

хранение и переработка

ЗЕРНА

научно-практический журнал

№9 (174)
сентябрь 2013

www.hipzmag.com

КАК СЭКОНОМИТЬ С ПОМОЩЬЮ АСПИРАЦИИ?

РАССКАЖУТ СПЕЦИАЛИСТЫ



Зерновая
Столица

Балтская дорога, 76, г. Одесса, +38(048)717-44-93, 717-45-03, info@zeo.ua, www.zeo.ua

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Бутковский В.А. (Москва)
Васильченко А.Н. (Киев)
Ган Е.А. (Астана)
Дмитрук Е.А. (Киев)
Дробот В.И. (Киев)
Жемела Г.П. (Полтава)
Капрельянц Л.В. (Одесса)
Кирпа Н.Я. (Днепропетровск)
Ковбаса В.Н. (Киев)
Кожарова Л.С. (Москва)
Кругляк В.И. (Днепропетровск)
Лебедь Е.М. (Днепропетровск)
Просьянык А.В. (Днепропетровск)
Пухлий В.А. (Севастополь)
Ткалич И.Д. (Днепропетровск)
Фабрикант Б.А. (Москва)
Цыков В.С. (Днепропетровск)
Чурсинов Ю.А. (Днепропетровск)
Шаповаленко О.И. (Киев)
Шемавнев В.И. (Днепропетровск)

Главный редактор

Рыбчинский Р.С. **chief@apk-inform.com**
zerno@apk-inform.com

Подписка/реклама

Ткаченко С.В. **zerno2@apk-inform.com**

Техническая группа

Чернышева Е.В., Щенёв В.С., Гречко О.И.

Материалы печатаются на языке оригинала. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламе (материалы, обозначенные знаком *, печатаются на правах рекламы). Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только по согласованию с редакцией. Научно-практические материалы печатаются по решению ученого совета Института зернового хозяйства НААН Украины № 16 от 14 сентября 2001 г. Внесен в Высшую аттестационную комиссию по техническим наукам (постановление президиума ВАК Украины от 23.02.2011 г. №1-05/2)

Адрес для переписки:

Абонентский ящик №591,
г. Днепропетровск, 49006, Украина

Адрес редакции:

ул. Чичерина, 21, г. Днепропетровск, 49006 Украина
тел/факс: **+380 56 370-99-14**
+380 562 32-07-95
e-mail: **zerno@apk-inform.com**

**Основатель и издатель
ООО ИА «АПК-Информ»**

Год основания: 31.01.2000

Украина, г. Днепропетровск, ул. Чичерина, 21
Свидетельство о государственной регистрации
КВ 17842-6692ПР

Изготовитель: ДП «АПК-Информ»,
г. Днепропетровск, ул. Ленинградская, 56

Подписной индекс в каталоге «Укрпошты» - 22861

Подписано в печать 22.09.13

Формат 60x84 1/8. Тираж 2 000 экз.

Печать офсетная, отпечатано на полиграфическом комплексе ИА «АПК-Информ»

СОДЕРЖАНИЕ

ОТРАСЛЕВЫЕ НОВОСТИ

ЗЕРНОВОЙ РЫНОК

Обзор внебиржевого рынка зерновых Украины.....	5
Рынок продуктов переработки зерна Украины.....	6
Обзор рынка зерновых России.....	7
Рынок продуктов переработки зерна России.....	8

ТЕМА

Речной транспорт Украины: преимущества, проблемы и перспективы.....	10
Экспорт зерновых через порты Украины: из чего складываются и сколько стоят простои в портах?.....	13
Планирование движения сельхозпродукции как инструмент оптимизации логистических затрат для агрохолдингов.....	15

РАСТЕНИЕВОДСТВО

Агротехнології як бар'єр проти посухи.....	17
Електропровідні властивості ґрунту у системі точного землеробства.....	19

ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ И СУШКИ

Опыт создания локальных аспирационных установок.....	23
Зерновые ситовые сепараторы.....	27
Вплив швидкості зневоднення зерна на енерговитрати його сушіння.....	30

