

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КИРИЛЕНКО РОМАН ГРИГОРОВИЧ

УДК
66.013.6:663.52

**УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
СПИРТОВОЇ БРАЖКИ З КРОХМАЛЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ**

05.18.07 – Технологія продуктів бродіння

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,

Шиян Петро Леонідович,

Національний університет харчових технологій, завідувач
кафедри біотехнології продуктів бродіння, екстрактів і
напоїв

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,

Левандовський Леонід Вікторович,

Національний університет харчових технологій, завідувач
кафедри біохімії та екології харчових виробництв

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Ткаченко Любов Володимирівна,

старший науковий співробітник відділу технології
продуктів бродіння і мікробного синтезу
УкрНДспиртбіопроду

Захист відбудеться “31 ” жовтня _____ 2007 р. о __ 14 __ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових
технологій за адресою:

01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету
харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “ 28 ” вересня 2007 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н.

С.І. Літвинчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми. Спиртова галузь України – одна із найбільш технічно розвинутих галузей. Сучасний науково-технічний рівень технології спирту як науки досягнуто завдяки розробкам видатних учених багатьох країн, у тому числі і вчених України (В.М. Швець, В.А. Домарецький, В.О. Маринченко, П.Л. Шиян, С.Т. Олійнічук, Т.О. Мудрак та ін.), які брали участь в її створенні та вдосконаленні.

Етиловий спирт широко застосовується в багатьох галузях народного господарства і може бути використаний як моторне паливо як у чистому вигляді, так і у вигляді високооктанової добавки до бензину. Сировиною для етилового спирту, який використовується на технічні потреби, може бути більш дешеве фуражне та нетрадиційне зерно.

На сьогодні одним із першорядних завдань соціально-економічного розвитку України є зменшення дефіциту енергоносіїв шляхом розробки та впровадження у виробництво ресурсо- та енергозберігаючих технологій нового покоління.

Завдяки досягненням світової біотехнології останніми роками налагоджено виробництво термостабільних ферментних препаратів селективної дії, що дало можливість розробити енерго- та ресурсозберігаючу технологію спиртової бражки, яка передбачає об'єднання процесу розварювання зернової сировини та ферментативного гідролізу крохмалю.

Особливості переробки різних видів зернової сировини, а також вплив ступеня дисперсності зерна на процес розріджування та оцукрювання крохмалю з використанням висококонцентрованих ферментних препаратів при низькотемпературному розварюванні в спиртовому виробництві недостатньо вивчені і потребують подальших досліджень з метою поліпшення гідролізу його некрохмальних полісахаридів.

У зв'язку з цим назріла необхідність дослідити та оптимізувати енерго-ресурсозберігаючу технологію спиртової бражки з різних видів крохмалевмісної сировини при низькотемпературній термоферментативній обробці зернових замісів концентрованими ферментними препаратами селективної дії.

Основні технологічні параметри, що впливають на процеси одержання спиртової бражки, є вид і якість сировини, ступінь її подрібнення, концентрація сухих речовин зернового замісу, температура та експозиція його термоферментативної обробки, рН, місце введення ферментних препаратів у технологічний процес, їх композиція та питомі витрати. З урахуванням високих вимог до якості ректифікованого спирту необхідно дослідити вплив наведених параметрів на накопичення побічних і вторинних продуктів бродіння в дозрілій бражці та забезпечити ефективно їх вилучення в процесі ректифікації спирту.

У зв'язку з цим необхідно розробити оптимальну технологію спиртових бражок при низькотемпературному розварюванні різних видів крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів селективної дії.

Проведення комплексних заходів із ресурсо- та енергозбереження дасть можливість знизити собівартість спирту, підвищити його якість, сприятиме поліпшенню екологічної безпеки спиртового виробництва, створить умови для використання етанолу не тільки в харчовій промисловості а й у інших галузях як поновлювальної органічної сировини та біопалива. Розробка та широкомасштабне впровадження енерго- та ресурсозберігаючої технології спиртової бражки дає змогу підвищити конкурентоспроможність спиртових заводів України у разі входження в СОТ.

Розроблення удосконаленої енерго- і ресурсозберігаючої технології переробки сировини на спирт етиловий харчовий, технічний і біоетанол є актуальним і важливим завданням розвитку вітчизняної спиртової промисловості та інших галузей економіки України. Вирішенню цієї проблеми присвячена дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась згідно з Держбюджетними тематиками науково-дослідних робіт НУХТ: "Розробка та впровадження техніки і технології доазеатропного етилового спирту, як компонента моторного палива та технічного денатурованого спирту, як поновлювальної органічної сировини" № 0101U000722; "Дослідження та розробка енерго- та ресурсозберігаючої, маловідходної, екологічно безпечної технології спирту, ацетону та бутанолу" № 0104U000439. Особистий внесок дисертанта у виконання розробок за цими програмами полягає у проведенні лабораторних і промислових досліджень, опрацюванні та узагальненні отриманих результатів, підготовці матеріалів до публікації, розробленні науково-технічної документації та впровадженні отриманих результатів у виробництво.

Мета і завдання дослідження. Вдосконалення енерго- та ресурсозберігаючої технології спиртових бражок на основі дослідження та встановлення оптимальних параметрів технологічного процесу одержання спиртових бражок із різних видів зернової сировини.

Вибір мети та досліджень зумовив необхідність вирішення таких завдань:

- на основі теоретичних і експериментальних досліджень процесу ферментативного розріджування крохмалю різних видів зернової сировини встановити оптимальні режими гідролізу некрохмальних полісахаридів зерна концентрованими ферментними препаратами селективної дії;

- проаналізувати вплив технологічних параметрів термоферментативної обробки крохмалевмісної сировини на біосинтез побічних і вторинних продуктів бродіння в дозрілих бражках;

- визначити оптимальні режими вилучення побічних і вторинних продуктів бродіння в процесі ректифікації спирту;

- дослідити та відпрацювати у виробничих умовах технологічні режими зброджування суслу із різних видів крохмалевмісної сировини, отриманого при термоферментативній обробці з використанням концентрованих ферментних препаратів та розробити оптимальну енерго- та ресурсозберігаючу технологію спиртових бражок.

Об'єкт дослідження – технологія спиртової бражки при низькотемпературній термоферментативній обробці різних видів крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів.

Предмет дослідження – зернова сировина (пшениця, овес, просо, рис, жито, ячмінь, сорго, кукурудза), заміс, концентровані ферментні препарати селективної дії, сусло, виробничі дріжджі, спиртова бражка, бражні дистиляти.

Методи дослідження – спеціальні аналітичні, хімічні, фізико-хімічні газовохроматографічні методи досліджень з використанням сучасних приладів. Експериментальні дані обробляли за допомогою методів експериментально-статистичного моделювання, яка полягає у створенні математичної моделі використовуваної в практиці спиртового виробництва.

Наукова новизна одержаних результатів:

– дістали подальший розвиток дослідження впливу ступеня дисперсності зерна, початкової концентрації сухих речовин сусла, температури бродіння та виду крохмалевмісної сировини на кількісний та якісний склад побічних і вторинних продуктів бродіння в зрілих бражках;

– вперше одержано математичні моделі кількісного та якісного визначення побічних і вторинних продуктів бродіння в зрілих бражках залежно від впливу початкової концентрації сухих речовин сусла та температури бродіння. На основі цих даних оптимізовано процес бродіння;

– удосконалено енергозберігаючу технологію ректифікації спиртових бражок, одержаних при низькотемпературному термоферментативному обробленні крохмалевмісної сировини;

– на основі отриманих експериментальних даних розроблено удосконалену енерго- та ресурсозберігаючу технологію спиртової бражки із різних видів крохмалевмісної сировини при низькотемпературному термоферментативному її обробленні з використанням концентрованих ферментних препаратів.

Наукова новизна роботи підтверджена 3 патентами України на винахід.

Практичне значення одержаних результатів. Полягає у розробленні галузевого технологічного регламенту виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розварюванні крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів ТР У 00032744-812 – 2002 та технологічних інструкцій виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розварюванні крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів селективної дії для умов Липницького спиртового заводу (ТІ 30219014-019-2006-НТР) та ДП „Іваньківський спиртовий завод” – ТІ 30219014-022-2006-НТР.

