяжки ставили додатковий контрольний

варіант (K₁), що представляв собою суміш 1 мл витяжки із відповідного зразка зерна і 10 мл дистильованою води. Суміші термостатували при 60 °С протягом 1 години після чого визначали вміст РВ за методом з КЖС. Результати наведено в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Пуллулазна активність зерна сорго, жита, пшениці і ячменю

Зерно	ПА, Е/г зерна
Сорго	6,78
Ячмень	10,96
Пшениця	9,24
Жито	44,92

Деякі отримані дані виявилися несподіваними. По-перше, спостерігався дуже високий вміст РР в дослідному варіанті та варіанті K₁ для зерна жита. Пізніше у дослідженнях, що паралельно проводилися на нашій кафедрі було встановлено, що дана партія жита володіла дуже високими активностями різних амілолітичних ферментів. По-друге, в варіантах K₁ для всіх досліджуваних зернових культур було накопичено велика кількість РР, а у разі ячменю та пшениці концентрація РР в варіантах K₁ була вищою, ніж аналогічний показник у дослідних варіантах. З нашої точки зору це може бути пояснено наступним чином. Варіант K₁ представляє собою розведену дистильованою водою витяжку із зерна, а, отже, містить незначну кількість РР, які були у зерновій сировині, певна кількість розчинних високо- та середньомолекулярних сполук крохмальної природи, а також деяка кількість амілолітичних ферментів, склад і активності яких залежать від виду зерна. Крім того, можлива присутність розчинних полімерів некрохмальної природи і відповідних цитолітичних ферментів. У процесі термостатування такої суміші протягом години при 60 °С створюються сприятливі умови для протікання ферментативного гідролізу, які можуть призвести до різкого зростання концентрації РВ. Важливо відзначити, що в ряді випадків не спостерігалось зростання кількості РВ при присутності в реакційної

суміші пулулана. Це дозволяє припустити, що сумарного дії різних амілолітичних ферментів на різні типи субстратів не відбувається. Це може бути пояснено зв'язуванням деяких амілолітичних ферментів молекулами пулулана або їх великими фрагментами, що утворюються під дією граничної декстринази. Такі ферменти, будучи адсорбованими, не в стані розщепити пулулан або його фрагменти, при цьому вони не гідролізують крохмалоподібні сполуки, присутні у реакційній суміші. Як буде показано нижче, на користь такого припущення свідчать дані, отримані під час експериментів, здійснених нами пізніше. У цих експериментах також використовувалися варіанти К₁ (суміш 1 мл витяжки і 10 мл дистильованою води), але отримані для них дані носять орієнтовний характер і дозволяють в основному судити про вміст розчинних РР в зразках зерна і активностях ферментів, здатних утворювати відновлюючі з'єднання при дії на речовини екстраговані із зерна в умовах експерименту.

У ході експерименту здійснювали пророщування згаданих зернових культур: сорго, ячменю, пшениці і жита. Замочування і солодощення проводили звичайним способом, останнє – протягом 6 діб при 30 °С.

Через три доби спостерігався інтенсивний розвиток мікрофлори на зерні пшениці і жита, тому ці зернові культури було виключено з експерименту. У результаті були отримані «аеробний» і «анаеробний» солоду сорго і ячменю.

Пулулланазну активність отриманих солодів визначали наступним чином. Витяжки готували стандартним способом. 1 мл витяжки кожного зразка додавали до 10 мл розчину пулулану з концентрацією 1 мг/мл. Як контроль (К) використовували суміш, що складається з 1 мл дистильованої води та 1 мл розчину пулулану тієї ж концентрації. Оцінку кількості, що вноситься з витяжкою та накопичуються через дії екстрагованих ферментів на полісахариди витяжки виробляли з допомогою варіантів К₁: 1 мл витяжки та 10 мл дистильованої води. Усі варіанти витримували при температурі 60 °С протягом 1 години, після чого визначали РР за методом з КЖС. Дані представлені в таблиці 3.15.

