

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



ПІДЛІСНИЙ ВІТАЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 621.798

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
ВИРОБНИЦТВА СОЛОДУ**

Спеціальність: 05.18.12 – процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2009

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Подільському державному аграрно-технічному університеті Міністерства аграрної політики України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Варфоломеєв Антон Йосипович
Подільський державний аграрно-технічний університет, доцент кафедри механізації переробки та зберігання сільськогосподарської продукції

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, професор
Домарецький Віталій Афанасійович
Національного університету харчових технологій, професор кафедри біотехнології продуктів бродіння

кандидат технічних наук
Лензійон Валентин Йосипович
Київський завод шампанських вин "Столичний",
головний інженер заводу

Захист відбудеться "17" червня 2009 р. о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 у Національному університеті харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

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

Автореферат розісланий "30" квітня 2009 р.

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



Кривопляс-Володіна Л.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зниження питомих енергетичних витрат, підвищення якісних показників солоду, забезпечення конкурентоспроможності продукції пивоварної галузі України на зовнішньому і внутрішньому рівнях є невідкладним завданням, виконання якого базується на удосконаленні технологічного обладнання для замочування і пророщування солоду. Сучасні погляди на масообмін в трифазних середовищах, кондиціонування повітря, масообмін в процесах аерації зерна вказують на існування резервів, використання яких може суттєво вплинути на їх результати.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота за своєю тематикою відповідає Програмі Кабінету Міністрів України "Україна–2010" (проект 4 – "Технологічне та технічне оновлення виробництва") і виконувалася у відповідності з пріоритетним напрямком робіт Подільського державного аграрно-технічного університету.

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень є розроблення теоретичної бази, що лежить в основі процесів замочування і пророщування зерна у виробництві солоду, та розробка пропозицій по удосконаленню технологічного обладнання.

Об'єктами досліджень є системи замочування зерна, кондиціонування повітря та аерації пророщуваного солоду.

Предметом досліджень є обладнання та окремі елементи систем.

Методи досліджень включають в себе аналітичне моделювання процесів барботажу повітря у зерно-водяну суміш, аерації зернової маси та кондиціонування повітря з експериментальною перевіркою окремих положень та використанням комп'ютерних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано можливості удосконалення систем замочування і пророщування солоду та кондиціонування повітря.

Вперше запропоновано гіпотезу про наявність додаткової рушійної сили у процесі замочування на основі осмомолекулярної дифузії.

Показано, що кількість споживаного у процесі дихання зерна кисню співрозмірна з тією кількістю O_2 , яка транспортується у зернівку вологою. Однак відсутність балансу вказує на існування дифузійного перенесення кисню через оболонки зернівок.

Показано, що стосовно зернівки існують спряжені матеріальні потоки води, кисню, діоксиду вуглецю і теплової енергії з нестационарним характером у зв'язку зі змінами рушійних факторів.

Розроблено теоретичні основи взаємодії повітряних або водоповітряних потоків з середовищем апарату і одержано розрахункові формули по визначенню кінематичних параметрів циркуляційних контурів.

Розроблено аналітичні основи щодо визначення співвідношень теплових і матеріальних потоків у процесах пророщування солоду, у тому числі і стосовно рециркуляційних режимів.

Одержано залежності по визначенню сталої насичення рідинної фази середовища киснем.

Встановлено причини виникнення градієнтів температур в зерновій масі. Розроблено аналітичний апарат по оцінці нерівномірності температурних полів і взаємозв'язків останніх з параметрами системи.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень реалізовані за такими напрямками.

Показано за доцільне використовувати в системах аерації замочувальних апаратів безмасляні компресори або ежекційні пристрої.

Обґрунтовано можливість використання пристрою для замочування зерна, до складу якого входить зовнішня частина циркуляційного контуру з насосом, ежекційним масообмінним апаратом, масообмінною ділянкою трубопроводу з замиканням його внутрішньою частиною через середовище в дифузори і апараті.

Показано доцільність використання масообмінних апаратів з повисотно розосередженими аераторами.

Вперше показано можливість вилучення діоксиду вуглецю із рециркуляційної частини повітря.

Одержано оцінку енергетичних витрат, пов'язаних з кондиціонуванням повітря і рециркуляційними режимами.

Показано, що за низьких температур повітряного басейну в зимовий сезон догрівання повітря доцільно здійснювати відкритою парою з метою його одночасного зволоження.

Показано можливість обмеження температурних нестабільностей зернової маси за рахунок збільшення об'ємних витрат повітря на аерацію.

Особистий внесок здобувача полягає в критичному аналізі теорії та практики виробництва солоду, формулюванні задач досліджень та методів їх розв'язання, розробці теоретичних моделей, лабораторних установок та методик експериментальної перевірки теоретичних даних, проведенні досліджень та обробці їх результатів, розробці рекомендацій по впровадженню результатів досліджень.

За темою дисертаційної роботи здобувача надруковано наступні праці з вказаним внеском.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи доповідалися на наукових конференціях Подільського державного аграрно-технологічного університету, I Всеукраїнської студентської науково-методичної конференції „Перші наукові кроки”, II Всеукраїнської студентської науково-методичної конференції „Перші наукові кроки”, 74 наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» Київ НУХТ, на конференціях спеціалістів пивзаводів, семінарах кафедри механізації переробки та зберігання сільськогосподарської продукції.

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 7 друкованих праць, отримано 6 патентів України.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків.

Робота виконана на 153 сторінки машинописного тексту, містить 35 рисунків, 23 таблиці та додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми, визначено мету, сформульовано основні завдання досліджень, показано наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів.

У **розділі 1** виконано огляд сучасних технологій та класичних положень, які стосуються замочування та пророщування зернових культур для одержання солодів, досліджень і новітніх розробок у цій галузі дозволяють відмітити наступне.

1. Класичні технології виробництва солодів з вузькою орієнтацією на певні виробництва в останні десятиліття суттєво розширюються з орієнтацією на одержання солодових екстрактів, концентратів, біологічно активних речовин, ферментних препаратів тощо.

2. У більшості випадків, що стосуються випуску солодів, технологічні операції мають у своєму складі процеси антиподи, а саме зволоження і висушування зернової маси. В обох випадках мають місце тепло- і масообмінні процеси, механізми дії яких добре вивчені, але одночасно зберігають у собі класичні недоліки, пов'язані зі значними енергетичними навантаженнями, відсутністю заходів енергозбереження, економічного водокористування тощо.

3. Відмічається поширене використання солодів і їх екстрактів галузями хлібопекарської, кондитерської, м'ясної, молочної промисловості, у виробництві сухих сніданків, засобів профілактичної і лікувальної дії, носіїв біологічно активних речовин тощо.

4. До числа факторів інтенсифікації процесів зволоження зерна при замочуванні відноситься температура середовища та розміри зернівок, однак вимоги технології жорстко нівелюють варіювання ними. Важливим і таким, що піддається регулюванню, є показник концентрації розчиненого кисню.

5. Використання для систем аерації зерно-водяної суміші пневматичних систем заводів спряжено з потраплянням у вказані середовища мінеральних мастил, що слід вважати суттєвим недоліком з точки зору інтересів масообміну і кінцевої якості продукції.