На основі теоретичних розробок та експериментальних досліджень встановлено, що інтенсифікація технології спиртової бражки з різних видів крохмалевмісної сировини з використанням ферментних препаратів різної селективної дії дасть можливість зробити цю технологію максимально ефективною для широкого впровадження у виробництво спирту етилового харчового, технічного та паливного етанолу.

Розроблено ресурсозберігаючу ректифікаційну установку з цільовим вилученням верхніх проміжних домішок для забезпечення високої якості спирту ректифікованого з бражок, отриманих термоферментативним обробленням крохмалевмісної сировини (патент України на винахід № 56419 від 03.04.2002).

Розроблено удосконалену технологію одержання спиртових бражок із крохмалевмісної сировини низькотемпературним термоферментативним обробленням з використанням концентрованих ферментних препаратів (патент України на винахід № 70423 від 12.08.2004).

Впроваджено у виробництво енерго- та ресурсозберігаючу технологію спиртової бражки із різних видів крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів селективної дії на Іванківському, Липницькому, Козлівському спиртових заводах України, на підприємствах Росії та Монголії. Розрахунок економічної ефективності від впровадження енерго- та ресурсозберігаючої технології спиртової бражки при низькотемпературному термоферментативному обробленні крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів селективної дії становить 0,48 – 0,56 грн/дал спирту при вартості теплової енергії 120 грн/Гкал.

Матеріали досліджень використовуються в навчальному процесі.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто розроблено методики лабораторних і промислових досліджень, проведено лабораторні дослідження, оброблено і узагальнено їх результати, створено адекватні математичні моделі та оптимізовано процеси за узагальненими критеріями. Автор безпосередньо брав участь в організації і проведенні дослідно-промислових випробувань, підготовці до публікації результатів експериментальних досліджень, розробленні способу та установки, на які отримано три патенти України на винахід, у відзначенні Почесною грамотою – за активну участь у VI конкурсі під девізом „Інтелектуальний потенціал молодих учених – місту Києву” від Головного управління промислової, науково-технічної та інноваційної політики при Київській міській державній адміністрації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи апробовано на Міжнародній науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів “Сучасні методи створення нових технологій та обладнання в харчовій промисловості” (Київ, НУХТ, 2002); 69-й Науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, НУХТ, 2003); 71-й Науковій конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, НУХТ, 2005); IX-й Міжнародній науково-технічній конференції “Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи” (Київ, НУХТ, 2005); 72-й Науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті” (Київ, НУХТ, 2006) та відзначено Почесною грамотою – за активну участь у VI конкурсі під девізом „Інтелектуальний потенціал молодих вчених – місту Києву”.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 13 друкованих праць, у тому числі 4 статті у наукових фахових виданнях, перелік яких

затверджено Вищою атестаційною комісією України, 3 патенти України на винахід та 5 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури і додатків. Роботу викладено на 112 сторінках основного тексту, 12 рисунках і 21 таблиці. Список використаної літератури містить 143 вітчизняних і зарубіжних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та задачі досліджень, охарактеризовано наукову і практичну цінність роботи. Наведено відомості про особистий внесок автора, апробацію та опублікування результатів, структуру та обсяг роботи.

У *першому розділі "Аналітичний огляд"* показано, що основним шляхом удосконалення технології спиртової бражки з крохмалевмісної сировини є заміна традиційного високотемпературного розварювання на енерго- та ресурсозберігаючу технологію низькотемпературного термоферментативного оброблення зернових замісів.

Проведено аналіз концентрованих ферментних препаратів різної селективної дії використовуваних в спиртовому виробництві як в Україні, так і за кордоном, та визначено необхідність їх дослідження в технології спиртової бражки при низькотемпературному термоферментативному обробленні. Зроблено висновок, що не існує єдиного підходу щодо їх оптимальної композиції, місця введення в технологічний процес, оптимальних технологічних параметрів застосування в переробці різних видів крохмалевмісної сировини. Тому в подальших розділах основна увага приділялась визначенню оптимальних режимів гідролізу крохмалю різних видів зернової сировини концентрованими ферментними препаратами різної селективної дії та встановленню оптимальних параметрів дріжджегенерації, спиртового бродіння та їх впливу на біосинтез побічних і вторинних продуктів бродіння в дозрілих бражках.

У *другому розділі "Об'єкти та методи досліджень"* наведено характеристику об'єктів і методів досліджень, опис методів аналізів та умов проведення досліджень. Об'єктами досліджень є концентровані ферментні препарати, заміс, сусло, виробничі дріжджі, дозріла бражка, бражні дистиляти та подрібнене зерно жита, кукурудзи та зернового сорго.

У роботі використовували загальноприйняті в спиртовій промисловості методи. У розділі наведена загальна методика проведення експериментальних досліджень у лабораторних, дослідно-промислових і промислових умовах. Кількість у бражному дистиляті органічних кислот, складних естерів, альдегідів і вищих спиртів визначали газовохроматографічним методом на хроматографі Кристал-2000 М.

Статистичне оброблення результатів досліджень, побудову графіків і діаграм виконано з використанням програмного забезпечення „MathCad Professional 2000” та „MS Office Excel 2003”.

У третьому розділі "Дослідження та удосконалення технології зброджування сусла при переробці зернової сировини в умовах низькотемпературної термоферментативної обробки" поставлено завдання підбору комплексу ферментних препаратів, які забезпечили б високий ступінь гідролізу некрохмальних полісахаридів сировини, регламентовані показники зрілих бражок та вихід етанолу з 1 т умовного крохмалю. Досліджено та визначено оптимальні режими гідролізу та зброджування сусла із різних видів крохмалевмісної сировини за умов низькотемпературного розварювання з використанням концентрованих ферментних препаратів різної селективної дії.

Перспективними для спиртового виробництва, особливо для виробництва біопалива, є високоврожайні та висококрохмалисті культури такі, як: кукурудза, жито, а також нетрадиційна культура – сорго. У переробленні зернової сировини виникає проблема досягнення високого ступеня використання всіх складових частин сировини. Тому дослідження були спрямовані на оптимізацію технології низькотемпературної термоферментативної обробки замісів із зерна жита, сорго, кукурудзи.

Досліджували бражки із жита з початковою концентрацією сухих речовин (СР) у суслі – 15 – 18 %. Для гідролізу крохмалю використовували α -амілазу (Термаміл 120 Л), глюкоамілазу (Сан-Супер 240Л), як джерело целюлази – Целюкласт Л (табл. 1).

Таблиця 1

Технологічні показники зрілих бражок у процесі зброджування сусла із жита залежно від початкової концентрації сухих речовин

Номер досліджу	Умови досліджу	СР сусла, % мас.	Кількість виділеного CO ₂ , г/200 см ³ за 72 год бродіння	Кислотність, град	Кількість вуглеводів у бражці, г/100см ³		Концентрація етанолу, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн/см ³	Вихід спирту, дал/т ум. крохм.
					загальні незброд- жені	нерозчи- нений крохмаль			
1	Термаміл120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л(5,5 од. ГЛА/г)	18	11,46	0,50	0,82	0,085	7,59	145	63,6
2	Термаміл120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л(5,5 од. ГЛА/г)	17	10,85	0,50	0,80	0,087	7,19	140	63,9
3	Термаміл120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л(5,5 од. ГЛА/г)	15	10,23	0,51	0,50	0,040	6,78	138	64,0
4	Термаміл120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л(5,5 од. ГЛА/г) Целюкласт Л (0,3 од. ВГА/г)	18	12,05	0,48	0,88	0,026	7,99	149	64,0
5	Термаміл120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л(5,5 од. ГЛА/г) Целюкласт Л (0,3 од. ВГА/г)	17	11,47	0,49	0,85	0,030	7,60	142	64,6
6	Термаміл120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л(5,5 од. ГЛА/г) Целюкласт Л (0,3 од. ВГА/г)	15	10,86	0,50	0,50	0,049	7,20	131	65,2

У контрольних дослідах 1 – 3 використовували α - і глюкоамілазу з розрахунку 1,5 од. АА/г та 5,5 од. ГЛА/г умовного крохмалю відповідно.