Аналізуючи дані, отримані в цьому експерименті та експерименті,

описаному вище видно, що розвиток мікрофлори на поверхні пророщеного ячменю призводить до повного пошкодження або суттєвого зниження накопичення активної вільної пуллулази.

Важливо також, що анаеробний режим пророщування набагато сильніше активує граничну декстриназу ячменю, ніж сорго (зростання пуллулазнаї активності в «анаеробному» солоді порівняно з «аеробним» для сорго складає 1,4 рази, для ячменю – 2,5).

Таблиця 3.15 – Пуллулазна активність «аеробного» і «анаеробного» солодів сорго і ячменю

Солод	Е/г зерна	
	дослід	К
Сорго «аеробний»	32,46	-
Сорго «анаеробний»	44,69	-
Ячмінь «аеробний»	19,52	-
Ячмінь «анаеробний»	49,69	-

Крім того показано, що пуллулазна активність «аеробного» солоду сорго вище, ніж відповідний показник ячмінного солоду. Це добре узгоджується з літературними даними про нижчий вміст білкових інгібіторів граничної декстринази в зерно і, отже, солоді сорго, порівняно з ячмінним зерном і солодом. Вагомим фактором, з нашої точки зору, є те, що найвищою пуллулазнаю активністю володіє саме «анаеробний» ячмінний солод, що відкриває широкі перспективи використання досліджуваного нами технологічного прийому в виробничих умовах. У випадку застосування ячмінного солоду, збагаченого пуллулазнаю, зміни органолептичних і фізико хімічних характеристик пива будуть поза сумнівом значно менше, ніж у випадку застосування солоду сорго.

У становлення того, що анаеробне солодоращення ефективно збагачує солод різних зернових культур активною граничною декстриназою зробило актуальним розгляд питання про можливості отримання житнього і пшеничного солодів з високими пуллулазнами активностями. Тому описаний вище

експеримент був повторений для тих чотирьох видів зерна. Для зниження ризику ураження зерна сторонньою мікрофлорою було змінено умови замочування. Дозування перманганату калію, внесеного в першу воду і склала 69 г на 1 тонну зерна, а концентрація дезінфектанта, внесеного в останнюводу була знижена на 30 % порівняно із звичайною, тобто 32 г на 1 тонну зерна. Всі інші параметри отримання свіжопророщеного солоду більш ідентичні застосовуванім в попередньому експерименті. Вжиті заходи забезпечили отримання всіх чотирьох солодів без видимого зараження сторонньою мікрофлорою.

Пуллулазназу активність визначали наступним чином. Витяжки готували стандартним способом. 1 мл витяжки кожного зразка додавали до 1 мл розчину пуллулана з концентрацією 1 мг/мл. У якості контролю (К) використовували суміш, що складається з 1 мл дистильованої води і 10 мл розчину пуллулана тієї ж концентрації. Оцінку кількості переносимих з витяжкою і накопичуваних через дії екстрагованих ферментів на полісахариди витяжки виготовляли з допомогою варіанту К1:1 мл витяжки 10 мл дистильованою води. Усе варіанти витримували при температурі 60 °С протягом 1 години, після чого визначали РВ за методом с КЖС. Дані представлені в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 – Пуллулазна активність «аеробних» і «анаеробних» солодів сорго, ячменю, пшениці і жита

Солод	ПА, Е/г зерна			
	«аеробний»		«анаеробний»	
	досвід	К	досвід	К
Сорго	44,48	-	87,30	-
Ячмінь	43,21	-	64,06	-
Пшениця	27,94	-	35,02	-
Жито	20,16	-	15,22	-

З таблиці 3.16 видно, що активності граничних декстриназ «аеробних» солодів ячменю і сорго приблизно рівні і суттєво перевищують аналогічні показники «аеробних» солодів пшениці та жита (приблизно в 1,6 і 2,2 рази

відповідно). Тут необхідно відзначити, що в даному експерименті значення пуллуланазних активностей та «аеробних» і «анаеробних» солодів сорго та ячменю помітно вище, чим у більшості попередніх експериментів. Можуть бути наведені різні пояснення цього факту, оскільки існує велика кількість факторів, що впливають на активність граничної декстринази пророщеного зерна. Проте, всі зернові культури в описуваному експерименті пророщувалися в ідентичних умовах, тому, на наш погляд, можливо провести зіставлення пуллуланазних активностей «аеробних» і «анаеробних» солодів.

