

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»**

Інженерно-технічний факультет

Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін

ДИПЛОМНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АПАРАТА ДЛЯ
ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ»**

Виконав(ла):

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної форми навчання
СЕМОТЮК Мирослав Мирославович

Керівник:

канд. тех. наук, доцент
ПІДЛІСНИЙ Віталій Володимирович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____
Кількість балів _____ Шкала ECTS _____
«_____» _____ 20__ р.

Допускається до захисту:

«_____» _____ 20__ р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович
(підпис)

З М І С Т

	Стор.
ЗАВДАННЯ	4
АНОТАЦІЯ	5
РЕФЕРАТ	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОЛОДУ	11
1.1. Аналіз етапів виробництва солоду	11
1.2. Аналіз технології пророщування зерна	16
1.3. Способи пророщування солоду	17
1.4. Аналіз конструкцій апаратів для пророщування солоду	19
1.5. Обґрунтування вибору теми	28
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, МЕТОДИКА ТА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	30
2.1. Об'єкт досліджень	30
2.2. Дослідження тепло і масообміну при пророщуванні солоду	33
2.3. Методи проведення дослідження	34
2.4. Обґрунтування параметрів швидкохідного валка	41
РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ	41
3.1. Обґрунтування теплових і матеріальних потоків у процесах пророщування солоду	41
3.2. Обґрунтування теплотехнічних параметрів повітря	44
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ	

АПАРАТУ ДЛЯ ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ	52
4.1. Обґрунтування модернізації конструкції апарата	52
4.2. Обґрунтування конструктивних параметрів апарата для пророщування солоду	54
4.3. Обґрунтування потужності приводу барабана	56
4.4. Обґрунтування теплового балансу апарату для пророщування солоду	58
4.5. Обґрунтування матеріального балансу апарата	62
 РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБҐРУНТОВАНИХ РІШЕНЬ	65
5.1. Обґрунтування масштабів інвестицій для реалізації рішень	65
5.2. Зміна об'ємів виробництва	68
5.3. Розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень ..	71
 ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82
ДОДАТКИ	82

ВСТУП

Актуальність теми. Солод – це замочене попередньо, та пророщене в штучних умовах зерно та збагачене активними ферментами, з різних видів зернових культур [1].

Під пророщуванням слід розуміти пророщування різних видів зерна у спеціально створюваних і регульованих умовах. Кінцевий продукт пророщування називається свіжопророслим солодом. У результаті в'ялення, а потім сушки він перетворюється у сушений солод. В залежності від виду висушування розрізняють такі типи солоду : світлий, темний, карамельний; палений.

Головна мета пророщування солоду полягає в основному це отримання продуктів з високим вмістом ферментів.

Продукти пророщування з високим вмістом ферментів застосовуються у вигляді пророщеного солоду для оцукрювання сировини з вмістом крохмалю (ячмінь, кукурудза, жито, картопля), в хлібопекарській галузі для підвищення газоутворювальної спроможності борошна і одержання доброго кольору хліба, в текстильній промисловості та ін. [1, 2]. У харчовій промисловості солод знайшов широке застосування як носій ферментів, а також завдяки своїм цінним компонентам - для приготування солодових екстрактів, кави та препаратів оздоровчого призначення. Пророщений солод також використовують для оцукрювання крохмалю у виробництві спирту. Однак, найважливішу роль солод відіграє в пивоварінні, тому важливими технологічними процесами є сушіння і термічна обробка солоду, що надає йому особливого запаху, кольору і смаку.

Для приготування солоду теоретично можна використовувати більшість видів зернових культур, так як вони містять одні і ті ж групи речовин, виділяють при пророщуванні відповідні ферменти і дають подібні кінцеві продукти. Однак, для виготовлення пивоварного солоду найкращим є ячмінь, тому що він:

1) менш вимогливий до кліматичних умов і ґрунту, ніж пшениця. У середніх широтах навіть при несприятливих погодних умовах тривалість вегетаційного

2) періоду достатня для нормального росту і розвитку ячменя;

3) пророщування ячменю порівняно легко регулювати;

4) кількісне співвідношення виділених при пророщуванні ферментів позитивне для бажаних перетворень речовин, які знаходяться у зерні;

5) квіткові (м'якушеві) оболонки ячмінного солоду утворюють рихлий фільтрувальний прошарок, який сприяє найбільш повному відділенню розчину екстракту (сусла) від залишків (подрібнення);

6) по смаковим і технологічним якостям пиво, отримане із ячменю, перевершує пиво із будь-якого іншого зерна.[11]

В сучасному баченні увага спеціалістів зосереджується на підвищенні якісних показників продукції, знижені питомих енергетичних витрат, підвищенні стійкості продукції.