В дослідах 4 – 6 додатково задавали Целюкласт Л із розрахунку 0,3 од. β ГА/г умовного крохмалю. В дослідах 1 – 3 з початковою концентрацією СР від 15 до 18 % без використання целюлолітичних ферментів вихід спирту в спиртових бражках на 1,2 – 1,9 % відносних нижчий від нормативного. Кількість загальних незброджених вуглеводів перевищує норму і становить 0,50 – 0,82 г/100 см³ бражки.

Нормативні показники бражки були досягнуті у досліді з Целюкластом Л з початковою концентрацією СР 15 %. Зі збільшенням концентрації СР до 18 % збільшувалася кількість загальних незброджених вуглеводів до 0,88 г/100 см³, а вихід спирту зменшувався до 64,0 дал/т умовного крохмалю.

Збільшення концентрації глюкоамілази до 6,9 од. ГЛА/г умовного крохмалю (на 25 % від нормативної) дає можливість підвищити початкову концентрацію СР до 18 %. Подальше збільшення концентрації глюкоамілази суттєво не впливає на технологічні показники зрілих бражок. Експериментальними дослідженнями визначено оптимальні композиції ФП, що забезпечують високий ступінь гідролізу не тільки крохмалю, а й інших некрохмальних полісахаридів зернової сировини, що дає змогу підвищити концентрацію спирту в бражках на 0,8 – 1,1 % відносних та знизити кількість незброджених вуглеводів у них на 2,9 – 3,7 % відносних.

Для збільшення виробництва технічного і паливного етанолу необхідно розширити сировинну базу за рахунок використання нетрадиційних, високоврожайних та висококροхмалистих культур до яких належить зернове сорго GART-95-31. При визначенні технологічної придатності даного сорту сорго як сировини для виробництва спирту в умовах низькотемпературної термоферментативної обробки (ТФО) замісів, важливим показником є ступінь дисперсності зерна. Збільшення ступеня дисперсності зерна сорго дає можливість інтенсифікувати процес термоферментативного оброблення замісів, що зменшує температуру інактивації ФП. Мінімальний термін перебування замісу в апаратах ТФО при температурі 85 – 90 °С та ступеня дисперсності зерна 100 % проходу через сито з отворами діаметром 0,25 мм становив 60 хв (контроль 90 хв) (рис. 1).

З підвищенням ступеня дисперсності зерна сорго до 100 % проходу через сито з отворами діаметром 0,5 та 0,25 мм концентрація етанолу в бражках зростала на 0,5 – 2,3 % відносних у порівнянні із контролем.

Для інтенсифікації процесу вивільнення крохмалю із целюлолітичної решітки зерна сорго додатково вносили целюлолітичний ферментний препарат Ультрафло і Целюкласт Л у кількості 0,3 од. β ГА/г умовного крохмалю (табл. 2).

Встановлено, що додавання целюлолітичного ФП, дає можливість збільшити концентрацію спирту в бражках із сорго на 0,66 – 0,76 % відносних.

Останнім часом на ринку сировини для спиртової галузі переважає кукурудза. Ця культура різниться за своїм біохімічним складом. При зброджуванні суслу із кукурудзи в спирт виникає ряд технологічних ускладнень, особливо при низькотемпературній ТФО замісів.

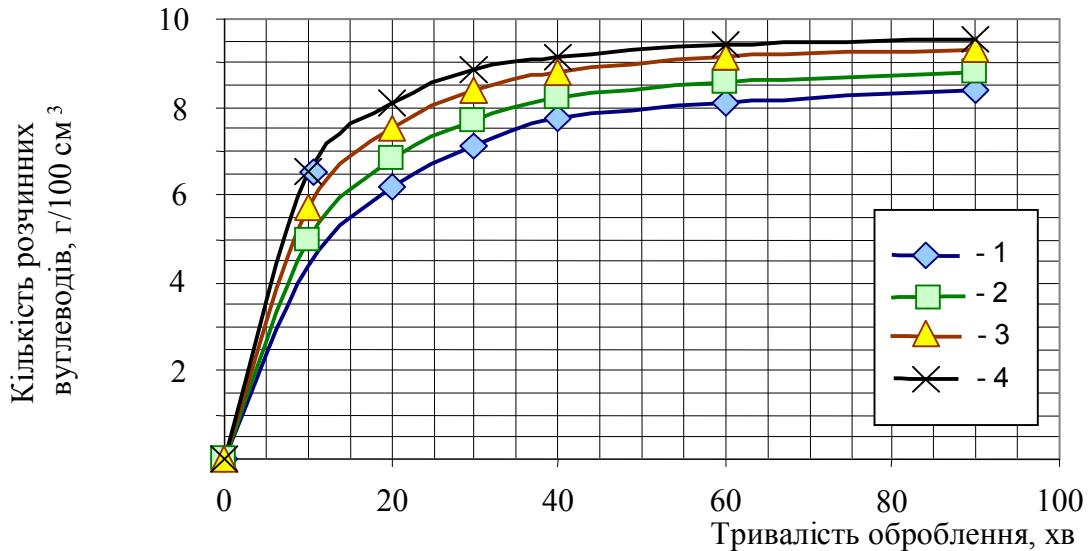


Рис. 1. Кінетика накопичення розчинних вуглеводів у суслі залежно від ступеня дисперсності зерна сорго при температурі розріджування 90 °С:

- 1 – 85 % проходу через сито із отворами діаметром 1 мм (контроль);
- 2 – 100 % проходу через сито із отворами діаметром 1 мм;
- 3 – 100 % проходу через сито із отворами діаметром 0,5 мм;
- 4 – 100 % проходу через сито із отворами діаметром 0,25 мм.

За результатами досліджень визначено оптимальні режими переробки кукурудзи в умовах низькотемпературної ТФО замісів. Підібрано композиції та концентрації ферментних препаратів, які б забезпечували високий ступінь гідролізу не тільки крохмалю, а й інших біополімерів. Як контроль використовували розріджуючий ФП Термамил 120 Л (1,5 од. АА/г умовного крохмалю), для оцукрювання – Сан-Супер 240 Л (5,5 од. ГЛА/г умовного крохмалю). Температура розріджування 90 °С, експозиція – 3 год. Ступінь дисперсності зерна 100 % проходу через сито з отворами діаметром 1 мм. Концентрація СР сусла – 14 %.

Таблиця 2

Технологічні показники зрілої бражки із сорго з використанням ФП різної селективної дії

Номер дослід	Умови дослід	Кількість виділено-го CO_2 , г/200 cm^3 за 72 год бродіння	Кислотність, град	Кількість вуглеводів у бражці, г/100 cm^3		Концентрація етанолу, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн/ cm^3
				загальні незбро-джені	нероз-чинений крохмаль		
1	Термамил 120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер 240Л (5,5 од. ГЛА/г) (контроль)	13,73	0,50	0,136	0,090	9,10	144
2	Термамил 120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер 240Л (5,5 од. ГЛА/г) Целюкласт Л (0,3 од. β ГА/г)	13,83	0,48	0,152	0,075	9,17	145
3	Термамил 120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер 240Л (5,5 од. ГЛА/г) Ультрафло (0,3 од. β ГА/г)	13,81	0,49	0,154	0,075	9,16	150

Встановлено, що із підвищенням концентрації розріджуючого ФП до 1,7 та 2,0 од. АА/г умовного крохмалю, кількість нерозчиненого крохмалю в зрілих бражках із кукурудзи зменшувалася на 1,2 – 2,5 % відносних, а концентрація етанолу в бражних дистилатах зростала на 0,4 – 1,8 % відносних. Внесення цитолітичного ФП Целюкласт Л в процесі оцукрювання суслу, дає можливість підвищити концентрацію етанолу в бражках на 2,5 % відносних при витратах розріджуючого ФП у кількості 2,0 од. АА/г умовного крохмалю (табл. 3).