Видно, що анаеробне пророщування виявило очікуваний позитивний вплив на пуллуланазні активності солодів, отриманих з зерна сорго, ячменю і пшениці, причому, максимальні значення спостерігаються, на відміну від попереднього експерименту (таблиця 3.15), в «анаеробному» солоді сорго. Аналіз всього масиву вже наявних експериментальних даних і літературних джерел, дозволяють припустити, що рівень активності вільної пуллуланази солоду більшою мірою залежить не від накопичення загальної граничної активності декстринази детерменованої генетично, а від того наскільки успішно вдалося перекласти пов'язану пулуланзу в вільну форму, тобто від правильного підбору технологічних умов ведення процесу отримання солоду. Досить несподіваний результат було отримано під час пророщування жита. У цьому випадку анаеробний режим спричинив навіть деяке зниження пуллуланазний активності в свіжопророщеному солоді. Висока активність ферментів, що утворюють РР, у вихідному зерні, з нашої точки зору, не може бути задовільним поясненням. На жаль, партія зерна жита, що була в нашому розпорядженні, була сильно забруднена, що при пророщуванні та обраних режимах дезінфекції наводило до ураження мікрофлорою самого жита і інфікування зерна інших культур. Тому від подальших експериментів з житом у нашій роботі вирішено було відмовитись.

Підсумовуючи інформацію, отриману при вивченні впливу анаеробного пророщення на пуллуланазну активність солодів різних зернових культур можна зробити висновок про те, що «анаеробний» солод сорго, що має високу активність граничної декстринази може застосовуватися як добавка, інтенсифікуюча гідроліз

граничних декстринів в зброджуваних середовищах:

- у пивоварінні – для заміни частини ячмінного солоду, отриманого класичним способом;
- у виробництві етилового спирту – для заміни частини зернової сировини, використовується для отримання суслу, наприклад, пшениці або пшеничного солоду.

«Анаеробний» ячмінний солод також може бути застосований в пивоварінні для вирішення аналогічних завдань. Використання пшеничного, а можливо і житнього «анаеробного» солодів як джерел пуллулазназної активності недоцільно, тому що в них не вдалося накопичити достатнього кількості активної граничної декстринази принаймні в умовах експерименту.

Висновки за розділом

Показано можливість використання зерна сорго (сорт *Sorghum rubra*, з червоними оболонками) для заміни до 15 % ячмінного солоду при виробництві світлого пива.

Розроблено режими пророщування зерна сорго сорту *Sorghum rubra* з метою отримання солоду сорго, за основними якісними показниками відповідного вимогам пивоварного виробництва.

Відпрацьовано режими анаеробного пророщування зерна сорго (сорт *Sorghum rubra*) з метою накопичення максимального вмісту активної граничної декстринази пуллулазнази.

Встановлено, застосування дозувань солоду сорго до 30 % дозволяє накопичувати більша кількість етилового спирту за збереження органолептичних характеристик лише на рівні контрольного.

Підібрано режим сушіння свіжопророщеного «анаеробного» солоду сорго, що забезпечує 100% збереження пуллулазназної активності у свіжопророщеному солоді.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Розробка картки з охорони праці

При розробці карти охорони праці для оператора цеху з виробництва солоду були враховані основні вимоги з охорони праці при виконанні даної операції.