ТЕХНОЛОГИИ ЗЕРНОПЕРЕРАБОТКИ

Формування помольної партії при змішуванні пшениці різних класів.....	32
Дослідження гігроскопічних властивостей комбікормів.....	35

ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

Перспективные направления белорусских ученых в хлебопекарной, кондитерской и макаронной промышленности.....	37
Використання технології відкладеного випікання у виробництві хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення.....	44
Досвід виробників у технології відкладеного випікання.....	50
Використання кукурудзяної крупи у виробництві пшеничного хліба.....	52

НАУЧНЫЙ СОВЕТ

Вплив плазмохімічно активованих водних розчинів на процеси адсорбції та десорбції зернового матеріалу у виробництві солоду.....	55
---	----

УДК 663.43:006.354

Вплив плазмохімічно активованих водних розчинів на процеси адсорбції та десорбції зернового матеріалу у виробництві солоду

Півоваров О.А., доктор технічних наук, Тищенко Г.П., кандидат технічних наук, доцент ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Чурсінов Ю.О., доктор технічних наук, Ковальова О.С., старший викладач, Дніпропетровський державний аграрний університет

На сучасному етапі розвитку солодова інженерія стає технічно складною та наукомісткою. Тому необхідно принципово нове розуміння організації технологічного розвитку солодового виробництва, що гарантовано забезпечує високу віддачу при менших витратах. В умовах загострення конкуренції як серед українських, так і закордонних виробників солоду на перший план висувуються проблеми підвищення якості та екологічної безпеки солодового продукту. Адже солод є важливою біологічною добавкою, яка широко використовується в харчовій промисловості при виробництві кукурудзяних і рисових пластівців, хлібобулочних виробів, дитячого харчування, молочного та білого шоколаду, пива, солодових екстрактів, крохмалю, спирту, квасу та ін. Пророщені зерна злаків застосовують також як підсолоджуючі та смакові добавки завдяки вмісту у пророщеному солоді мальтози, глюкози, сахарози, фруктози й амілози [1].

Сучасні технології отримання солоду дають можливість переходу максимальної кількості натуральних харчових компонентів із зерна в солод. Відомо, що до складу солоду входять білки, жири, вуглеводи, ферменти, вітаміни В, В1, В2, С, Е, РР, фолієва кислота, мінеральні речовини та великий набір мікроелементів: калій, магній, кальцій, залізо, мідь, фтор, цинк [2].

Заключною стадією технологічного процесу виробництва є сушіння свіжопорослого солоду, основною метою якої є зниження вмісту вологи з 40-50 до 3-6%, тобто до рівня, який перешкоджає розвитку шкідливих мікроорганізмів. Солод у цьому випадку набуває специфічного присмаку, кольору, аромату та зберігає високу ферментативну активність. Тому сушіння солоду являє собою поєднання складних нестаціонарних процесів тепло- і масообміну та біохімічних перетворень, у результаті яких завершуються біохімічні процеси, що відбувалися під час пророщування зерна.

Значні витрати енергії на сушіння зерна створюють передумови для більш глибокого вивчення процесів видалення вологи із рослинної сировини. Комплексний аналіз проблеми показав, що інтенсивність процесу сушіння можливо підвищити, якщо відійти від класичного уявлення про дану технологію та запровадити нові елементи, які впливатимуть на об'єкт обробки не тільки фізично, але і матимуть хімічно-біологічний вплив.

Свіжопорослий солод під час сушіння зазнає глибоких фізичних, фізіологічних і біохімічних змін, які залежать від швидкості зневоднення, температури сушильного агента, вмісту вологи та умов сушіння. У процесі сушіння солоду значно змінюється його хімічний склад. Спочатку відбувається прискорення гідролізу крохмалю, що приводить до збільшення кількості цукрів. За високих температур сушіння розщеплюються білки та продукти їхнього гідролізу, завдяки яким вміст простих вуглеводів зменшується.

Солод характеризується великою кількістю води та малим вмістом сухих речовин. Основна частина води знаходиться у

вільному вигляді, й лише близько 5% пов'язано із клітинними колоїдами і міцно в них утримується. Цим пояснюється легкість сушіння солоду до вологості 12-14% і перешкоджання видалення залишкової вологи [3, 4].