6. Відсутні закономірності, пов'язані з оцінкою рівнів енерговведення в середовища з перебігом тепло- і масообмінних процесів. Замочування зерна в сукупності з біохімічними процесами супроводжується наявністю різнонаправлених концентраційного і температурного градієнтів.

7. Кінетична теорія зволоження зерна не враховує положень осмомолекулярної дифузії. Між тим, оболонки зернівки і оболонки клітин ендосперму є за своєю структурою напівпроникними мембранами, що повинно знайти своє відображення в теорії зволоження.

8. Практично відсутні дані щодо визначення балансу по газообміну, у тому числі по десатурації зернівок і зернової маси в цілому і необхідності врахування спряжених газових потоків кисню і CO_2 .

9. Відсутня теорія гідродинаміки за аерації зерно-водяних середовищ в замочувальних апаратах і пов'язані з нею аспекти масообміну та інтенсифікації останнього.

10. Використання рециркуляційних режимів в підготовці повітря обмежується накопиченням в газовій фазі діоксиду вуглецю і зниженням вмісту кисню. Відсутній

аналітичний аналіз при визначенні співвідношень матеріальних і теплових потоків, що стосуються процесів пророщування зерна.

11. Коефіцієнт використання повітря, що подається на аерацію зернової маси, в пророщуванні не перевищує 1 %.

12. Відсутня теорія перебігу масообмінних процесів, визначення їх термодинамічних параметрів, нерівномірності температурних полів у структурі зернової маси при пророщуванні.

13. Відсутній аналіз особливостей кондиціонування повітря в сезони року і вирішення задачі рекуперації теплової енергії.

14. Відсутні дані щодо значень термодинамічних параметрів повітря в умовах зміни його складу та пояснення щодо температурних градієнтів в масивах пророщуваного зерна.

Вибрано основні напрямки та сформульовано слідувачі задачі досліджень.

1. Здійснити аналітичну оцінку впливів осмодифузійних явищ на процеси замочування зерна.

2. Уточнити взаємозв'язки між масовими потоками в процесах замочування, за впливів аерації та гідродинамічного перемішування зерно-водяних середовищ.

3. Розробити пропозиції щодо удосконалення процесів замочування зерна і їх апаратурного оформлення.

4. Розробити вихідні дані в оцінці теплових і матеріальних потоків в процесах пророщування солоду.

5. Розробити пропозиції по удосконаленню процесів кондиціонування повітря та підвищенню рівня рекуперації повітря в процесах пророщування солоду.

6. Виконати розробки щодо обмеження температурних перепадів у масивах пророщуваного зерна.

У **розділі 2** наведено методики виконання наукових досліджень.

Вирішення питання про співвідношення матеріальних потоків в процесах замочування стосувалося зволоження і дихання зернової маси. При цьому в основу моделювання поглинання кисню і синтезу діоксиду вуглецю покладено рівняння дихання зернової маси. Це означає, що зміна вмісту сухих речовин зернової маси відображує динаміку потоків кисню і діоксиду вуглецю. Саме на цій основі в роботі використано складання матеріальних балансів. Перехід за мінімальну концентрацію розчиненого кисню означає початок біохімічного процесу, що відповідає рівнянню Гей Люсака, з утворенням алкоголю, CO₂, альдегідів, ефірів тощо.

Саме тому сукупність технологічних прийомів аерації зернової маси має принципове значення і моделювання цих процесів може слугувати основою в їх інтенсифікації.

Ситуація, що вивчається, стосується трифазних систем, до складу яких входять газова (повітряна), рідинна (вода) і тверда (зерно) фази. Масообмін у таких системах виглядає як нестандартний з високою концентрацією твердої фази. Однак останнє не є підставою заборони принципу суперпозиції, на основі якого застосуємо теоретичні моделі масообміну в газорідних системах і системах "рідинна – тверда фази".

Присутність твердої фази вносить суттєві корективи, які, в першу чергу, пов'язані з неможливістю досягнення вільного спливання газової фази в рідинній,

оскільки має місце взаємодія газових бульбашок з зерною фракцією. В результаті швидкість спливання суттєво сповільнюється. Принципово це позитивне явище в інтересах інтенсифікації масообміну і визначенню середньої швидкості спливання газової фази у водно-зерновій суміші присвячено лабораторні дослідження.

Схема лабораторної установки приведена на рис. 1.

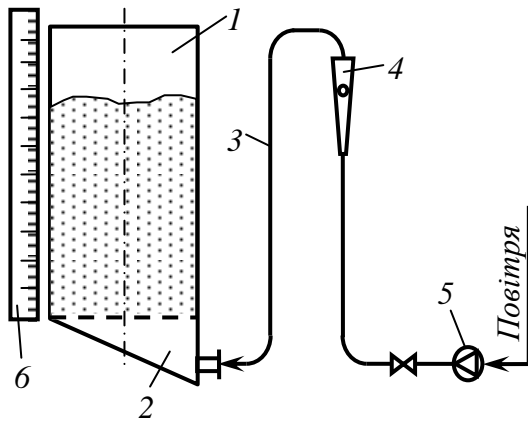


Рис. 1. Схема лабораторної установки для визначення гідродинамічних параметрів газозерно-рідинного середовища в режимі аерації:

1- емкість об'ємом 0,025 м³; 2-барботажна аераційна система; 3-гідрозатвор; 4- ротаметр РС-5; 5- повітродувна машина; 6-зовнішня шкала.

Метою дослідження було визначення утримувальної здатності середовища по газовій фазі та середньої швидкості спливання газових бульбашок в режимі барботажу.

До числа факторів впливу в цьому дослідженні були віднесені масова концентрація зерна в рідинній фазі, висота шару суміші та приведена швидкість газової фази у поперечному перерізі апарата.

У табл. 1 занесено кодові позначення факторів z_1 , z_2 та z_3 , їх основні рівні, інтервали варіювання, нижнє та верхнє значення факторів.

Таблиця 1

Характеристика параметрів трифакторного експерименту

Величина	Ф а к т о р и		
	Масова концентрація зерна в рідинній фазі, кг/м ³	Висота шару суміші, м	Приведена швидкість повітряного потоку, м/с
Кодове позначення фактора	z_1	z_2	z_3
Основний рівень	400	0,056	0,03
Інтервал варіювання	200	0,005	0,01
Нижній рівень	200	0,051	0,02
Верхній рівень	600	0,061	0,04

За наявності прийнятих даних матриця планування трифакторного експерименту доповнюється значеннями фізичних величин і функцією відгуку (табл. 2).