Таблиця 3

Технологічні показники зрілої бражки у процесі зброджування суслу із кукурудзи

Номер дослід	Умови дослід	Кількість виділеного CO ₂ , г/200 см ³ за 72 год бродіння	Кількість вуглеводів в бражці, г/100см ³		Кислотність, град	Концентрація етанолу, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн/см ³
			загальні незбро-джені	нерозчи-нений крохмаль			
1	Термамил120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГЛА/г) (контроль)	10,58	0,319	0,171	0,55	7,02	118
2	Термамил120Л (1,7 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГЛА/г)	10,63	0,265	0,125	0,49	7,05	125
3	Термамил120Л (2,0 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГЛА/г)	10,78	0,250	0,095	0,45	7,15	129
4	Термамил120Л (2,0 од. АА/г) Сан-Супер240Л (7,2 од. ГЛА/г)	10,80	0,239	0,089	0,46	7,16	132
5	Термамил120 Л (2,0 од. АА/г) Сан-Супер240 Л (7,2 од. ГЛА/г) Целюкласт Л (0,3 од. βГА/г)	10,86	0,289	0,090	0,50	7,20	128

Для зменшення витрат енергоресурсів у процесі брагоректифікації та збільшення потужності бродильного відділення проведено дослідження щодо підвищення початкової концентрації СР суслу (табл. 4).

Таблиця 4

Технологічні показники зрілої бражки у процесі зброджування суслу із кукурудзи залежно від концентрації сухих речовин суслу та кількості ФП

Номер дослід	Умови дослід	Кількість виділеного CO ₂ , г/200 см ³ за 72 год бродіння	Кількість вуглеводів у бражці, г/100см ³		Кислотність, град	Концентрація етанолу, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн/см ³
			загальні незбро-джені	нерозчи-нений крохмаль			
1	Термамил120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГЛА/г) СР-14 %	10,41	0,321	0,139	0,61	6,90	120
2	Термамил120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГЛА/г) СР-16 %	12,14	0,361	0,175	0,55	8,05	128
3	Термамил120Л (1,5 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГЛА/г) СР-18 %	13,57	0,380	0,180	0,55	9,00	132
4	Термамил120Л (1,7 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГЛА/г) СР-14 %	10,58	0,300	0,101	0,50	7,02	125

5	Термамил120Л (1,7 од. АС/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГлА/г) СР-16 %	12,20	0,312	0,109	0,49	8,09	131
6	Термамил120Л (1,7 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГлА/г) СР-18 %	13,65	0,325	0,110	0,48	9,05	138
7	Термамил120Л (2,0 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГлА/г) СР-14 %	10,69	0,250	0,085	0,50	7,09	130
8	Термамил120Л (2,0 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГлА/г) СР-16 %	12,28	0,270	0,090	0,49	8,14	131
9	Термамил120Л (2,0 од. АА/г) Сан-Супер240Л (5,5 од. ГлА/г) СР-18 %	13,73	0,291	0,095	0,48	9,10	136

Для перероблення суслу із кукурудзи з початковою концентрацією СР 18 % необхідно збільшувати витрати ФП α -амілази до 2,0 од. АА/г умовного крохмалю. При цьому витрата ФП глюкоамілази становить 5,5 од. ГлА/г умовного крохмалю.

Встановлено, що для зброджування суслу із кукурудзи при низькотемпературній ТФО замість ступінь дисперсності зерна повинен становити не менш як 95 – 100 % проходу через сито з отворами діаметром 1 мм. Підвищення ступеня дисперсності зерна до 100 % проходу через сито з отворами діаметром 0,5 та 0,25 мм дасть змогу знизити тривалість зброджування суслу до 55 годин.

На графіку (рис. 2) наведено динаміку виділення двоокису вуглецю у процесі зброджування суслу із кукурудзи залежно від температури бродиння та концентрації СР.

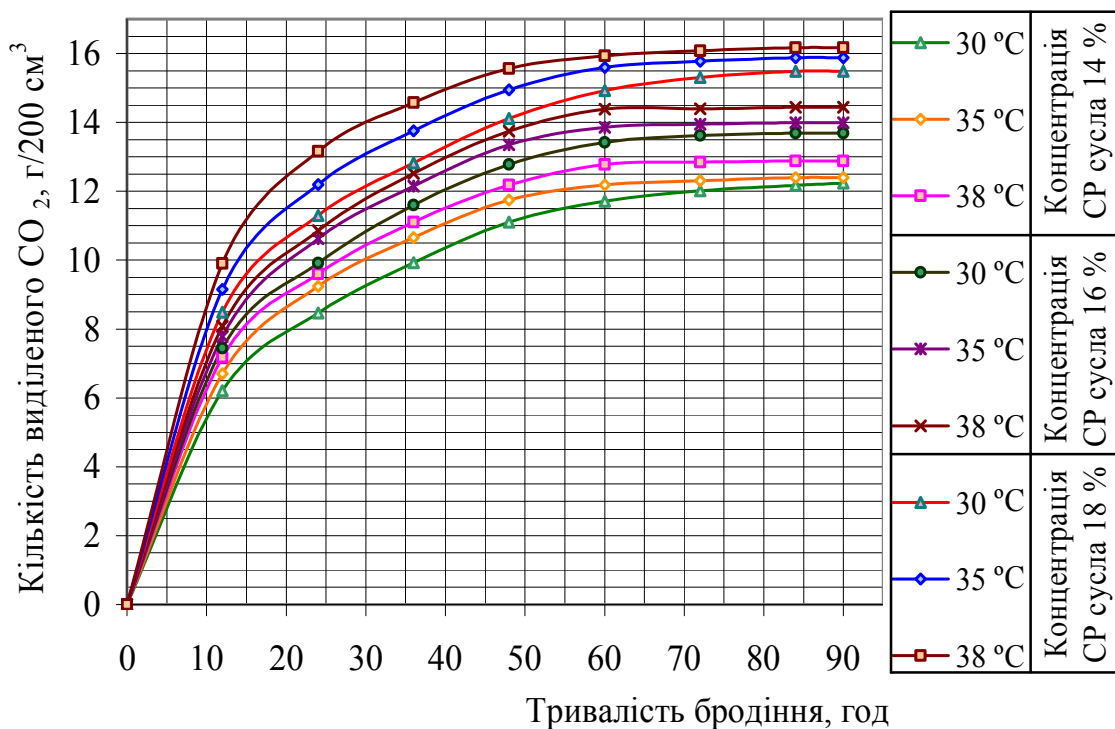


Рис. 2. Динаміка виділення CO_2 у процесі зброджування суслу з кукурудзи залежно від температури за концентрації СР 14, 16 та 18 %

З підвищенням температури бродіння збільшується енергія зброджування суслу незалежно від концентрації СР, що зумовлено наближенням до температурного оптимуму дії глюкоамілази.

У табл. 5 наведено показники зрілої бражки із кукурудзи залежно від температури бродіння та концентрації СР. Для переробки зернових замісів кукурудзи з підвищеною концентрацією СР (до 25 % мас.) температура бродіння повинна бути в межах 36 – 37 °С.

Для оптимізації процесу ректифікації бражних дистилятів, одержаних при низькотемпературній ТФО з метою виробництва спирту високої якості з мінімальними енерговитратами, необхідні достовірні дані про якісний і кількісний склад побічних і вторинних продуктів бродіння в дозрілих бражках.

Таблиця 5

Технологічні показники зрілої бражки у процесі зброджування сусла із кукурудзи залежно від температури бродіння та концентрації сухих речовин

Номер дослід	Умови дослід		Кількість виділеного CO ₂ , г/200 см ³ за 72 год бродіння	Кислотність, град	Кількість вуглеводів у бражці, г/100 см ³		Концентрація етанолу, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн/см ³
	Концентрація сусла, % СР	Температура, °С			загальні незброджені	нерозчинений крохмаль		
1	16	30	12,22	0,50	0,135	0,045	8,10	170
2	20	30	16,13	0,50	0,190	0,062	10,69	200
3	25	30	18,48	0,50	0,396	0,078	12,25	230
4	16	35	12,44	0,49	0,130	0,047	8,25	163
5	20	35	16,19	0,48	0,280	0,059	10,73	184
6	25	35	17,12	0,50	0,440	0,110	11,35	161
7	16	37	12,58	0,49	0,109	0,058	8,34	145
8	20	37	15,36	0,50	0,279	0,060	10,81	152
9	25	37	18,75	0,50	0,410	0,100	12,43	150

За результатами досліджень у лабораторних і виробничих умовах при низькотемпературній ТФО крохмалевмісної сировини було визначено вплив виду сировини та основних технологічних параметрів процесу (концентрації сухих речовин сусла, температури термоферментативної обробки, ступеня дисперсності подрібненого зерна, температури бродіння) на біосинтез летких домішок та їх концентрацію в дозрілих бражках. Виявлено, що якісний і кількісний склад побічних і вторинних продуктів бродіння дозрілої бражки залежать від виду перероблюваної сировини, ступеня дисперсності зерна та температури її термоферментативної обробки.