Задля проникливості оболонок зерна останнім часом в Україні та за її межами широко використовують стимулятори та інгібітори пророщування зерна в процесі його замочування. Такими інгібіторами є перекис водню, перманганат калію, хлорид марганцю, хлорне залізо, екстракти деяких рослин, цитолітичні ферменти.

За результатами попередніх досліджень, які наведені у роботах [5, 6], становить інтерес використання плазмохімічно обробленої води як зволожуючого середовища зерна з метою отримання якісного, без будь-якого привнесення зовнішніх хімічних сполук солоду. В даних роботах встановлено, що у разі обробки води контактною нерівноважною плазмою мають місце фізико-хімічні перетворення в рідкому середовищі, основним з яких є утворення перекисних і надперекисних сполук, активних часток і радикалів, що також супроводжуються структурними перетвореннями вихідної води на кластерному рівні. Показано, що вода сформована з кластерів, які під дією плазми подрібнюються, через що суттєво зростає проникаюча здатність подрібнених кластерів в об'єм зерна та сприяє зростанню біологічної активності в процесі солодоращення [7]. Отже, метою даної роботи є встановлення впливу плазмохімічно обробленої води на сорбційні властивості зернового матеріалу та в подальшому їхній вплив на видалення вологи зі свіжопорослого солоду під час сушіння.

У дослідженнях було використано зерно таких культур: гречка, горох сорту Ранній, кукурудза сорту Цукрова, сочевиця, суміш житнього солоду, яке використовують на ТОВ «Укрсолод», м. Дніпропетровськ.

Для замочування використовували плазмохімічно оброблену магістральну воду з параметрами: вміст перекисних сполук – від 200 до 600 мг/л, рН – від 8 до 10,5. Процес пророщування здійснювали згідно з методикою, передбаченою стандартом ДСТУ 4138-2002. Плазмову обробку води здійснювали із застосуванням плазмохімічної лабораторної установки в скляному реакторі періодичної дії, об'ємом 0,08 дм³. В ході проведення досліджень було визначено також вміст цукру в готовому солоді, досліджено адсорбційні властивості зерна та процес сушіння солоду при використанні плазмохімічно активованих розчинів.

Окисно-відновний потенціал і рН визначали шляхом вимірювання з платиновим електродом і хлор-срібним електродом порівняння. Вміст перексиду водню в плазмохімічно обробленій воді визначали за допомогою тест-систем Merckoquant Peroxide Tests. Значення ОВП виражали через від'ємний логарифм тиску водневих іонів у редокс-системі (rH) за формулою Нернста [8].

$$rH = \frac{Eh + 200}{30} + 2pH, \quad (1)$$

де nH - від'ємний логарифм концентрації іонів водню;
 Eh - потенціал, який виникає в даному середовищі на платиновому електроді;

pH - активна кислотність середовища;

200 - поправка на потенціал хлор-срібного електроду по відношенню до водневого;

30 - коефіцієнт перерахунку, взятий із формули Нернста.

Солододорощення проводили із застосуванням лабораторної солодовні, яка являла собою набір пластикових ємкостей, на поверхні яких розміщали фільтрувальний папір, змочений плазмохімічно активованим розчином. На даній поверхні ємкостей також уклали фільтрувальний папір, попередньо змочений активованою водою. Для порівняння у декілька аналогічних ємностей розміщали фільтрувальний папір, змочений магістральною водою. Тривалість процесу солододорощення визначали шляхом візуального контролю за зразками, які розташовували на поверхні фільтрувального паперу, в кількості зерен, визначених відомою методикою [9].

По мірі досягнення відповідних показників солододорощення отриманий солод вилучали із солодовні й піддавали сушінню у багатоярусній сушарці періодичної дії за температури від 43 до 87°C. В ході процесу сушіння досліджували процес видалення вологи із свіжопросорого солоду методом зважування зразків протягом 14 год. У висушеному солоді видаляли паростки та направляли на лабораторний аналіз для визначення вологості та вмісту цукру.