<p style="text-align: center;">1. Загальна інформація</p> <p>Посада: оператор відділення виробництва солоду Тривалість робочого часу: 2 зміни. 7:00-18:30, 19:00-06:30 Проходження медогляду: 1 раз на рік Проходження вторинного інструктажу з ОП – 1 раз на 6 міс. Термін дії картки: 08.06.2028 року.</p>	<p style="text-align: center;">2. Забезпечення одягом та ЗІЗ</p> <p>Головний убір – 1 раз на рік Черевики шкіряні на жаростійкій підшві – 1 раз на 6 міс. Нарукавники бавовняні – 1 раз на 3 міс. Рукавиці трикотажні – до зносу Респіратор – до зносу Навушники протишумові – до зносу Захисні окуляри – до зносу</p>
<p style="text-align: center;">3. Вимоги перед початком роботи</p> <p>Робітник повинен оглянути і надіти спецодяг. Робітник повинен підготувати робочу зону для безпечної роботи Про виявлені при огляді порушення і недоліки доповісти безпосередньому керівнику і до їх усунення до роботи не приступати.</p>	<p style="text-align: center;">4. Вимоги під час роботи</p> <p>Робітник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, по якій пройшов навчання і до якої допущений. Забороняється доручати свою роботу ненавченим і стороннім особам. Робітник повинен застосовувати необхідні для безпечної роботи справне устаткування, інструмент, пристосування.</p>
<p style="text-align: center;">5. Вимоги охорони праці при закінченні роботи</p> <p>Після закінчення роботи привести в порядок робоче місце, інструменти, пристосування прибрати у відведене місце. Зняти і здати на збереження спецодяг та інші засоби захисту. Виконати правила особистої гігієни. Повідомити керівнику і змінника про всі порушення і зауваження, виявлених в процесі роботи.</p>	<p style="text-align: center;">6. Вимоги охорони праці в надзвичайних ситуаціях</p> <p>При виникненні ситуацій, які можуть привести до аварії і нещасних випадків, слід негайно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - припинити всі роботи; - відключити використовуване обладнання; - доповісти керівнику робіт. <p>При отриманні травми, отруєння або раптового захворюванні потерпілому повинна бути надана перша (долікарська) допомога</p>
Контакти служб екстреної допомоги	
<p>Внутрішні службові номери:</p> <p>1. Майстер екстрагуювального відділення 371-12-02</p> <p>2. Служба охорони праці: 371-01-01 – головний інженер 371-01-02 – медичний кабінет</p>	

Рисунок 4.1 – Картка з охорони праці для оператора цеху з виробництва солоду

4.2 Охорона праці у разі пожежі на робочому місці

Правила пожежної безпеки на робочому місці містять докладні інструкції щодо запобігання пожежі та конкретні дії кожного співробітника, відповідального за пожежну безпеку.

Однак основні дії, які необхідно вжити в разі пожежі, завжди однакові. По-перше, вам необхідно повідомити про пожежу в пожежну службу по телефону. Потім пожежна команда компанії буде проінформована про надзвичайну ситуацію. Після цього, якщо це не відбувається автоматично, необхідно активувати систему пожежної безпеки та пожежогасіння.

Працівники, які не беруть участі в зупинці виробництва або гасінні пожеж, повинні покинути зону пожежі. Співробітник, який бере участь в гасінні пожежі, повинен мати необхідну посадову інструкцію, виконувати певні дії відповідно до неї і нести відповідальність за дії своїх підлеглих.

Тільки після цього можна приступати до гасіння пожежі. Необхідно суворо дотримуватися всіх правил та запобіжних заходів, щоб запобігти подальшим матеріальним втратам, пошкодженню майна компанії та шкоді здоров'ю осіб, які беруть участь у гасінні пожежі. Після прибуття пожежної команди всі співробітники повинні покинути небезпечну зону.

Для забезпечення пожежної безпеки кожне підприємство повинно мати необхідне обладнання на випадок пожежі, таке як вогнегасники, пожежні крани на місці, пожежні рукави та пожежні гідранти на місці.