Результатом вимірювання була висота набухання шару Δh , за якою вираховувалася величина утримувальної здатності

$$u = \Delta h F = \Delta h \frac{\pi d^2}{4}. \quad (1)$$

Таблиця 2

Матриця планування експериментів і їх результати

№ досліджу	Ф а к т о р и				Фізичні величини			Функція відгуку	
	z_0	z_1	z_2	z_3	маса зер- на, кг	висота шару, м	об'єм сере- довища, м ³	набухання шару, м	Утримува- льна здат- ність, м ³
1	+	-	-	-	3,83	0,51	0,025	0,022	0,0011
2	+	+	-	-	11,8	0,51	0,025	0,027	0,00133
3	+	-	+	-	3,83	0,61	0,03	0,0259	0,00127
4	+	+	+	-	11,8	0,61	0,03	0,032	0,00158
5	+	-	-	+	3,83	0,51	0,025	0,136	0,0067
6	+	+	-	+	11,8	0,51	0,025	0,163	0,0080
7	+	-	+	+	3,83	0,61	0,03	0,169	0,00833
8	+	+	+	+	11,8	0,61	0,03	0,204	0,010

Найменшому рівню набухання, як бачимо, відповідає дослід № 1, а найбільшому – № 8. Кожен з дослідів дублювався, а у відповідну колонку заносилася середньоарифметична величина. Таким чином збільшення всіх трьох факторів впливу однозначно приводять до зростання рівня набухання шару і утримувальної здатності по газовій фазі. Це означає зростання поверхні поділу та інтенсифікації масообміну.

В результаті обробки експериментальних даних одержано рівняння регресії у кодованому вигляді, яке за значеннями коефіцієнтів регресії дозволяє здійснити рівень впливів окремих факторів. У нашому випадку таке рівняння приводиться до виду:

$$\bar{y} = 0,00479 + 0,00044x_1 + 0,00051x_2 + 0,00347x_3 + 0,00006x_1x_2 + 0,00030x_1x_3 + 0,00040x_2x_3 + 0,00004x_1x_2x_3. \quad (2)$$

Очевидно, що зростання утримувальної здатності газової фази буде мати ще один позитивний результат, пов'язаний з десорбцією діоксиду вуглецю. Математичне представлення двох спряжених потоків (O_2 і CO_2), що мають місце на поверхні поділу фаз має однакову форму і в кількісному виразі вони пропорційні коефіцієнтам масопередачі, поверхні масообміну та рушійним факторам. Таким чином, інтенсифікація гідродинаміки середовища і збільшення міжфазної поверхні стосовно обох спряжених потоків має позитивні наслідки.

Перехід до питань, пов'язаних з кондиціонуванням повітря, опирався на визначення теплових і матеріальних потоків, які супроводжують процеси пророщування солодів. Сферою наукових інтересів при цьому було вологе повітря, на яке розповсюджуються закони ідеальних газів та закон Дальтона. Вважалося, що перебігу процесів, які мали місце в процесах підготовки і взаємодії повітря з зерновою масою, відповідає I-d діаграма вологого повітря.

Математичний опис процесів кондиціонування базується на відомих

співвідношеннях термодинаміки, фазових переходах, поєднанні теплових і масообмінних процесів сорбції та десорбції рідинами газів тощо.

Розв'язання задачі у напрямку обмеження енергетичних витрат на процесах солодощення вирішувалось на шляху рециркуляції повітря. При цьому формулюється підхід, пов'язаний з вилученням діоксиду вуглецю із рециркуляційної частини повітря в камерах кондиціонування. Розробка математичного апарата такої десорбції ґрунтувалася на співвідношеннях рівноважного стану, законах Генрі і Дальтона. Для вирахування парціальних тисків діоксиду вуглецю використовувалося універсальне рівняння газового стану. Знайдені співвідношення на рівні теплових і матеріальних балансів створили основу для розрахунків процесів.

На основі одержаних термодинамічних моделей процесів взаємодії повітря з солодом зроблено висновок про можливість обмеження температурних перепадів у зерновій масі у напрямках трьох просторових координат.

Такі обмеження є невід'ємною і важливою вимогою технології пророщування солодів, оскільки зростання температури на кожен градус означає масові та якісні втрати сировини і продукції.

Причиною температурних перепадів у напрямках горизонтальних осей є нерівномірність розподілу газової фази по опорній перфорованій площині. Такий недолік можливо усунути за рахунок конструктивних прийомів. Вертикальна нерівномірність температур пояснюється зміною параметрів повітря за взаємодії з зерновою масою.

Для одержання уточнених даних було виконано дослідження на промисловому рівні.

У **розділі 3** досліджуються особливості та інтенсифікація масообміну в процесах замочування зерна.

Замочування є важливою технологічною стадією, за якої у зерні з'являється вегетативна вода. Від вологості 30-35 % починається біохімічні процеси, що потребують відповідної кількості кисню. Проте інформація про газообмін в середовищі "зерно – вода" є обмеженою, хоча масообмін на рівні біологічних об'єктів, мікробних клітин тощо в сучасному описі дає підстави стверджувати доцільність поглиблення знань в цій галузі.

У зв'язку з відміченим до числа задач досліджень у цьому розділі віднесено наступне:

- уточнити присутність осмодифузійних ефектів в процесах замочування зерна;
- розробити методики по визначенню матеріальних спряжених потоків масообміну на основі відповідних балансів;
- здійснити кількісну оцінку рівня сатурації рідинної фракції в процесах замочування і доцільність виконання примусової десатурації та розробити аналітичний апарат по взаємозв'язку між масовими параметрами рідинних потоків, об'ємних потоків газової фази і кількістю десорбованого CO_2 ;
- розробити аналітичні моделі по визначенню параметрів циркуляційних контурів в середовищах замочувальних апаратів;
- розробити пропозиції по дестабілізації перебігу гідродинамічних процесів,

примусовому створенню перехідних режимів і інтенсифікації масообміну.

Фізико-хімічні явища в масообміні при зволоженні зерна. Вирішальну роль у зволоженні зерна відводять концентраційному градієнту. Однак масоперенесення стосовно біологічних об'єктів не слід розглядати на такому спрощеному рівні.

Зволожування зернівок здійснюється через напівпроникну оболонку і швидкість цього процесу залежить від характеристик води і у тому числі від її температури. Підвищення останньої прискорює проникнення води, але віддаленим негативним результатом цього є помітне погіршення оцукрювання в процесах підготовки заторів.

Рушійною силою, яка зумовлює проникнення води у зернівку традиційно вважається градієнт концентрації на поверхні (100 %) і всередині зерна (на початку замочування 12-14 %). Однак на основі феноменологічних міркувань з врахуванням ефектів напівпроникної оболонки зернівки можливо прийти до висновку про те, що градієнт концентрації не єдиний чинник міграції води, оскільки має місце осмомолекулярна дифузія. На підтвердження цієї гіпотези відмітимо наступне.

Відомо, що пройшовши кілька шарів оболонки, вода поглинається колоїдами ядра, насичуючи всі клітини. Однак розподіл води в зерні суттєво нерівномірний. Найбільше її проникає через мікрокапіляри у зародок (до 75 %), тоді як в інших частинах зернівки волога не перевищує 50 %. У середньому тканини зернівки здатні поглинути до 70 % води. Найбільше її можуть поглинути білкові з'єднання (до 80 % сухої речовини), крохмаль (до 70 %) і клітковина (до 30 %). Наведені дані вказують на те, що стосовно розподілу вологи в зернівці не виконується закон найбільш вірогідного стану, за яким не повинен існувати градієнт концентрації у її різних складових. Пояснення такій невідповідності слід віднести на осмотичні тиски розчинів різних хімічних речовин, їх молекулярної маси, концентрації тощо.

Пом'якшення технологічної води означає зменшення її осмотичного тиску, що означає можливість прискорення процесів замочування.