Результати досліджень показали, що з підвищенням температури бродіння до 37 °С у бражних дистилятах, незалежно від концентрації СР сусла, збільшується концентрація ацетальдегіду (в 1,2 раза), ізопропанолу (в 1,4 раза), ізопентанолу (в 1,2 раза); концентрація метанолу зменшується (в 1,3 раза),

етилацетату (в 1,1 раза), ізоамілацетату (в 1,2 раза), н-пропанолу (в 3,2 раза), н-бутанолу (в 7,5 раза), н-пентанолу (в 1,4 раза). Температура бродіння не впливає на біосинтез метилацетату, ізо-бутилацетату, етилбутирату та ізо-бутанолу. З підвищенням концентрації СР суслу з кукурудзи до 18 % (при температурі бродіння 37 °С) у бражних дистильатах збільшується концентрація ацетальдегіду (в 3 рази), етилацетату (в 2,8 рази), ізопентанолу (в 3,2 рази) та н-пентанолу (в 1,8 рази); концентрація метилацетату зменшується (в 4,7 рази), ізоамілацетату (в 1,9 рази), метанолу (в 1,2 рази), ізопропанолу (в 1,5 рази), н-пропанолу (в 7,6 рази) та н-бутанолу (в 4,2 рази). Концентрація ізобутилацетату, етилбутирату та ізобутанолу залишається без змін.

Отримані дані дали змогу оптимізувати технологічний процес ректифікації з використанням енергозберігаючої технології спиртової бражки і є передумовою її широкомасштабного впровадження у виробництво.

У зв'язку зі збільшенням кількості верхніх проміжних домішок у зрілих бражках, одержаних при ТФО, запропоновано апаратурно-технологічну схему установки для спрямованого видалення з циклу ректифікації цих домішок (рис. 3).

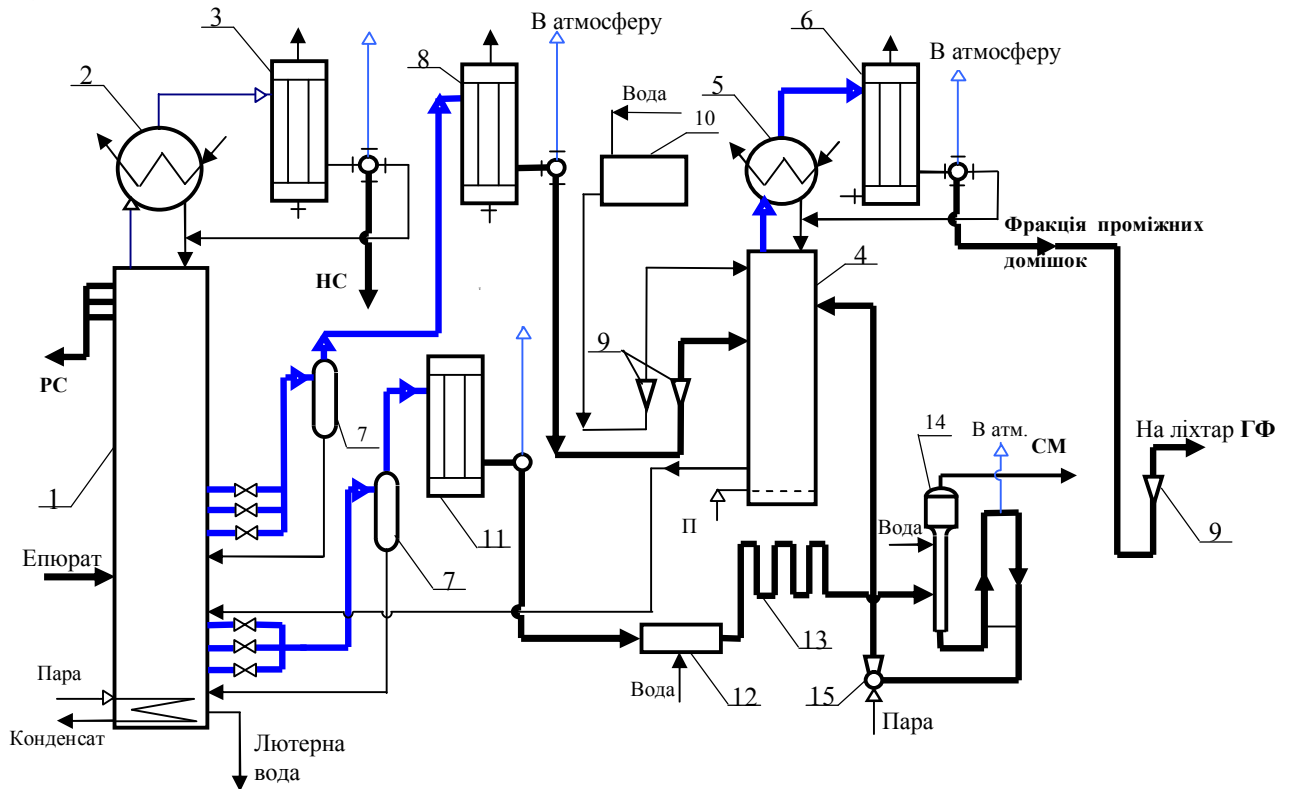


Рис. 3. Апаратурно-технологічна схема ректифікаційної установки з цільовим вилученням верхніх проміжних домішок:

1 – спиртова колона (СК); 2 – деглегматор СК; 3 – конденсатор СК; 4 – колона концентрування домішок (ККД); 5 – дефлегматор ККД; 6 – конденсатор ККД; 7 – паросепаратор; 8 – конденсатор сивушного спирту; 9 – витратомір; 10 – збірник лютерної води; 11 – конденсатор сивушного масла; 12 – змішувач; 13 – екстрактор; 14 – маслопромивач; 15 – пароежектор.

Використання установки дає можливість підвищити якість спирту ректифікованого, збільшити його вихід з одиниці сировини, створює умови оперативного і ефективного регулювання процесом ректифікації.

На основі проведених досліджень виведено математичні моделі оптимального процесу зброджування суслу із кукурудзи, які дають можливість, з відносною похибкою 5 % та урахуванням концентрації $CP(x)$, температури бродіння (y) розраховувати концентрацію легких домішок у бражних дистиллятах ($f_1 - f_{10}$).

Для ацетальдегіду: $f_1(x, y) = 1270,4 - 48,4 \times x - 88,8 \times y + 1,4 \times x \times y + 0,4 \times x^2 + 2,6 \times y^2$;

метилацетату: $f_2(x, y) = 562,6 + 0,7 \times x - 53,1 \times y - 0,1 \times x \times y + 0,01 \times x^2 + 1,4 \times y^2$;

етилацетату: $f_3(x, y) = -1783 + 86,5 \times x + 40,6 \times y - 1,1 \times x \times y - 1,0 \times x^2 + 0,3 \times y^2$;

ізоамілацетату: $f_4(x, y) = 225,3 - 0,2 \times x - 18,8 \times y + 0,3 \times x \times y - 0,1 \times x^2 + 0,1 \times y^2$;

метанолу: $f_5(x, y) = 437,7 - 29,2 \times x + 8,02 \times y - 0,2 \times x \times y + 0,5 \times x^2 - 0,2 \times y^2$;

ізопропанолу: $f_6(x, y) = 437,7 + 0,7 \times x + 53,1 \times y - 0,1 \times x \times y + 0,01 \times x^2 + 1,4 \times y^2$;

н-пропанолу: $f_7(x, y) = 839,5 - 24,2 \times x - 44,4 \times y + 0,6 \times x \times y + 0,2 \times x^2 + 0,6 \times y^2$;

н-бутанолу: $f_8(x, y) = 1133 - 37,0 \times x - 53,1 \times y + 0,7 \times x \times y + 0,3 \times x^2 + 0,8 \times y^2$;

ізопентанолу: $f_9(x, y) = 5095,8 - 253,0 \times x - 152,4 \times y + 0,2 \times x \times y + 3,8 \times x^2 + 6,0 \times y^2$;

н-пентанолу: $f_{10}(x, y) = -96,1 + 4,7 \times x + 6,6 \times y - 0,2 \times x \times y - 0,1 \times x^2 + 0,1 \times y^2$.