Вміст цукру в солоді фіксували рефрактометричним методом, заснованим на вимірюванні кута заломлення світлового променя при переході з одного середовища в інше. Показник заломлення швидко та досить точно визначають за допомогою рефрактометра. Для його вимірювання достатньо 0,05-1% речовини у розчині. У рефрактометрі одним середовищем є склоподібна призма, іншим – розчин, що досліджується. Співвідношення синусів кутів падіння та заломлення для даної пари речовин являє собою постійну величину. При значному відхиленні падаючого променя на більш щільне середовище (скло призми) заломлений промінь має складати з перпендикуляром кут 90°C, тобто має місце ковзання вздовж розділу поверхонь, що унеможлиблює його перехід на інше, менш щільне середовище (розчин). Тому він зазнає повного внутрішнього відображення, а відображений промінь стає особливо яскравим. Для кожного зразка було проведено по три виміри та виведено середнє арифметичне значення.

Також було досліджено ступінь набухання зернових культур і характер взаємодії з навколишнім середовищем за зміною кислотності. Навіски зернових культур масою 3 г по 4 зразка кожного виду зважували на аналітичних вагах. Зразки вкладали у хімічні стакани об'ємом 200 мл і заливали 100 мл плазмохімічно обробленими розчинами, час активації яких складав 5; 10; 15 хв., для контролю було використано магістральну воду. Далі визначали pH середовища набухання через 10; 20; 30; 40; 60 хв. та 24 год. після початку дослідів. Для контролю кислотності водних середовищ використовували прилад «pH-150 М». Паралельно вимірювали ступінь набухання зерна методом зважування замоченого зерна кожні 30; 60; 90; 120; 150 хв. та 24 год. від початку дослідів.

Через 24 год. після замочування розчини обережно зливали, а зерно, ретельно промокнувши фільтрувальним папером, зважували та розраховували ступінь набухання за формулою [4]:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100, \quad (2)$$

α - ступінь набухання зерна, %;

m_0 - вихідна маса навіски зерна, г;

m - маса навіски зерна після набухання, г.

Пророщування житнього солоду здійснювали згідно з методикою за температурою 17°C протягом 3 діб для пророщування житнього солоду та 5 діб для солоду із гречки, гороху, кукурудзи та сочевиці за участі магістральної та плазмохімічно активованої води. Термін пророщування складав у разі застосування магістральної води 4-7 діб до досягнення показників, які характеризують кінцеву якість продукту. Було отримано солод при використанні плазмохімічно активованої води з терміном плазмової обробки 5; 10; 15 хв. Візуальним спостереженням та фіксацією шляхом фотографування зразків було встановлено, що зерна набували кінцевих властивостей у залежності від терміну плазмохімічної обробки вихідної води. Встановлено, що найбільш ефективно розвивалися зернові культури у разі застосування води, яку обробляли контактною нерівноважною плазмою протягом 10; 15 хв. Зерна, паростки та корінці у період солододорощення набували оптимальних розмірів за більш короткий термін солододорощення майже на 1 добу в порівнянні із пророщуванням зерна, замоченого водою з магістральних мереж.

Важливою умовою процесу пророщування солоду є наявність вологи, яка, проникаючи крізь зернову оболонку, адсорбується й активує життєдіяльність зерна з появою в ньому вільної вологи. З моменту занурення зернової культури у вологе середовище утворюється різниця концентрацій води зовні та всередині зерна, внаслідок чого вода починає проникати крізь оболонку до клітин завдяки здатності гідрофільних речовин до поглинання вологи, підкорюючись законам дифузії та осмосу.