Активація зволоження за підвищення температури середовища "зернова маса + вода" також пояснюється в рамках гіпотези. У відповідності до закону Ван-Гоффа маємо залежність:

$$P = \frac{m}{MV} RT, \quad (3)$$

де P – осмотичний тиск розчину, кПа; C – молярність розчину, моль/л; $R = 8,314$ Дж/(моль·К) – газова стала; T – абсолютна температура; n – кількість розчиненої речовини, що дорівнює її масі m , поділеній на мольну масу M ; V – об'єм середовища.

Оскільки узагальнений коефіцієнт пропорційності $mR/(MV)$ в залежності осмотичного тиску P від температури T стосовно розчинених структур зернівки суттєво більший за осмотичний тиск води, то це означає зростання рушійної сили зі збільшенням температури.

Особливості газообміну і масопередачі в середовищі. Підвищення вологості зерна підсилює перебіг біохімічних процесів і дихання, що потребує підвищення у споживанні кисню. Теоретичне співвідношення між кількістю споживаного кисню і утвореного CO_2 відоме. З однієї молекули кисню утворюється одна молекула діоксиду вуглецю. При цьому дихальний коефіцієнт, тобто відношення об'ємів CO_2 і

O_2 , дорівнює одиниці. Оскільки окислення органічних речовин відбувається під дією кисню, що поставляється зволожувальною водою, то очевидним є існування кореляції між цими двома потоками.

Аналіз літературних джерел приводить до висновку про відсутність рекомендацій стосовно рівня насичення води киснем. Проте, якщо вважати зволожувальну воду "синхронним" транспортним засобом кисню, то концентрацію O_2 у замочувальній воді доцільно мати на рівні насичення.

Визначимо максимально можливу кількість кисню, який транспортується вологою в процесі замочування. Відомо, що зернова маса складає початкову вологу $W_{II} = 12\%$ і нехай кінцева складає 48% . Тоді до 1 т зерна з початковою вологою 12% додається 360 кг води.

Кількість кисню, доставлена у процесі замочування:

$$m_{O_2} = c_n m_{H_2O} = 0,013 \cdot 360 = 4,68 \text{ кг.},$$

де c_n – константа насичення води на O_2 .

За умови, що кількість витрачених на дихання сухих речовин за весь цикл складе $0,5\%$, потрібна кількість кисню становить $7,04$ кг. Порівняння одержаних на основі матеріальних балансів даних вказує на можливість використання запропонованих гіпотез щодо перебігу процесів масообміну, однак відсутність повного балансу свідчить про існування інших шляхів транспортування кисню через оболонки зернівки. Швидше за все – це дифузія, за якої проникають молекули кисню і видаляються молекули діоксиду вуглецю. При цьому для останнього не існує іншого способу видалення у відповідності до загально визнаного перебігу біохімічних перетворень у зернівці. Таким чином, слід прийти до висновку про необхідність поповнення кисню у рідинній фазі середовища на протязі процесу замочування і безперервного відведення діоксиду вуглецю.

Транспорт вологи в зернівку на першому етапі слід розглядати як фізичний процес, результатом якого є зниження осмотичного і зростання фізичного P_{ϕ} тисків. Від початку біохімічних перетворень (дихання) і з синтезом CO_2 має місце порушення усталеної динаміки зниження осмотичного тиску за рахунок накопичення діоксиду вуглецю. Зростання фізичного тиску у вологій частині зернівки підвищує розчинність CO_2 , що сприяє зростанню його концентраційного градієнту в системі "зернівка – вода" і спряженому потоку десорбції.

Оцінку перспектив інтенсифікації масообмінних потоків слід виконувати з оглядом на те, що їх перебіг пов'язано з біохімічними реакціями ресинтезу складних органічних сполук.

Насичення води діоксидом вуглецю додатково змінює рушійну силу процесу замочування і сприяє обмеженню різниці осмотичних тисків в ній і зернівці.

Наведені міркування приводять до висновку про доцільність біохімічних, біологічних і масообмінних вимог зниження концентрації розчиненого діоксиду вуглецю. З цієї точки зору подвійний позитивний вплив має перемішування середовища за рахунок аерації. Ця подвійність впливів пов'язана, по-перше, зі зміною гідростатичних тисків в локальних об'ємах, що змінюють вертикальну координату, а, по-друге, в процесі аерації відбувається масообмін по CO_2 в газорідинному середовищі.

Аерація разом з зароджуваною газовою фазою CO_2 спричиняють вертикальну циркуляцію середовища. Тобто поруч з висхідними потоками існують опускні, енергетичний рівень яких в значній мірі визначається рівномірністю розподілу повітря по поперечному перерізу замочувального апарата.

На коефіцієнти масопередачі впливають гідродинамічні режими системи, фізико-хімічні параметри, наявність поверхнево-активних речовин, забруднюючих речовин тощо. Суттєвим недоліком є потрапляння у середовище мінеральних мастил.

Масляна плівка навіть на рівні моношару суттєво впливає на масообмін зернівки з рідинним середовищем. Радикальним рішенням є відмова від використання стиснутого повітря заводської мережі і перехід на використання безмасляних компресорів або ежекційних масообмінних пристроїв. Припустимо, що через останній за одиницю часу пропускається маса води $m_{\text{в}}$, яка ежектує $V \text{ м}^3$ повітря. Вказана вода подається насосом із замочувального апарата і має концентрацію розчиненого діоксиду вуглецю на рівні $c_{\text{н}}$. В результаті взаємодії рідинного і повітряного потоків буде мати місце перерозподіл CO_2 між ними. Встановимо закономірність, за якою буде визначатися вказаний перерозподіл.

Загальна кількість діоксиду вуглецю, що приймає участь у взаємодії:

$$m_{\text{CO}_2} = m_{\text{в}} c_{\text{н}}. \quad (4)$$

На основі матеріального балансу після взаємодії одержуємо:

$$m_{\text{в}} c_{\text{н}} = m_{\text{в}} kP + m_{\text{CO}_2(\text{пов})}, \quad (5)$$

де $m_{\text{CO}_2(\text{пов})}$ – маса CO_2 , що перейшла у газову фазу.

Відомо, що парціальний тиск P газу визначається залежністю:

$$P = \frac{m_{\text{CO}_2}}{\mu_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{RT}{V}, \quad (6)$$

де μ_{CO_2} – молекулярна вага; R – газова стала.

Підстановкою парціального тиску P у рівняння (4) одержуємо:

$$m_{\text{CO}_2(\text{пов})} = \frac{m_{\text{в}} c_{\text{н}}}{\frac{m_{\text{в}} kRT}{\mu_{\text{CO}_2}} + 1}, \quad (7)$$

З одержаної залежності витікає, що кількість десорбованого діоксиду вуглецю залежить від співвідношення масового потоку води і об'ємного потоку повітря, константи Генрі, початкового значення $c_{\text{н}}$.

Одночасно з процесом десатурації відбувається насичення рідинної фракції киснем. При цьому максимальний рівень насичення відповідає значенню $c_{\text{н}(\text{O}_2)}$, яке визначається з урахуванням тиску і температури середовища.

Досягнення стану насичення по кисню і найбільшого рівня десорбції CO_2 пов'язане з необхідністю використання ефективних масообмінних апаратів.

У зв'язку з викладеним пропонується удосконалення пристрою для замочування зерна (рис. 2).