Висновки за розділом

Розроблено карту безпеки операторів цеху з виробництва солоду, визначено кілька протипожежних заходів, вказано порядок дій обслуговуючого персоналу в момент їх виникнення.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Кошторис витрат використовується для визначення витрат, пов'язаних з проведенням наукових досліджень. Сюди входять різні фактори, такі як витрати на матеріали, електроенергію, заробітну плату, амортизацію та накладні витрати.

Розрахунок вартості основних і допоміжних матеріалів здійснюється за наступною формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (5.1)$$

де m_1 – витрачений матеріал;

C_1 – ціна матеріалу, грн/кг.

У таблиці 5.1 наведені результати розрахунку вартості матеріалу.

Таблиця 5.1 – Необхідна кількість основних матеріалів і їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Зерно сорго, кг	20	5,50	110,00
Всього			110,00

У таблиці 5.2 представлені результати розрахунку заробітної плати учасників дослідження, яка визначається шляхом множення середньої погодинної заробітної плати працівника на суму витраченого часу.

Таблиця 5.2 – Витрати на заробітну платню учасника наукового дослідження

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник робіт	8300	49,40	15	741,00
Всього				741,00

Нарахування заробітної плати еквівалентно 22 % від загальної суми заробітної плати, що оподатковується єдиним податком:

$$H = \frac{741,00 \cdot 22}{100} = 163,02 \text{ грн.}$$

Вартість витраченої електроенергії визначається за такою формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.2)$$

де M – потужність дослідного устаткування, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності ($K = 0,9$);

T – тривалість роботи установки, год;

a – вартість електроенергії, грн/(кВт/год).

Вартість споживання енергії для роботи установок з пророщування та сушіння зернових культур становить:

$$E_{\text{прор.зерна}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 48 \cdot 1,68 = 159,67 \text{ грн.}$$

Вартість витрат електроенергії на ПК:

$$E_{\text{п.к.}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 200 \cdot 1,68 = 272,16 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на електроенергію:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{прор.зерна}} + E_{\text{п.к.}} = 159,67 + 272,16 = 431,83 \text{ грн.}$$

З використанням рівняння 5.3 для визначаємо вартість амортизації обладнання, використаного в ході дослідження:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.3)$$

де A – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

У таблиці 5.3 наведені результати розрахунків амортизаційних відрахувань.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Установка для пророщування та сушки зерна	4000,00	15	6	9,86
Персональний комп'ютер	9800,5	24	25	161,10
Всього				170,96

Накладні витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням та управлінням виробництвом, включають витрати, які повинні бути виплачені обслуговуючому та управлінському персоналу. Витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням установки, еквівалентні 80 % від розрахункової заробітної плати виконавця дослідження:

$$\frac{(741,00 \cdot 80)}{100} = 592,80 \text{ грн.}$$

Орієнтовна вартість проведення наукового дослідження наведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Орієнтовна вартість проведення наукового дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	110,00
Заробітна плата	741,00
Нарахування на заробітну плату	163,02
Електроенергія	431,83
Амортизація	170,96
Накладні витрати	592,80
Всього	3499,61

Згідно з проведеним аналізом, заробітна плата та накладні витрати є найважливішими витратами, які займають лідируючі позиції у списку.

5.2 Розрахунок вартості дослідження

Оскільки дослідницька робота пов'язана з фундаментальними дослідженнями, вартість визначалася на основі вартості та прибутковості проведення досліджень:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.4)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

P – нормативна рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 3499,61 + \frac{30 \cdot 3499,61}{100} = 4549,49 \text{ грн.}$$

Сума витрат, затрачених на проведення досліджень, складає 4549,49 грн.