При дослідженні процесу адсорбції спостерігається більш швидке поглинання вологи зерном при застосуванні активованих розчинів до 3,5% у порівнянні зі звичайною магістральною водою. М'якшина оболонки зерна на початку замочування непроникна для води. Це пов'язано з тим, що вона зовні вкрита потовщеними клітинами та просочена речовинами, які не пропускають воду. Вода дифундує в зерно тонкими капілярами – трахеїдами зародкової частини, яка не вкрита м'якшиною оболонкою. Спочатку клітини плодової та насінневої оболонки адсорбують воду, яка поступово просувається всередину зерна. На проникності оболонки ґрунтується використання стимуляторів та інгібіторів проростання зерна в процесі замочування [10]. Таким є пероксид водню та надперекисні сполуки, які утворюються у процесі плазмохімічної активації водних розчинів. У разі обробки води нерівноважною плазмою внаслідок фізико-хімічних перетворень у рідкому середовищі відбувається утворення збуджених часток і радикалів, що також супроводжується структурними перетвореннями на кластерному рівні [11]. За рахунок подрібнення кластерів під дією контактної плазми відбувається зростання проникної здатності в об'єм зерна, що сприяє біохімічним перетворенням у процесі замочування та пророщування зерна. Результати впливу активованих розчинів на процес адсорбції наведено у табл. 1.

За даними проведених досліджень підтверджено ефектив-

Таблиця 1. Вплив активованих водних розчинів на процес адсорбції зерна

№	Тривалість замочування, хв.	Вихідна вода			
		магістральна (контроль)	активована 5 хв.	активована 10 хв.	активована 15 хв.
Маса наважки, г					
1	0	3	3	3	5
2	30	3,28	3,36	3,36	3,36
3	60	3,36	3,36	3,36	3,36
4	90	3,42	3,46	3,44	3,44
5	120	3,45	3,47	3,46	3,51
6	150	3,53	3,49	3,52	3,55
7	180	3,61	3,65	3,68	3,72
8	1440	4,16	4,24	4,26	4,31

ність застосування плазмохімічно активованих розчинів у процесі замочування, при цьому целюлозно-пектинові оболонки зерна інтенсивно абсорбують вологу, завдяки якій спостерігається активне набухання колоїдних речовин. Причому одна їхня частина є гелями з обмеженим ступенем набухання (крохмаль, клітковина), інша частина здатна необмежено набухати (білки та високомолекулярні продукти розпаду білків). Підтвердженням цього є результати розрахунку ступеню набухання, представлені на рис. 1.

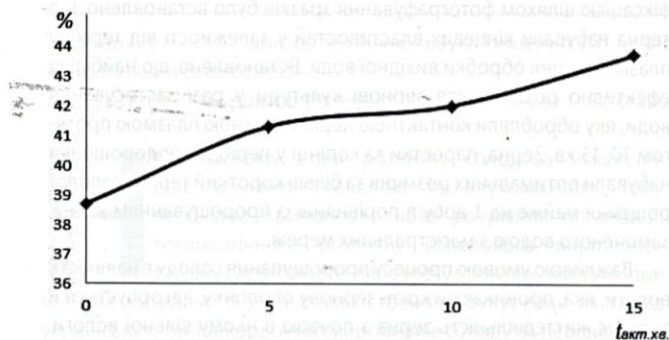


Рис. 1. Залежність ступеню набухання від часу активації водних розчинів

Впродовж першої години набухання проводили вимірювання рН середовища. У табл. 2 наведено величини зміни рН середовища набухання зерен злакових культур.

Протягом першої години набухання кислотність середовища зменшувалася незначно за перші 10 хв., і за 60 хв. зсув рН до лужної зони складав від 9,88 для гороху (час активації 15 хв.) до 8,75 для гречки (час активації 10 хв.). Далі кислотність середовища змінювалася у кислу область, і через 24 год. при надходженні до водного середовища деякої кількості CO₂ спостерігали найбільш виражену кислотність 6,45 для жита (час активації 15 хв.) та 6,48 у кукурудзи (час активації 15 хв.).