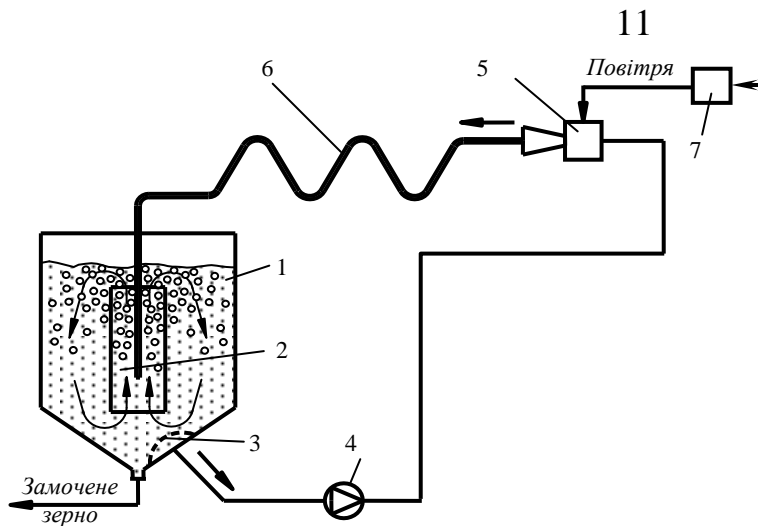


Рис. 2. Схема пристрою для замочування зерна: 1- замочувальний апарат; 2-дифузор; 3-карман; 4- насос; 5- ежекційний масообмінний апарат; 6- масообмінна ділянка трубопроводу з віссю симетрії у формі синусоїди; 7- мікробіологічний фільтр.

передавання їх в масообмінну ділянку 6 трубопроводу. Вихід газорідинної суміші здійснюється в об'єм дифузора 2 з утворенням у ньому повітря-зерно-водяної суміші. Наслідком останнього є виникнення активного циркуляційного контуру з висхідною частиною у внутрішній частині дифузора. Перевагами конструкції є виключення потрапляння мастил у середовище, гарантований рівень масообміну, обмеження мікробіологічного забруднення.

Визначення параметрів циркуляційних контурів. Циркуляційний контур, що має місце в середовищі замочувального апарату, енергетично залежить від кількості введеної газової фази і повисотної координати точки введення газорідинної суміші.

Потужність вхідного потоку $N_{г.ф}$ по газовій фазі при цьому складає:

$$N_{г.ф} = P_{г.с} V_{г}, \quad (8)$$

де $P_{г.с}$ – гідростатичний тиск, Па; $V_{г}$ – об'ємний газовий потік, м³/с.

Вхідний показник потужності кінетичної енергії рідинної фази при цьому:

$$N_{р.ф} = m_{в.п} \frac{v^2}{2}, \quad (9)$$

де $m_{в.п}$ – масовий потік рідинної фази, кг/с; v – швидкість газорідинного потоку.

За потужності рідинного потоку $N_{р.п}$ після насоса і якщо знехтувати енергетичними втратами на тертя на ділянці між насосом і ежектором, то можливо вважати, що різниця потужностей:

$$\Delta N_I = N_{р.п} - (N_{г.ф} + N_{р.ф}), \quad (10)$$

забезпечує рівень силової взаємодії, ступінь диспергування фаз і масообмін на ділянках до введення газорідинного середовища у дифузор.

Вказаний перелік процесів будемо вважати першим етапом масообміну. Другим етапом є взаємодія зустрічних газорідинного і висхідного потоків зерно-водяної суміші, що переміщується у циркуляційному контурі. Взаємодія цього етапу має подвійні наслідки в залежності від спрямування потоків. Дисипативні втрати,

Робота пристрою відбувається наступним чином. Зерно в замочувальному чані знаходиться під шаром води. Сітка водозабірної карману 3 забезпечує знаходження в ньому лише рідинної фракції, яка насосом 4 подається в ежекційний масообмінний апарат 5. В результаті ежекційних ефектів відбувається засмоктування повітря через мікробіологічний фільтр 7, активне змішування рідинного і газового потоків і

пов'язані у тому числі і зі створенням міжфазної газорідної поверхні, залежать від величин приведених мас потоків і різниці їх швидкостей.

$$\Delta N_{II} = \frac{m_{в.п} m_{з.в} (w_{в.п} - w_{з.в})^2}{2(m_{в.п} + m_{з.в})}, \quad (11)$$

де $m_{в.п}$ та $m_{з.в}$ – масові потоки водоповітряної та зерно-повітряної сумішей.

Третьому етапу відповідає взаємодія між складовими трифазної системи в дифузорі. При цьому швидкість висхідного трифазного потоку залежить як від вмісту газової фази, так і від спрямування потоків на початку третього етапу.

4 розділ присвячений кондиціонуванню повітря і аерації солоду в процесах пророщування. До числа параметрів, що впливають на процес пророщування, відносяться вологість зерна, температура наявність кисню і діоксиду вуглецю. Повітряний потік, що проходить через шар зернової маси, є матеріальним носієм кисню, який доставляється в систему, і діоксиду вуглецю, що видаляється. Разом з тим цей потік виконує функцію теплоносія за рахунок зміни температур та вологості. Недоліком останнього слід вважати підсушування зернової маси і втрату нею вологи необхідно компенсувати за рахунок душіювання.

У зв'язку з викладеним до числа задач розділу віднесено:

- визначення теплових і матеріальних потоків у процесах пророщування солоду;
- визначення перспективних напрямків удосконалення процесів кондиціонування повітря;
- оцінювання можливості вилучення діоксиду вуглецю із циркуляційної частини повітря за рахунок сатурації води в камерах кондиціонування;
- створення аналітичних моделей кондиціонування повітря в різні сезони року;
- розроблення аналітичних моделей щодо рециркуляційних режимів роботи;
- визначення причини існування температурних градієнтів в зерновому середовищі і можливості обмеження температурних перепадів.

Співвідношення теплових і матеріальних потоків визначені на основі відповідних балансів, які враховували відведення теплоти від зернової маси як за рахунок нагрівання повітря, так і за рахунок випаровування води. Розрахунки виконувалися на 1000 кг маси пророщуваного солоду, для якої загальне тепловиділення становить 842450 кДж.

Тоді загальна маса випареної вологи m_v становить:

$$m_v = \frac{842450 - m_{пов} c_{пов} (t_{(к)} - t_{(п)})}{r}, \quad (12)$$

де $m_{пов}$ і $c_{пов}$ – відповідно маси і теплоємність повітря; $t_{(к)}$ і $t_{(п)}$ – відповідно кінцева і початкова температури повітря; r – теплота пароутворення.

На основі співвідношень параметрів для вологого повітря одержуємо розрахункову залежність по визначенню необхідної маси повітря:

$$m_{пов} = \frac{842450}{c_{пов} (t_{сол} - t_{(п)}) + (d_{(к)} - d_{(п)})r}, \quad (13)$$

де $t_{сол}$ – температура солоду і $t_{(к)} = t_{сол}$; $d_{(к)}$ і $d_{(п)}$ – відповідно кінцева і початкова абсолютна вологість повітря.