Висновки за розділом

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є заробітна плата та накладні витрати, еквівалентні 741,00 грн. і 592,80 грн. відповідно. Враховуючи нормативну рентабельність у розмірі 30 %, загальна вартість досліджень становить 4549,49 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Останні роки все більше досліджень застосування сорго в пивоварінні проводився і в розвинених європейських країнах. Тим не менш, наявність налагодженої технології застосування зерна або солоду сорго, доказів збереження якості, особливо органолептичних якостей та економічної ефективності може стати привабливим для багатьох українських пивоварів.

Аналіз літературних даних свідчить про відсутність нині усталених поглядів на параметри пророщування сорго, що забезпечують отримання солоду цієї зернової культури, за основними пивоварними характеристиками відповідно ячмінному.

В даному розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто основні матеріали, які були використані під час проведення експериментальних досліджень та охарактеризовано методи проведення досліджень.

Показано можливість використання зерна сорго (сорт *Sorghum rubra*, з червоними оболонками) для заміни до 15 % ячмінного солоду при виробництві світлого пива.

Розроблено режими пророщування зерна сорго сорту *Sorghum rubra* з метою отримання солоду сорго, за основними якісними показниками відповідного вимогам пивоварного виробництва.

Відпрацьовано режими анаеробного пророщування зерна сорго (сорт *Sorghum rubra*) з метою накопичення максимального вмісту активної граничної декстринази пуллуланази.

Встановлено, застосування дозувань солоду сорго до 30 % дозволяє накопичувати більша кількість етилового спирту за збереження органолептичних характеристик лише на рівні контрольного.

Підібрано режим сушіння свіжопророщеного «анаеробного» солоду сорго, що забезпечує 100% збереження пуллулاناзи активності у свіжопророщеному солоді.

Розроблено карту безпеки операторів цеху з виробництва солоду, визначено кілька протипожежних заходів, вказано порядок дій обслуговуючого персоналу в момент їх виникнення.

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є заробітна плата та накладні витрати, еквівалентні 741,00 грн. і 592,80 грн. відповідно. Враховуючи нормативну рентабельність у розмірі 30 %, загальна вартість досліджень становить 4549,49 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Пивоваріння. Терміни та визначення понять. — На заміну ДСТУ 3139-95; Чинний від 2015-11-01. — Київ: УкрНДНЦ, 2015. — III, 27 с. — (Національний стандарт України). — Бібліогр.: 26 с.
2. Технологія виробництва пива: навч. посібник для студ. спец. 27.04 «Технологія бродильних виробництв і виноробство» / П. В. Колотуша; Український держ. ун-т харчових технологій. — К. : [б.в.], 1995. — 228 с.
3. Технологія пива: навч. посібник для студ. усіх форм навч. напряму «Харчова технологія та інженерія» / Л. А. Данилова, П. О. Некрасов ; Національний технічний ун-т «Харківський політехнічний ін-т». — Х. : НТУ «ХПІ», 2006. — 224 с.: рис., табл. — Бібліогр.: 197 с.
4. Технологія солоду та пива: підручник для студ. вищих закл. освіти, що навч. за спец. «Технологія бродильних виробництв і виноробства» / В. А. Домарецький. — К. : Урожай, 1999. — 542 с.: рис.
5. Хміль та пиво в Україні з давнини до сьогодення / М. Ю. Костриця, Й. Г. Рейтман; ред. Й. Г. Рейтман; Ін-т сіл. госп-ва Полісся. — Житомир: [б.в.], 1997. — 238 с.
6. <https://khemelpyvo.com/vyrobnytstvo/>
7. <https://www.ua-region.com.ua/kved/11.06>
8. https://obolon.ua/ua/production/brewers_malt
9. Валуйко Г.Г. Технологія вина: підруч. [для студентів вищих навчальних закладів] / Валуйко Г.Г., Домарецький В.А., Загоруйко В.О. К.: Центр навч. Л-ри, 2003. 592 с.
10. Валуйко Г.Г. Технология виноградных вин. Симферополь, 2001. 613 с.
11. Гержилова В.Г. Технохимический контроль в виноделии / В.Г. Гержилова. Симферополь: «Таврида», 2001. 624 с.
11. Півоваров О.А., Ковальова О.С. Сучасні методи інтенсифікації солододорощення: монографія // О.А. Півоваров, О.С. Ковальова. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. 242 с.