Зниження питомих енергетичних витрат, підвищення якісних показників солоду, забезпечення конкурентоспроможності продукції пивоварної галузі України на зовнішньому і внутрішньому ринках є невідкладним завданням, виконання якого базується на удосконаленні технологічного обладнання для замочування і пророщування солоду.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами досліджень. Дана робота виконувалася у відповідності до національної наукової програми "новітні технології та ресурсо збереження в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі" на період з 2020 по 2025 рік. Це відповідає напрямку наукових досліджень на кафедрі технічного сервісу та загальнотехнічних дисциплін інженерно-технічного факультету.

Мета і завдання досліджень. Мета дослідження полягає в дослідженні режимних параметрів перебігу процесу пророщування солоду, модернізації конструктивних параметрів апаратів для підвищення ефективності процесів та покращення якісних показників солоду.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

1. Виконати аналіз сучасного стану технологій та засобів для виробництва солоду.

2. Виконати дослідження по оцінці нерівномірності температурних полів в зерновій масі при пророщуванні.

3. Розробити заходи, щодо обмежень температурних перепадів, покращення якісних показників солоду і обмеженню матеріальних втрат.

4. Виконати обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів апарату для пророщування солоду.

5. Обґрунтувати економічну ефективність результатів роботи.

Об'єкт досліджень. Є система пророщування солоду в апараті барабанного типу.

Предмет досліджень. Є кінематичні та динамічні параметри процесу пророщування солоду.

Методи досліджень. Методика та методи проведення досліджень передбачають використання методів моделювання які дозволять встановити причини виникнення температурних градієнтів в зерновому середовищі та можливості обмежень температурних перепадів при аерації зернової маси з експериментальною перевіркою окремих положень та використанням комп'ютерних технологій.

Практичне значення отриманих результатів – полягає в тому, що на підставі проведених досліджень було запропоновано аналітичні основи щодо визначення співвідношень теплових і матеріальних потоків у процесах пророщування солоду, в тім числі відносно режимів рециркуляції. Встановлено причини виникнення градієнтів температур в зерновій масі. Обґрунтовано конструктивні параметри апарату для оцінки нерівномірності температурних полів і взаємозв'язків їх з параметрами процесу.

Отримані результати можуть бути використані в навчальному процесі з для здобувачів вищої освіти спеціальностей: 208 “Агроінженерія”, 181

«Харчові технології» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет».

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідалися й обговорювалися на науково-практичних конференціях ЗВО «Подільський державний університет» у 2023-2024р.

Публікації. Семетюк М.М., Підлісний В.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів апарата барабанного типу для пророщування солоду // Перші наукові кроки – 2024: збірник наукових праць XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (18 квітня 2024 р., м. Кам'янець-Подільський). – Кам'янець-Подільський, 2024. – 123 с.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У роботі було проведено дослідження режимних параметрів перебігу процесу пророщування солоду, модернізації конструктивних параметрів апаратів з метою підвищення ефективності процесів та покращення якісних показників солоду.

На основі виконаного аналізу сучасного стану технологій та засобів для виробництва солоду встановлено, що утворення й активація ферментів є найважливішим процесом пророщування й усього виробництва. У зерні ферменти втримуються в достатній кількості, і під час пророщування вони активуються. Виконано також аналіз конструкцій апаратів для пророщування солоду і встановлено, що пророщування буде проходити з найкращими показниками в апараті, але одночасно барабанні солодовні всіх типів, є найбільш складними степені механізації та автоматизації виробничих процесів у них найбільша.

Виконано дослідження щодо нерівномірності температурних полів в зерновій масі при пророщуванні. Встановлено, що причинами температурних перепадів у напрямках горизонтальних осей виступає нерівномірність розподілу газової фази по перфорованій опорній площині, цього недоліку можна позбутися за рахунок конструктивних прийомів.

Розроблено заходи, щодо обмежень температурних перепадів, та покращення якісних показників солоду і обмеженню матеріальних втрат. Встановлено, що при втручанні в систему без підвищення температури повітря було загальне зниження середньої температури зернової маси, але різниця в значеннях Δt_1 і Δt_2 склала 1, 2 °С. Цей недолік, пов'язаний з переохолодженням зернової маси можна усувати наближенням температури повітря до номінальної для солоду.