Останнє рівняння дає можливість визначити кількісний показник витрат повітря за весь цикл солодовирощування, однак його ж можливо застосувати стосовно всякого часу перебігу цього процесу. Якщо робочим режимом аерації передбачається збільшення масового потоку повітря, то це означає недовикористання його охолоджуючого потенціалу, і тоді $t_{(к)} < t_{\text{сол}}$. Очевидно, що з економічної і енергетичної точок зору подібні режими є нераціональними. Разом з тим кінцева температура повітря $t_{(к)}$ не може перевищувати температуру солоду. Це означає, що регульовальні ефекти можуть стосуватися тільки абсолютного вологовмісту.

Удосконалення процесів кондиціонування повітря пов'язується з необхідністю скорочення енергетичних витрат за рахунок рециркуляції його частини. Енергетичні витрати, пов'язані з нагріванням або охолодженням повітря складають вагому частку загальних енергетичних потреб. Використання рекуперативних режимів дозволяє скоротити їх на 60-75 %. Проте частка рекуперативного потоку повітря обмежується у зв'язку із необхідністю доставки кисню і відведення CO_2 , генерованого у процесі солодоращення. Десорбція діоксиду вуглецю з рекуперативної частини повітря є рішенням, яке розв'язує одну сторону проблеми. Для здійснення процесу десорбції зворотний потік (рис. 3) пропонується повертати у камеру кондиціонування, поділену на дві частини, в яких відбувається окремо взаємодія газових потоків з розпиленою фракцією води. Відомо, що за час пророщування 1000 кг зерна виділяється $G_{\text{CO}_2} = 117,3$ кг CO_2 . Мінімальна кількість води $m_{\text{в(к)}}$, що має за цикл пройти в режимі масообміну з циркуляційним повітрям:

$$m_{\text{в(к)}} = \frac{k_{\text{рец}} G_{\text{CO}_2}}{c_{\text{н}(\text{CO}_2)}}, \quad (14)$$

де $k_{\text{рец}}$ – коефіцієнт циркуляції повітряного потоку;
 $c_{\text{н}(\text{CO}_2)}$ – константа насичення води діоксидом вуглецю.

Константа насичення визначається за законом Генрі:

$$c_{\text{н}(\text{CO}_2)} = k_{(\text{CO}_2)} P_{\text{CO}_2}, \quad (15)$$

де $k_{(\text{CO}_2)}$ – константа Генрі; P_{CO_2} – парціальний тиск CO_2 у рециркуляційному повітрі.

Одержані залежності дали можливість встановити величини матеріальних потоків та енерговитрат, які стосуються літнього та зимового сезонів роботи.

Визначення параметрів рециркуляційних режимів. Обмеження рівнів рециркуляції пов'язується також з концентрацією кисню у суміші свіжого і рециркуляційного повітря.

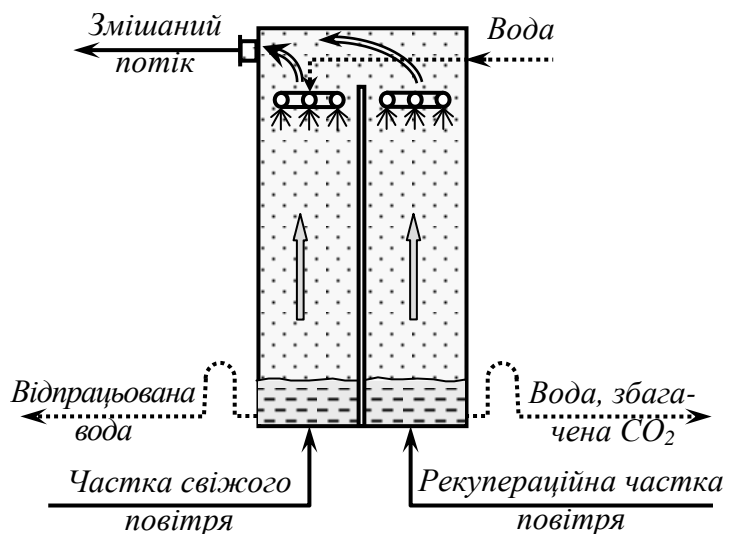


Рис. 3. Схема камери кондиціонування з секцією сорбції CO_2 .

Співвідношення між об'ємними потоками свіжого повітря V_1 та рециркуляційного V_2 встановлюємо через коефіцієнт рециркуляції $k_{\text{рец}}$:

$$V_2 = k_{\text{рец}} V_1. \quad (16)$$

Тоді загальний потік повітря, що подається на аерацію:

$$V = V_1 + V_2 = V_1(1 + k_{\text{рец}}). \quad (17)$$

Уявляючи характер масообміну по кисню, будемо вважати, що має місце його розчинення в рідинній фракції (плівці) на кожній зернівці. Швидкість розчинення dG_{O_2} / dt відображується формулою:

$$\frac{dG_{O_2}}{dt} = kF(c_H - c_\tau), \quad (18)$$

де k – коефіцієнт масопередавання; F – поверхня масопередавання; c_H – стала насичення по O_2 ; c_τ – плинна концентрація розчиненого кисню.

Значення k та F для такої системи є стабілізованими, а рушійний фактор $(c_H - c_\tau)$ є визначальним і таким, що може впливати на рівень рециркуляції. Можлива стабілізація рушійного фактору відноситься саме на показник c_τ , що в умовах рециркуляції і змінних значень c_H самоплинно виводить систему на стан динамічної рівноваги. З цієї точки зору принципове значення належить сталій насичення c_H по кисню. На рис. 4 наведено структуру газових потоків.

За таких умов парціальний тиск кисню P_{O_2} в суміші залежить від коефіцієнта рециркуляції $P_{O_2} = P_{O_2}(k_{\text{рец}})$:

$$c_H = k_{O_2}(P_{O_2}) = k_{O_2} P_{O_2}(k_{\text{рец}}), \quad (19)$$

де k_{O_2} – константа Генрі.

Парціальний тиск P_{O_2} визначається через об'ємну частку r_2 кисню у газовому середовищі: $r_2 = V_{O_2} / V$,

$$V_{O_2} = 0,21V_1 + k_{\text{рец}} r_2 V_1 = V_1(0,21 + k_{\text{рец}} r_2);$$

$$r_2 = \frac{V_{O_2}}{V} = \frac{V_1(0,21 + k_{\text{рец}} r_2)}{V_1(1 + k_{\text{рец}})} = \frac{0,21 + k_{\text{рец}} r_2}{1 + k_{\text{рец}}}. \quad (20)$$

Розрахунки по оцінці величини r_2 наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Результати розрахунків по оцінці об'ємної частки кисню в повітряному потоці

Коефіцієнт рециркуляції $k_{\text{рец}}$	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Об'ємна частка O_2	0,203	0,2	0,1966	0,195	0,194	0,193	0,1928	0,1925	0,192

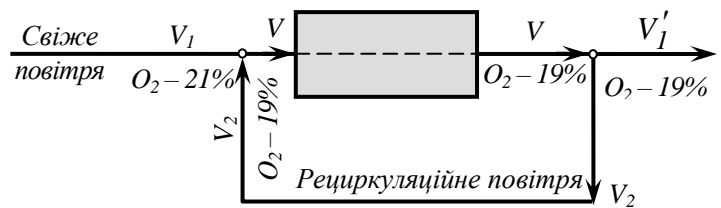


Рис. 4. Схема газових потоків в процесах аерації пророщуваного зерна.