12. Pivovarov O., Kovaliova O. Features of grain germination with the use of aqueous solutions of fruit acids // *Food Science and Technology*. 2019. Volume 13 Issue 1. P.83-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v13i1.1334>
13. Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions // *Food science and technology*. 2020. Vol. 14, Issue 3. P. 113-121 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i3.1799>.
14. Hartel, R. W. Ice crystallization during the manufacture of ice cream / R. W. Hartel // *Trends in Food Science & Technology*. – 1996. – № 7. – P. 315–321.
15. Clarke C. *The Science of Ice Cream* / C. Clarke // The Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK. – 2004. – P. 13-59.
16. Thomas E. L. *Structure and properties of ice cream emulsions* / Thomas E. L. // *Food Technol.* – 1981. – P. 35–41.
17. Arbuckle W. S. *Ice Cream* / Arbuckle W. S. (Fourth edition). Westport Connecticut: The Avi Publishing Company, Inc., 1986. – 483 p.
18. Goff H. D. Changing the ice in ice cream / H. D. Goff, A. Regand, B. Tharp // *Dairy Industry International*. – 2002. – Vol. 67, № 1. – P. 30–32.
19. The structure of ice cream / Berger K. G., Bullimore B. K., White G. W. [et al.] // *Dairy Ind.* – 1972. Aug. – P. 419–424, – 1997. Sept. – P. 493–497
20. Turan S. Interaction of Fat and Air in Ice Cream / S. Turan, M. Kirkland, P. A. Trusty // *Dairy Industry International*. – 1999. – Vol. 64, № 1. – P. 27–31.
21. Koxholt M. M. R. Effect of the Fat Globule Sizes on the Meltdown of Ice Cream / M. M. R. Koxholt, B. Eisenmann, J. Hinrichs // *Journal of Dairy Science*. – 2001. – Vol. 84, № 1. – P. 31–37.
22. Patel M. R. Increasing The Protein Content of Ice Cream / M. R. Patel, R. J. Baer, M. R. Acharya // *Journal of Dairy Science*. – 2006. – Vol. 89, № 5. – P. 1400–1406.

23. Flores A. A. Recrystallization in ice cream after constant and cycling temperature storage conditions as affected by stabilizers / A. A. Flores, H. D. Goff. *J. Dairy Sci.* – 1999. – № 82. – P. 1408–1415.
24. Hartel R. W. Mechanisms and kinetics of recrystallization in ice cream / R. W. Hartel // *Properties of Waters in Foods : ISOPOW 6* ; Reid, D. S., Ed., Blackie Academic & Professional : New York, – 1998. – P. 287–319.
25. Bayardo Karla. Effects of Stabilizers and Processing on the Microstructure and Stability of a Model of Ice Cream: A Thesis for the degree of Master of Science / Bayardo Karla – Canada: Guelph , 2001. – 175 p.
26. Protein-polysaccharide interactions / J. L. Doublier, C. Garnier, D. Renand,, C. Sanchez // *Current Opinion in Colloid & Interface Science.* – 2000. – № 5. – P. 202–214.
27. Goff H. D. Hydrocolloid applications in frozen foods: an end-users viewpoint / H. D. Goff, P. A Williams // *Gums and Stabilizers for the Food Industry.* Ed.; Royal Society of Chemistry: Dorset, UK. – 2006. – № 13. – P. 403–412.
28. Dickinson E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems / E. Dickinson // *Food Hydrocolloids.* – 2003. – №17. – P. 23– 39.
29. Eisner M. D. Air cell microstructure in high viscous ice cream matrix / M. D. Eisner, H. Wildmoser, E. J. Windhab // *Colloids and Surfaces & Physicochemical and Engineering Aspects.* – 2005. – P. 263, 390–399.