Графічна інтерпретація результатів моделювання наведена у вигляді залежності сумарної кількості легких домішок від початкової концентрації CP суслу та температури бродіння. В результаті оптимізації цих результатів одержано мінімальне значення концентрації сумарної кількості побічних і вторинних продуктів бродіння в дозрілих бражках, що дає змогу одержати спирт підвищеної якості з мінімальними енерговитратами та без значних капіталовкладень.

У *четвертому розділі «Результати виробничих випробувань запропонованої технології»* наведено результати дослідно-промислових випробувань удосконаленої технології низькотемпературної термоферментативної обробки крохмалевмісної сировини з використанням ферментних препаратів термостабільної α -амілази, глюкоамілази та ФП целюлолітичної дії. Випробування проводилися на Іваньківському, Липницькому, а також на Псизькому заводі в Карачаєво-Черкеській республіці (Росія).

Визначено, що ефективним заходом при зброджуванні суслу із крохмалевмісної сировини є підвищення температури зброджування суслу до 36 – 37 °С. При цьому концентрація спирту в зрілих бражках зростає на 1,1 – 1,8 % відносних, тривалість бродіння скорочується в залежності від виду сировини (табл. 6).

За результатами досліджень розроблено та впроваджено у виробництво удосконалену енерго- та ресурсозберігаючу технологію спиртових бражок із різних видів крохмалевмісної сировини (рис. 4).

Технологічні показники зрілих бражок із різних видів сировини

Вид культури	Температура бродіння, °С	Початкова концентрація дріжджових клітин, млн/см ³	Кислотність, град	Концентрація етанолу, % об.	Кількість вуглеводів у бражці, г/100 см ³		Кількість дріжджових клітин, млн/см ³	Термін бродіння, год
					загальні незбродені	нерозчинений крохмаль		
Пшениця СР 18 %	30	8-10	0,50	9,40	0,250	0,085	181	72
	30	15-20	0,49	9,35	0,200	0,085	231	68
	36-37	8-10	0,49	9,51	0,180	0,071	131	62
	36-37	15-20	0,47	9,50	0,171	0,071	142	58
Жито СР 18 %	30	8-10	0,55	9,38	0,270	0,090	185	74
	30	15-20	0,50	9,31	0,220	0,090	238	70
	36-37	8-10	0,50	9,46	0,198	0,086	146	68
	36-37	15-20	0,48	9,45	0,193	0,086	158	65
Кукурудза СР 18 %	30	8-10	0,50	9,48	0,270	0,100	191	78
	30	15-20	0,49	9,42	0,242	0,100	235	72
	36-37	8-10	0,49	9,53	0,200	0,089	138	69
	36-37	15-20	0,47	9,52	0,195	0,089	146	65
Сорго СР 18 %	30	8-10	0,50	9,49	0,275	0,110	183	76
	30	15-20	0,50	9,44	0,254	0,100	210	72
	36-37	8-10	0,50	9,52	0,210	0,090	138	68
	36-37	15-20	0,48	9,52	0,199	0,090	150	64

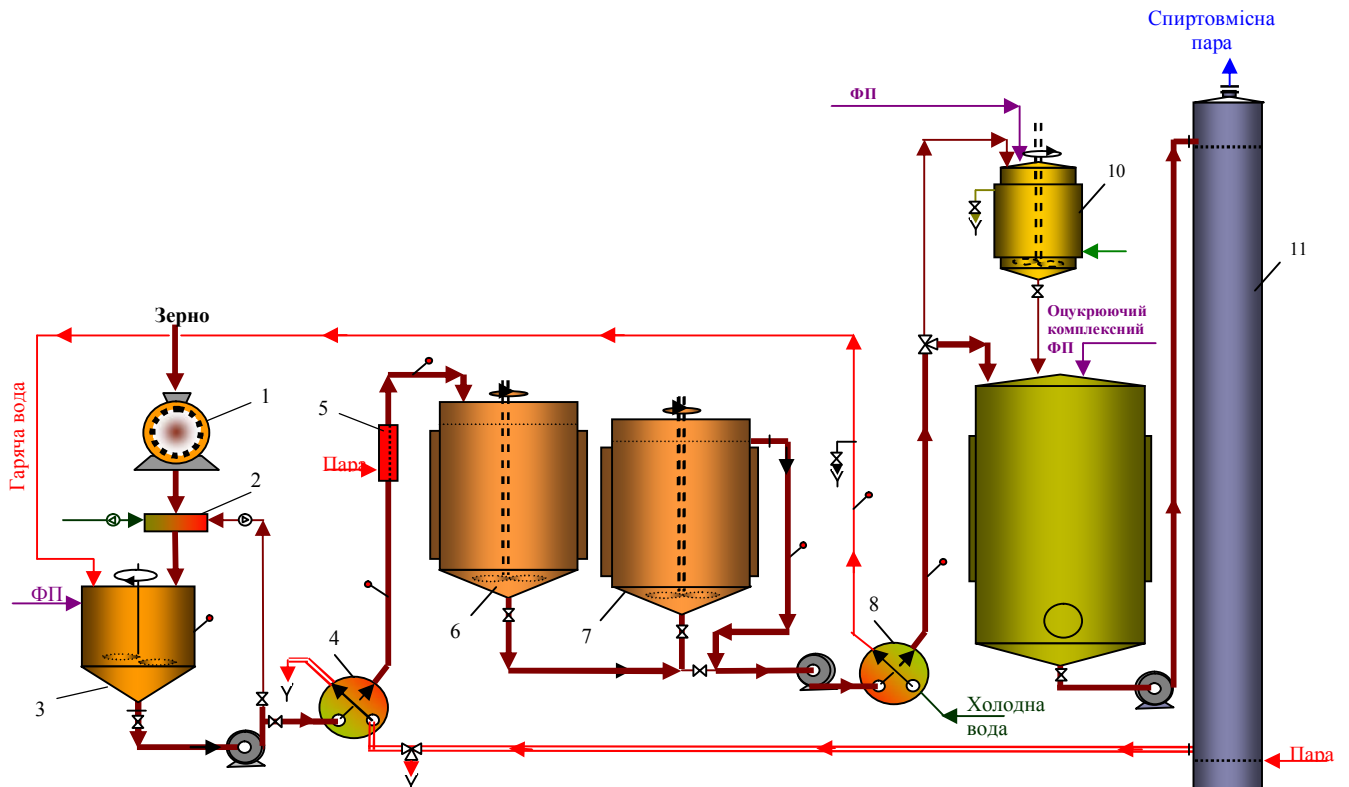


Рис. 4. Апаратурно-технологічна схема удосконаленої енерго-ресурсозберігаючої технології спиртових бражок із різних видів крохмалевмісної сировини:

1 – дробарка; 2 – суспензатор; 3 – змішувач; 4 – підігрівач замісу; 5 – гостропарова головка; 6 – апарат ТФО-1; 7 – апарат ТФО-2; 8 – холодильник сула; 9 – апарат бродильний; 10 – дріжджанка; 11 – колона бражна.