Числові співвідношення, наведені у таблиці, стосуються динамічної системи і можуть досягатися в межах параметрів, за яких у рециркуляційній частині об'ємна частка O_2 не опускається нижче 19 %. Тим не менше, наведені дані вказують на існування цілком контрольованих значень за параметром r_2 , що означає можливість стабілізації системи за рушійним фактором, а точніше за величиною c_n :

$$c_n = k_{O_2} r_2 P = k_{O_2} \frac{0,21 + k_{\text{рец}} r_2}{1 + k_{\text{рец}}} P. \quad (21)$$

Оскільки зі зниженням температур розчинність газів зростає, то додержання режимів температур в системі 12-18 °С корисне не лише з точки зору інтересів біохімічних параметрів, а і з точки зору забезпечення киснем.

Важливим технологічним недоліком існуючих систем аерації пророщуваного солоду є нерівномірність температур у шарі зерна по його висоті, довжині та ширині грядки. За відносно обмеженої кількості повітря нижні шари зернової маси будуть мати температуру меншу, ніж верхні. З цієї точки зору витікає теплофізична недоцільність пророщування солоду у шарі значної висоти. Вказані заміри на діючому обладнанні показали повисотний перепад температур 3-4 °С. Підкреслимо, що технологічний перепад, пов'язаний з добою пророщування досягає 4-6 °С. Це означає, що для значної маси солоду номінальні температури пророщування не досягаються. Наслідком таких обставин є втрата якісних показників продукції.

Феноменологічні міркування приводять до висновку про можливість обмеження температурних перепадів за рахунок збільшення потоку повітря. Для повисотного перепаду температур $t_{\text{max}} - t_{\text{min}}$ одержано співвідношення:

$$t_{\text{max}} - t_{\text{min}} = Q_{\text{сол}} / (Vc), \quad (22)$$

де $Q_{\text{сол}}$ – кількість теплоти, що виділяється при пророщуванні солоду за 1 год.

З останньої формули видно, що обмеження температурного перепаду за інших рівних умов пов'язано з об'ємними витратами повітря.

Розроблені аналітичні залежності по визначенню коефіцієнтів рекуперації потоків, термодинамічних параметрів процесів, масових і об'ємних потоків повітря тощо приводять до можливості створення автоматизованої системи керування процесом солодовирощування.

ВИСНОВКИ

1. Розширено теоретичні уявлення щодо механізму замочування зерна. На основі вивчення і співставлення матеріальних балансів вперше запропоновано гіпотезу про наявність додаткової рушійної сили на основі осмомолекулярної дифузії. Результатом висновку про роль осмомолекулярної дифузії є пропозиція щодо використання пом'якшеної води для замочування зернових культур.

2. Вперше показано відсутність балансу по кисню, що транспортується у зернівку вологою і загальною кількістю споживаного кисню, що свідчить про існування дифузійного перенесення O_2 через оболонки зернівки і необхідність регулярної доставки його в середовище за рахунок аерації.

3. Причиною виникнення гіпотези щодо наявності осмомолекулярної дифузії є нерівномірний розподіл вологи в зернівках, що знаходиться в протиріччі з принципом найбільш вірогідного стану.

4. Показано, що спряжені матеріальні потоки води, кисню, діоксиду вуглецю і тепловий потік мають нестационарний характер у зв'язку зі змінами рушійних факторів. Так концентрація CO_2 у рідинній фазі зростає від нуля на початковій фазі до стану насичення, що супроводжується зростанням осмотичного тиску, зміною також є концентрація розчиненого кисню.

5. Підтверджена доцільність використання в системах аерації замочувальних апаратів безмасляних компресорів або ежекційних пристроїв.

6. Вперше розроблено теорію взаємодії повітряних або водоповітряних потоків з середовищем замочувальних апаратів, одержано розрахункові формули по визначенню кінематичних параметрів циркуляційних контурів.

7. Розвинуто теорію співвідношень теплових і матеріальних потоків у процесах пророщування солоду.

8. Теоретично доведено з розробкою відповідної розрахункової бази можливість десорбції діоксиду вуглецю з рециркуляційної частини повітря. Запропоновано апаратурне оформлення такого процесу.

9. Одержано оцінку енергетичних витрат, пов'язаних з кондиціонуванням повітря, з впливом на них показників рециркуляції.

10. Вперше розроблено теоретичні основи по визначенню співвідношень кисню і діоксиду вуглецю в рециркуляційних системах аерації пророщуваного солоду. Запропоновано моделі по визначенню рекуперативних коефіцієнтів в схемах з десорбованим CO_2 і стабілізованим вмістом кисню.

11. Вперше досліджено нерівномірність температурних полів в зерновій масі пророщуваного солоду. Встановлено взаємозв'язки між термодинамічними параметрами повітря і повисотною зміною температур. Розроблено рекомендації по обмеженню температурних нерівномірностей.

12. Розроблено рекомендації щодо економічно-доцільної підготовки повітря в різні сезони року. Запропоновано чотири конструкції нових апаратів на рівні винаходів.

13. Впровадження рекомендацій щодо рекуперативної аерації процесів пророщування солоду дало економічний ефект у сумі 111 тис. грн.

Список опублікованих праць за темою дисертації

1. Стабілізація напоїв / Підлісний В.В., Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. // Харчова і переробна промисловість. – Київ. – 2007. – № 6. – С. 20-22.

2. Удосконалення процесів кондиціонування й вилучення діоксиду вуглецю з рекуперативної частини повітря при виробництві солоду / Підлісний В.В., Варфоломеев А.Й., Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. // Харчова і переробна промисловість. – Київ. – 2007. – № 10. – С. 28-29.

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

4. Фізико-хімічні явища в масообміні при зволоженні зерна / Підлісний В.В., Варфоломеев А.Й., Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. // Харчова і переробна промисловість. – Київ. – 2008. – № 1. – С. 18-19.

5. Інтенсифікація масообміну в трубопроводах за рахунок сил інерції / Підлісний В.В., Соколенко А.І., Піддубний В.А., Хоменко М.Д., Васильківський К.В. // Цукор України. – Київ. – 2007. – № 3. – С. 13-15.

6. В.В. Підлісний, А.Й. Варфоломєєв Особливості газообміну і масопередачі при замочуванні солоду / Науковий журнал «Харчова промисловість». – Київ. – № 6. – 2008. – С 74-77.

7. В.В. Підлісний Визначення теплових і матеріальних потоків у процесах пророщування солоду // Науковий журнал «Харчова промисловість». – Київ. – № 6. – 2008. – С 90-92.

8. Пат. 26464 Україна, МПК, B01F 3/12 Спосіб інтенсифікації масообміну в трубопроводах. / Підлісний В.В., Соколенко А.І., Хоменко М.Д., Васильківський К.В., Піддубний В.А., Мальська Ю.О.; заявник і патентовласник НУХТ. – №200704731; заявл. 27.04.2007; опублік. 25.09.2007, Бюл. № 15.

9. Пат. 25946 Україна, МПК, C12C 1/00, F26B 9/06 Пристрій для сушіння пивної дробини / Підлісний В.В., Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А.; заявник і патентовласник НУХТ. – №200704735; заявл. 27.04.2007; опублік. 25.08.2007, Бюл. № 13.