Обґрунтовано конструктивно-технологічних параметрів апарату для пророщування солоду та встановлено, що запропоновані рішення, щодо модернізації мають наступні переваги: не збільшуючи розмірів барабана можна збільшити продуктивність, покращити якісні показники солоду за рахунок

відсутності ділянок застоювання зерна, а також зменшити ймовірність відривання ростків при зворушуванні солоду .

Виконано обґрунтування економічної ефективності результатів роботи. Розрахунок чистого приведенного доходу – складає 1107018,55 грн, це вказує на те, що віддача від реалізації обґрунтованих рішень на дану величину перевищує вкладені інвестиції. А термін повернення інвестицій – в межах життєвого циклу складає 1,03 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богомолів, О. В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств : навч. посібник / О. В. Богомолів, П. В. Гурський, В. П. Богомолів. Харків : Еспада. 2015. 432 с.
2. В.В. Підлісний, А.Й. Варфоломеев Особливості газообміну і масопередачі при замочуванні солоду [Текст] / Науковий журнал «Харчова промисловість» № 6: Київ: 2008. С 74-77.
3. В.В. Підлісний Визначення теплових і матеріальних потоків у процесах пророщування солоду [Текст] / Науковий журнал «Харчова промисловість» № 6: Київ: 2008. С 90-92.
4. Гвоздєв О. В., Шпиганович Т. О., Ялпачик О. В. Вдосконалення процесу подрібнення зерна. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки*. Вінниця: 2011. №9. С. 143–150.
5. Домарецький В.А., Прибильский В.Л., Михайлов М.Г. Технологія естрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини. Вінниця: Нова книга: 2015. 408 с.
6. Калунянц К.А., Яровенко В.Л., Домарецький В.А., Колчева Р.А. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв. Київ.: Колос: 2012. 446с.
7. Лабораторний практикум із загальних технологій харчової промисловості : навч. посібник / В. Ф. Доценко, Т. А. Сильчук, Т. П. Голікова та ін. ; за ред. В. Ф. Доценка ; Національний університет харчових технологій. Київ : Кондор: 2016. 380 с.
8. Машина та обладнання переробних виробництв: Навчальний посібник / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Чубов Д. С. та ін. ; за ред. О. В. Дацишин. Київ: Вища освіта, 2005. 159 с.
9. Мелетьєв, А. Є. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв : підручник / А. Є. Мелетьєв, С. Р. Тодосійчук, В. М. Кошова ; за ред. А. Є. Мелетьєва. Вінниця : Нова книга: 2017. 392 с.
10. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності

208 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, С.П. Комарніцький. За ред. В.І. Дуганця. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. 51 с.

11. Особливості підготовки повітря при виробництві солоду в зимовий період / В. Підлісний, А. Соколенко, О. Шевченко и др. // Харчова і переробна промисловість. № 11 (339). 2017. С. 13–14.

12. Осокіна Н. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва : підручник. / Н. М. Осокіна, Г. С. Гайдай. Умань : Уманське видавничо-поліграфічне підприємство: 2005. 614 с.

13. Пат. № 25649 Україна, МПК (51) B01D 3/18(2007.01). Масообмінний апарат / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Підлісний В.В., Шевченко О.Ю., Варфоломєєв А.Й., (Україна). № u2007 04722; заявл. 27.04. 2007; опубл. 10.08. 2007, Бюл. № 12. 4 с.

14. Пат. № 29493 Україна, МПК (2006) C12C 1/00. Апарат для замочування зерна / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А., Підлісний В.В., (Україна). № u2007 11258; заявл. 11.10. 2007; опубл. 10.01. 2008, Бюл. № 5. 4 с.

15. Пат. № 29881 Україна, МПК (2006) C12C 1/00. Пристрій для пророщування зерна ящикového типу, барабанний або у вигляді «пересувної грядки» / Соколенко А.І., Лисюк О.О., Піддубний В.А., Підлісний В.В., Шевченко О.Ю., Варфоломєєв А.Й. (Україна). № u2007 11258; заявл. 11.10. 2007; опубл. 25.01. 2008, Бюл. № 5. 4 с.

16. Пат. № 30351 Україна, МПК (2006) C12C 1/00. Апарат для замочування зерна / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А., Підлісний В.В. (Україна). № u2007 11572; заявл. 19.10. 2007; опубл. 25.02. 2008, Бюл. № 11. 4 с.