У п'ятому розділі «Економічне обґрунтування енерго- та ресурсозберігаючої технології спиртових бражок» наведено розрахунок економічної ефективності енерго- та ресурсозберігаючої технології спиртової бражки при низькотемпературній ТФО крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ФП на Липницькому спиртовому заводі. Економія палива на 1 дал спирту становить 0,48 грн, а річний економічний ефект від впровадження удосконаленої технології, за рахунок економії палива, за потужності підприємства 2000 дал/добу і тривалості роботи заводу 300 діб на рік – 288 тис. грн.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведених досліджень розроблено удосконалену енерго- та ресурсозберігаючу технологію спиртових бражок із різних видів крохмалевмісної сировини, встановлено оптимальні параметри технологічного процесу отримання спиртової бражки з використанням ферментних препаратів різної селективної дії залежно від виду сировини.

Експериментально доведено, що високоврожайне та висококрохмалисте зернове сорго (гібрид GARCT – 95-31) дає змогу розширити сировинну базу і є повноцінною сировиною для виробництва етилового спирту.

2. В умовах термоферментативної обробки жита за початкової концентрації сусла 18 % мас. необхідно збільшувати витрати ферментів глюкоамілазної дії до 6,9 од. ГЛА/г та додатково вносити 0,3 од. β ГА/г умовного крохмалю целюлолітичного ФП.

3. У разі переробки кукурудзи початкова концентрація сухих речовин сусла може бути збільшена до 25 %. При цьому необхідно збільшувати витрати ферментів α -амілазної дії до 1,7 – 2,0 од. АА/г умовного крохмалю.

4. За ступеня дисперсності (відсоток проходу через сито з отворами діаметром 1 мм) зерна жита – 85 – 95; кукурудзи та сорго – 95 – 100 досягається нормативний вихід спирту з 1 т умовного крохмалю сировини за оптимальними визначеними умовами низькотемпературної ТФО. Підвищення ступеня дисперсності зерна до діаметра крупки $\leq 0,5$ та 0,25 мм дає змогу збільшити концентрацію спирту в дозрілих бражках на 0,4 – 1,1 % відносних.

5. Технологічний процес оцукрювання розрідженого сусла доцільно проводити в бродильному апараті з підвищенням температури бродіння до 36 – 37 °С із застосуванням термотолерантних рас дріжджів. У процесі зброджування сусла із жита та сорго необхідно додатково вносити целюлолітичні ФП на початку бродіння в бродильний апарат із розрахунку 0,3 од. β ГА/г умовного крохмалю.

6. Якісний і кількісний склад легкої частини бражки залежить від виду перероблюваної сировини, ступеня дисперсності зерна, температури її ТФО, температури бродіння та концентрації сухих речовин сусла.

Із підвищенням температури бродіння до 37 °С у бражних дистилятах із кукурудзи, незалежно від концентрації СР сусла, збільшується кількість ацетальдегіду, ізопентанолу та ізопропанолу в 1,2 – 1,4 рази. При цьому зменшується кількість етилацетату, метанолу, ізоамілацетату та н-пентанолу

(в 1,1 – 1,4 раза), н-пропанолу (в 3,2 раза), н-бутанолу (в 7,5 раза). Збільшення температури бродіння до 37 °С майже не впливає на накопичення в бражному дистиляті метилацетату, ізо-бутилацетату, етилбутирату та ізо-бутанолу.

Встановлено, що з підвищенням концентрації СР сусла із кукурудзи до 18 % (при температурі бродіння 37 °С) у бражних дистилятах збільшується кількість етилацетату, ацетальдегіду, ізопентанолу (в 2,8 – 3,2 раза) та н-пентанолу (в 1,8 раза); зменшується кількість метанолу, ізопропанолу, ізоамілацетату (в 1,2 – 1,9 раза), н-бутанолу, метилацетату (в 4,2 – 4,7 раза), н-пропанолу (в 7,6 раза). Залишається без змін концентрація ізобутилацетату, етилбутирату та ізобутанолу.

7. Для забезпечення стабільного виробництва високоякісного спирту за ДСТУ 4221 – 2003 при низькотемпературній ТФО в процесі ректифікації необхідно: збільшити кількість тарілок у відгінній частині епіюраційної колони до 30 – 35 шт., відбір головної фракції етилового спирту до 5 – 8 % від абсолютного алкоголю бражки, кількість тарілок у спиртовій колоні до 80 – 88 шт., зону пастеризації до 8 – 14 тарілок, відбір пастеризованого спирту до 1,5 – 2,0 %, ввести до системи ректифікації колону кінцевої очистки з 40 – 60 тарілками, в тому числі в концентраційній частині 15 – 25 шт. у разі роботи її в режимі повторної ректифікації.

8. Виведено математичні моделі оптимального процесу зброджування сусла з кукурудзи, які дають змогу з відносною похибкою 5 % та урахуванням концентрації СР, температури бродіння розраховувати концентрацію летких домішок у бражних дистилятах.

9. Економічна ефективність від впровадження удосконаленої технології спиртових бражок становить 0,48 – 0,56 грн/дал при вартості однієї Гкал – 120 грн.

Список праць, опублікованих за темою дисертації

1. Технологічні особливості переробки жита в етанол / І.С. Гулий, А.І. Українець, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, А.М. Фіщенко, Р.Г. Кириленко та ін. // Харч. і перероб. пром-ть. – 2004. – № 1. – С. 18-20.

2. Вплив зернових культур та ступеня дисперсності їх помелу на склад легкої частки спиртової бражки / І.С. Гулий, А.І. Українець, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, А.М. Фіщенко, Р.Г. Кириленко та ін. // Харч. і перероб. пром-сть. – 2004. – № 2. – С. 16-17.

3. Оптимізація технології спиртової бражки з кукурудзи / А.І. Українець, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, З.М. Романова, Р.Г. Кириленко та ін. // Харч. і перероб. пром-сть. – 2005. – № 6. – С. 16-19.

4. Вплив концентрації сухих речовин сусла та температури бродіння на склад легкої частки спиртової бражки / А.І. Українець, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, Р.Г. Кириленко та ін. // Харч. і перероб. пром-сть. – 2006. – № 2. – С. 18-20.

5. Перспективні напрямки енергозбереження при біоконверсії рослинної сировини в етиловий спирт / А.І. Українець, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, А.М. Фіщенко, В.Б. Сизько, Р.Г. Кириленко // Колега. – 2006. – № 6-8. – С. 4-8.

6. Пат. 56419 А України, В01D3/14. Установа для цільового вилучення з циклу ректифікації верхніх проміжних домішок / І.Д. Жолнер, І.С. Гулий, А.І. Українець, П.Л. Шиян, О.О. Осипенко, В.Б. Сизько, Р.Г. Кириленко та ін. – № 2002042679; Заявл. 03.04.2002; Опубл. 17.10.2005, Бюл. № 10.

7. Пат. 70423 С2 України, С12F3/00, С12F3/08, С12F3/06. Спосіб одержання спиртових бражок із крохмалевмісної сировини / І.Д. Жолнер, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук, Є.О. Міхненко, П.Л. Шиян, В.Б. Сизько, В.Я. Артюхов, Р.Г. Кириленко – № 20040806752; Заявл. 12.08.2004; Опубл. 15.10.2004, Бюл. № 10.

8. Пат. № 18924 України, С12N1/16, С12N1/18, С12N1/865 (2006.01). Термотолерантний штам дріжджів *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* ДТ-05 для мікробного синтезу етилового спирту з крохмалевмісної сировини / А.І. Українець, О.А. Сухомлин, В.В. Сосницький, П.Л. Шиян, С.Т. Олійнічук, В.О. Маринченко, Т.О. Мудрак, А.М. Фіщенко, Г.В. Єрмакова, Р.Г. Кириленко та ін. – U 20606894; Заявл. 20.06.2006; Опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11.

9. Перероблення сорго сорту “Гібрид GARCT – 95-31” у спирт / Р.Г. Кириленко, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, А.М. Фіщенко // Програма і матеріали Міжнар. наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів „Сучасні методи створення нових технологій та обладнання в харчовій промисловості”. – К.: НУХТ.– 2002. – Ч.ІІ. – С. 23.

10. Накопичення летких домішок у дозрілих бражках залежно від виду сировини і дисперсності помелу / Р.Г. Кириленко, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, А.М. Фіщенко, В.М. Кошова // Програма і матеріали 69-ї наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів. – К.: НУХТ. – 2003. – Ч.ІІ. – С. 21.