10. Пат. 25649 Україна, МПК, B01D 3/18 Масообмінний апарат / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Підлісний В.В., Шевченко О.Ю., Варфоломєєв А.Й.; / заявник і патентовласник НУХТ. – №200704722; заявл. 27.04.2007; опублік. 10.08.2007, Бюл. № 12.

11. Пат. 29881 Україна, МПК, 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.; заявник і патентовласник НУХТ. – №200712109; заявл. 01.11.2007; опублік. 25.01.2008, Бюл. № 8.

12. Пат. 29493 Україна, МПК, C12C 1/00 Апарат для замочування зерна / Соколенко А.І., Лисюк О.О., Піддубний В.А., Підлісний В.В., Шевченко О.Ю., Варфоломєєв А.Й.; заявник і патентовласник НУХТ. – №200711258; заявл. 11.10.2007; опублік. 10.01.2008, Бюл. № 1.

13. Пат. 30351 Україна, МПК, C12C 1/00 Апарат для замочування зерна / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А., Підлісний В.В.; заявник і патентовласник НУХТ. – №200711572; заявл. 19.10.2007; опублік. 25.02.2008, Бюл. № 2.

14. Масообмінний апарат / Підлісний В.В., Семенов О.М., Кравцов В.А. // „Перші наукові кроки”: І Всеукраїнська студентська науково-методична конференція / – Кам’янець-Подільський: 2007р. – 168 с. С. 74.

15. Стабілізація соків і напоїв / Підлісний В.В., Варфоломєєв А.Й., Семенов О.М. // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 74-а наук. конф. молодих учених аспірантів і студентів, 22 кв. 2008 р.– К., 2008.–Ч.ІІ. – С. 110.

Анотація

Підлісний В.В. Удосконалення процесів та обладнання для виробництва солоду: – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. Подільський державний аграрно-технічний університет Міністерства аграрної політики України. Кам'янець-Подільський, 2009.

В дисертації представлено результати аналізу сучасного стану технологій виробництва солоду в частинах його замочування і пророщування.

Показано доцільність доповнення теоретичних уявлень щодо механізму зволоження зерна положеннями осмомолекулярної дифузії, вирішено питання про співвідношення матеріальних спряжених потоків масообміну.

Здійснено кількісну оцінку рівня сатурації рідинної фракції в процесах замочування і доцільність виконання примусової десатурації з розробкою аналітичного апарату по взаємозв'язку між масовими параметрами рідинних потоків, об'ємних потоків газової фази і кількістю десорбованого CO₂.

Розроблено аналітичні моделі по визначенню параметрів циркуляційних контурів в замочувальних апаратах.

Визначено співвідношення теплових і матеріальних потоків у процесах пророщування солоду, показано можливість вилучення діоксиду вуглецю із рециркуляційної частини повітря в камерах кондиціонування, розроблено аналітичні моделі щодо організації рециркуляційних режимів аерації солоду, визначено причини виникнення і можливості обмеження температурних перепадів у пророщуваному солоді.

Здійснено промислове впровадження розробок у виробництво.

Ключові слова: солод, аерація, рециркуляція, масообмін, кондиціонування, потоки, концентрація, насичення.

Аннотация

Подлесный В.В. Усовершенствование процессов та оборудования для производства солода: – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. Подольский государственный аграрно-технический университет Министерства аграрной политики Украины, Каменец-Подольский, 2009.

В диссертации представлены результаты анализа современного состояния технологии производства солода в частях, касающихся замачивания и проращивания зерна.

Объектом исследования являются процессы массо- и теплопереноса, сопровождающие замачивание и проращивание зерна в производстве солодов для пивоваренной промышленности.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, отмечены главные направления и перспективы решения поставленных задач.

Первый раздел посвящен анализу литературных источников и практическому

состоянию технологий солодоращения, сложившемуся на предприятиях Украины. Показано, что в теоретической базе процессов замачивание зерна не учитывается такая составляющая массообмена, как осмомолекулярная диффузия.

На основе анализа уровня технического обеспечения показано недостатки, связанные с процессами аэрации зерна при замачивании и проращивании.

Второй раздел посвящен методикам теоретических и экспериментальных исследований, изложены гипотезы и допущения, положенные в основу аналитических и феноменологических исследований. Приведены данные экспериментальных исследований, касающиеся определения гидродинамических параметров зерно-водных сред при их аэрации.

В третьем разделе излагаются результаты исследований процессов замачивания зерна, транспорта кислорода и отвода из зернышек и водной фракции синтезированного диоксида углерода. Показано, что сопряженные потоки кислорода и CO_2 протекают в режимах с изменяющимися показателями движущих параметров.

Разработаны модели массообмена, в которых соседствует растворение в водной фракции кислорода и десорбция углекислого газа. Предложена конструкция устройства для замачивания зерна в сочетании внутреннего аэратора и эффективного внешнего аэратора в составе циркуляционного контура.

В четвертом разделе излагаются результаты исследований по тепло-массообмену в условиях аэрации проращиваемого солода.

Показаны особенности сочетания процессов охлаждения зерна, потери им влаги и нагревания воздуха. Выполнен анализ энергозатрат, связанных с кондиционированием воздуха в зимний и летний периоды работы предприятий. Разработаны рекомендации по выбору режимов и условий тепло-массообмена.

Показаны возможности снижения энергозатрат в процессах кондиционирования за счет рециркуляции воздуха. Разработано теоретическое основание для определения соотношений свежего и возвратного потоков воздуха. Показана возможность десорбции CO_2 из рециркуляционного потока воздуха в камерах кондиционирования.

Приведены результаты исследований по определению температурных полей в зерновой массе. Показано, что разница температур достигает 3-4 °С, что находится в явном противоречии с требованиями технологии.

Предложены мероприятия и конструктивные решения по ограничению перепадов температур в массивах зерна.

Осуществлено промышленное внедрение результатов исследований.

Annotation

Pidlisnuy V.V. Improvement of processes and equipment for the production of malt: it is Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences after speciality 05.18.12 are processes and equipments of food, microbiological and pharmaceutical productions. Podilskiy state agrarian-technical university. Kam'yanetz-Podilskiy, 2009.

In dissertation the results of analysis of the modern state of technologies of production of malt are presented in parts of his soakage and growing.

Expedience of addition of theoretical presentations is rotined in relation to the mechanism of moistening of grain by positions of osmose-molecular diffusion, a question is decided about correlation of material conjugating streams of mass-transfer.

The quantitative estimation of level of carbonization of liquid faction in the processes of soakage and expedience of implementation of forced non carbonization is carried out with development of analytical vehicle on intercommunication between the mass parameters of liquid streams, by volume streams of gas phase and amount of denuded CO₂.

Analytical models are developed on determination of parameters of circulation contours in moistened vehicles.

Certainly correlation of thermal and financial streams in the processes of growing of malt, possibility of exception of dioxide of carbon is rotined from reverse part of air in the chambers of conditioning, analytical models are developed in relation to organization of the reverse modes of aeration malt, certainly reasons of origin and possibility of limitation of temperature overfalls in a growing malt.

The industrial applying of developments is carried out in industry.

Keywords: malt, aeration, reverse, mass-transfer, conditioning, streams, concentration, satiation.