17. Підлісний В.В. Удосконалення процесів та обладнання для виробництва солоду : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Підлісний Віталій Володимирович. НУХТ: Київ: 2009. 137 с.

18. Підлісний В.В., Палилюлько М.І. Дослідження процесів кондиціонування і вилучення діоксину вуглецю з рециркуляційної частини

повітря при виробництві солоду [Текст] / Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ: 2010. Вип.144, ч. 2. 296с.

19. Підлісний В.В., Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А., А.Й. Варфоломеев Особливості підготовки повітря при вирощуванні солоду в зимовий період [Текст] // Харчова і переробна промисловість.: Київ.: 2007. № 11. С. 13-14.

20. Піддубний В.А. Розробка методів розрахунку і удосконалення обладнання систем виробництва солоду. Автореф. дис... кан-та техн.наук. Київ: НУХТ.: 2013. 17 с.

21. Піддубний В.А., Українець А.І., Соколенко А.І., Оцінка ефективності утилізації теплоти повітря в сушарках солоду // Наукові праці УДУХТ.: 2011. № 9. С. 121-122.

22. Піддубний В.А. Інтенсифікація масообміну в умовах перехідних процесів. Київ.: Люксар.: 2006. 248 с.

23. Пивоварна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ.: 2019. 136 с.

24. Пожежна безпека об'єктів агропромислового комплексу : навч. посібник / уклад.: М. З. Пелешко, О. Ф. Бабаджанова, О. І. Башинський; Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. Львів : Вежа і Ко.: 2010. 169 с.

25. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна. НПАОП 15.0-1.01-17 Індустрія.: 2017. 76 с.

26. Прохоров О.М., Житнецький І.В. Мінімізація енергетичних витрат процесу зневоднення капілярно-пористих матеріалів // Харчова промисловість. Київ.: НУХТ, 2005. № 4. С. 127-128.

27. Рожківський М. Ф. Розробка наукових основ, створення і впровадження прогресивних технологій та комплексу машин нового покоління. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха: ННЦ

«ІМЕСТ».: 2016. Вип. 90. С. 324–338.

28. Семетюк М.М., Підлісний В.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів апарата барабанного типу для пророщування солоду // Перші наукові кроки – 2024: збірник наукових праць XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (18 квітня 2024 р., м. Кам'янець-Подільський): Кам'янець-Подільський: 2024. 123 с.

29. Соколенко А.І., Українець А.І., Піддубний В.А. Транспортно-технологічні системи пивзаводів.: Київ : АртЕк.: 2012. 304 с.

30. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови / розроб. Р. Білошицька та ін. Офіц. вид. Чинний від 01.10.2004. Київ : Держспоживстандарт України.: 2014. III с., 30 с.

31. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: Навч. посібник / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В., Ялпачик Ф. Ю, Гвоздев В. О. ; за ред. О. В. Дацишина. Вінниця: Нова Книга: 2009. 488 с.

32. Технологічне обладнання переробних та харчових виробництв. Лабораторний практикум для студентів інженерних спеціальностей [Текст] / [І. М. Бендера, О. М. Семенов, О. Я. Стрельчук, та ін.]. Кам'янець–Подільський : Абетка.: 2008. 120 с.

33. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах : навч. посібник/ А. Є. Мелетьєв, В. А. Домарецький, С. Р. Тодосійчук, А. М. Куц ; за ред. А. Є. Мелетьєва ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій.: Київ : НУХТ.: 2007. 256 с.

34. Харитонова А.І. Розробка технологій прискореного дозрівання солоду / А.І. Харитонова, В.О. Олексієнко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Вінниця: ВНАУ.: 2015. С. 73–75.

35. Шевченко О.Ю. Підготовка повітря в процесах виробництва солоду // Харчова промисловість. Київ.: НУХТ.: 2003. № 2. С. 66-69.

36. Шевченко О.Ю., Добровольська Н.Г. Технологічні аспекти процесів замочування зерна при виробництві солоду. Київ.: НУХТ.: 2013. № 2. С. 69-70.

37. <https://zag-tech.biz/inzhyniryng/vyrobnycztvo-solodu/>
38. <https://foodtechnology.pro/tehnologiya-vyrobnystva-pyva>
39. <https://www.czechbrewerysystem.com/uk/beer-production-technology/>
40. <https://brovar.org/pro-nas/yak-vygotovlyayetsya-pyvo/>
41. <https://elc.library.onaft.edu.ua/> library-w