11. Кириленко Р.Г., Шиян П.Л., Мудрак Т.О. Накопичення летких домішок в дозрілих бражках в залежності від концентрації сухих речовин та температури зброджування суслу // Програма і матеріали 71-ї наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів. – К.: НУХТ. – 2005. – Ч.ІІ. – С. 14-15.

12. Вплив технологічних параметрів зброджування суслу на накопичення летких органічних домішок спиртової бражки / Р.Г. Кириленко, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак та ін. // Матеріали ІХ Міжнар. наук.-техн. конф. „Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи”. – К.: НУХТ, 2005. – С. 61-62.

13. Кириленко Р.Г., Шиян П.Л., Мудрак Т.О. Оптимізація процесу накопичення легкої частки спиртової бражки // Програма і матеріали 72-ї наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів „Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті”. – К.: НУХТ. – 2006. – С. 17.

Особистий внесок:

- 1) брав участь у проведенні досліджень, обробці результатів експерименту та оформленні статті [1-4];
- 2) провів патентний пошук, брав участь у організації та проведенні експериментальних досліджень, узагальненні їх результатів, обробці одержаних даних та написанні заявки на патент України [5, 6];

3) брав участь у обробці літературних джерел, проведенні експериментальних досліджень, обговоренні та узагальненні результатів досліджень, підготовці матеріалів до публікації [7-13].

АНОТАЦІЯ

Кириленко Р.Г. Удосконалення енерго- та ресурсозберігаючої технології спиртової бражки з крохмалевмісної сировини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.07 – Технологія продуктів бродіння. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2007.

Робота присвячена проблемі удосконалення процесу одержання спиртової бражки з крохмалевмісної сировини та розроблення науково-обґрунтованої енерго- та ресурсозберігаючої технології спиртових бражок шляхом використання ферментних препаратів різної селективної дії залежно від виду сировини.

Наведено оптимальні технологічні параметри процесу одержання спиртової бражки із жита, сорго й кукурудзи та способів його інтенсифікації. Досліджено вплив ступеня дисперсності зерна, початкової концентрації сухих речовин сусла, температури бродіння та виду крохмалевмісної сировини на кількісний і якісний склад побічних та вторинних продуктів бродіння в дозрілих бражках.

За результатами роботи розроблено технологічні інструкції виробництва спиртових бражок за низькотемпературного розварювання крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів.

Ключові слова: технологія, концентровані ферментні препарати, подрібнене зерно, заміс, сусло, дріжджі, дозріла бражка, бражні дистиляти.

АННОТАЦИЯ

Кириленко Р.Г. Усовершенствование энерго- и ресурсосберегающей технологии спиртовой бражки из крахмалсодержащего сырья. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.07 – Технология продуктов брожения. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2007.

Анализ литературных источников показал, что основным путем усовершенствования процесса получения спиртовой бражки из крахмалсодержащего сырья является замена традиционного высокотемпературного разваривания на современную низкотемпературную термоферментативную обработку. Этот процесс положен в основу разработки технологии получения спиртовой бражки при термоферментативной обработке крахмалсодержащего сырья с использованием ферментных препаратов разного происхождения в зависимости от вида сырья. Рассмотрены существующие технологии спиртовой бражки, проанализированы особенности технологии низкотемпературной термоферментативной обработки крахмалсодержащего сырья с использованием ферментных препаратов разного происхождения.

Сегодня большинство спиртовых заводов испытывает дефицит воды для охлаждения сусла и бражки, особенно в весенне-летний период. Высокая цена на

энергоносители создает необходимость поиска резервов снижения их расхода при производстве спиртовой бражки. Кроме того, сусло из крахмалсодержащего сырья имеет до 30 % декстринов от общего количества углеводов, которые полностью не осахариваются в процессе сбраживания и не сбраживаются дрожжами.

Этиловый спирт широко используется во многих отраслях народного хозяйства и может быть использован в виде моторного топлива как в чистом виде, так и в виде высокооктановой кислородсодержащей добавки к бензину. Сырьем для этилового спирта, который используется на технические нужды, может быть более дешевое и нетрадиционное зерно.

Работа посвящена проблеме усовершенствования процесса получения спиртовой бражки с крахмалсодержащего сырья и разработке современной энерго- и ресурсосберегающей технологии спиртовых бражек путем использования ферментных препаратов разного происхождения в зависимости от вида сырья. Интенсификация процесса получения спиртовой бражки с крахмалсодержащего сырья с использованием ферментных препаратов разного происхождения позволит сделать этот процесс максимально эффективным.

Определены оптимальные технологические условия процесса получения спиртовой бражки из ржи, сорго, кукурузы и способов его интенсификации. Установлены основные технологические параметры низкотемпературной термоферментативной обработки зерновых замесов, которые влияют на получение спиртовой бражки (вид и качество сырья, степень его помола, начальная концентрация сухих веществ зерновых замесов, температура и время его термоферментативной обработки, рН сусла, место ввода концентрированных ферментных препаратов в технологический процесс, а также их композиция и удельный расход).

В связи с достижениями мировой биотехнологии в последнее время налажено производство термостабильных ферментных препаратов селективного действия, что дает предпосылки для разработки энерго- и ресурсосберегающей технологии спиртовой бражки, которая предусматривает объединение процессов разваривания сырья и ферментативного гидролиза крахмала.

Разработано оптимальную энерго- и ресурсосберегающую технологию спиртовых бражек путем использования ферментных препаратов разного происхождения в зависимости от вида сырья, усовершенствовано и испытано в производственных условиях.

Впервые экспериментально исследовано влияние степени дисперсности зерна, концентрации сухих веществ сусла, температуры брожения и вида крахмалсодержащего сырья на состав летучей части спиртовой бражки.

С использованием методов экспериментально-статистического моделирования впервые разработано математические модели зависимостей концентрации сухих веществ сусла и температуры брожения на состав летучей составляющей спиртовой бражки. На основании полученных уравнений оптимизировано процесс брожения.

Энерго- и ресурсосберегающая технология тесно связана с разработкой отраслевого технологического регламента производства спиртовых бражек при

низкотемпературном разваривании крахмалсодержащего сырья с использованием концентрированных ферментных препаратов ТР У 00032744-812 – 2002 и технологическими инструкциями производства спиртовых бражек при низкотемпературном разваривании крахмалсодержащего сырья с использованием концентрированных ферментных препаратов селективного действия для условий Липницкого спиртового завода (ТИ 30219014-019-2006-НТР) и ДП «Иваньковский спиртовой завод» (ТИ 30219014-022-2006-НТР).

Проведение комплексных мероприятий по ресурсосбережению позволяет снизить себестоимость спирта, повысить его качество, способствует улучшению экологической безопасности спиртового производства, создает условия для использования этанола не только в пищевой промышленности, но и в остальных отраслях народного хозяйства как органического сырья и биотоплива.

Ключевые слова: технология, концентрированные ферментные препараты, измельченное зерно, замес, сусло, дрожжи, зрелая бражка, бражные дистилляты.

ANNOTATION

Kyrylenko R.G. Improvement of energy- and resource saving technology of spirit mash from starch containing raw materials. – Manuscript.

The dissertation for obtaining of degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.18.07 – Technology of fermentative products. – National University of Food Technologies, Kyiv, 2007.

The dissertation deals with the problem of improvement of the process of spirit brew obtaining from starch containing raw materials and working out a scientifically proveol energy - and resource saving technology of spirit brew through fermentative chemicals usage depending on the type of raw materials.

The dissertation provides a number of optimal technology parameters of spirit brew obtaining process from rye, sorghum and maize and comments on ways of its intensification. It also gives a detailed analysis of the influence of grain pounding, initial concentration of dried substances in wort, the temperature of fermentation and the type of starch containing raw materials as well as quantitative and qualitative content of by-products and secondary fermentative products in ripe spirit brew.

Based on the results of the work, there were elaborated technological instruction manuals for the spirit brew production under low-temperature cooking of starch containing raw materials with usage of concentrated fermentative chemicals.

Key words: technology, concentrated fermentative chemicals, pounding grain, kneading, wort, yeast, spirit brew, brew distillation.