Процес пророщування солоду супроводжувався постійним візуальним контролем. На прикладі як вихідну сировину зер-

Таблиця 2. Дослідження впливу плазмохімічно активованих розчинів на величину рН у процесі набухання

Назва зернової культури	Час активації розчину, хв.	Тривалість набухання, хв.					
		10	20	30	40	60	1440
Жито	0	7,92	8,04	8,03	8,01	7,87	7,53
	5	8,31	8,1	8,03	7,93	7,89	7,32
	10	8,98	8,22	8,05	7,96	7,9	6,63
	15	9,42	8,84	8,71	8,4	8,12	6,45
Горох	0	7,95	8,52	8,71	8,54	8,26	6,94
	5	8,84	8,81	9,26	8,43	8,19	6,87
	10	9,19	9,16	9,26	8,86	8,3	6,78
	15	9,88	9,37	9,27	8,72	8,26	6,62
Сочевиця	0	8,05	8,13	8,13	8,03	7,56	7,07
	5	9,16	8,83	8,71	8,47	8,02	6,96
	10	9,14	8,83	8,65	8,3	7,96	6,8
Гречка	0	7,93	7,96	7,75	7,63	7,85	7,04
	5	8,16	8,02	7,83	7,82	7,81	6,93
	10	5,57	8,19	8,05	7,95	8,75	6,94
	15	9,15	8,51	8,26	8,06	7,91	6,86
Кукурудза	0	8,28	8,82	7,81	8,72	7,87	7,06
	5	8,2	7,93	7,84	7,71	7,75	6,97
	10	8,54	7,76	7,65	7,53	7,55	6,94
	15	7,95	7,57	7,41	7,24	7,11	6,48

на жита (рис. 2) можна спостерігати ефективність процесу його пророщування з більш розвинутою кореневою системою та паростком у разі використання активованих під дією контактної нерівноважної плазми розчинів.

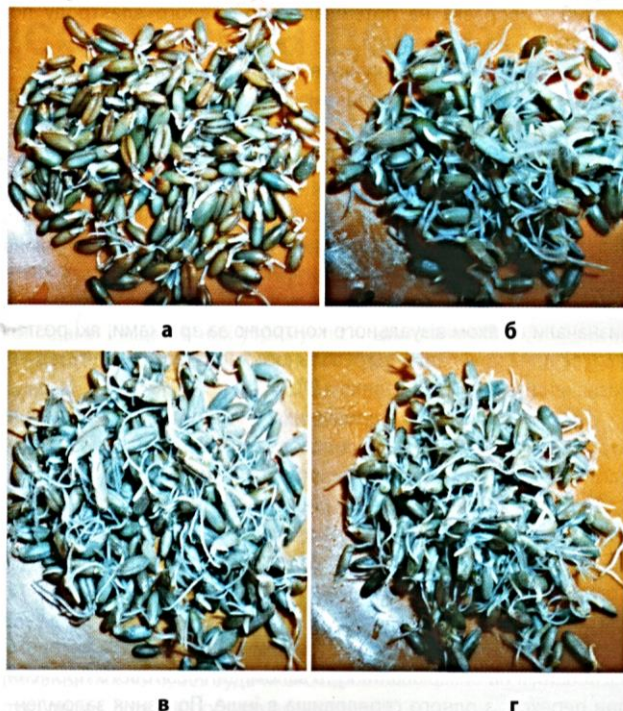


Рис. 2. Візуальне спостереження пророщування житнього солоду (на третю добу):

а – контроль; б – активована вода 5 хв.; в - активована вода 10 хв.; г – активована вода 15 хв.

Сирий солод як матеріал, що має високу вологість, не придатний для довгострокового зберігання, а його хімічний склад не відповідає вимогам державного стандарту України. У сирому солоді міститься велика кількість білків, які при розчиненні у воді утворюють стійкий мутний розчин. Крім того, свіжопросорослий солод має паростки, які можуть надавати кінцевому продукту гіркуватий присмак. Тому сушіння є необхідним етапом виробництва солоду. Сушіння проводили шляхом продування через шар зеленого солоду гарячого повітря потрібної температури з помірним підвищенням [11].

Як відомо, рослинна сировина має капілярно-пористу структуру. Хімічний склад представлено вуглеводами, білками, ліпідами. У невеликих кількостях містяться біологічно активні речовини, які визначають смак і біологічну цінність сировини: поліфеноли, вітаміни, органічні кислоти, мінеральні речовини. Ці компоненти найбільш схильні до несприятливих змін при підготовці продукту до сушіння, а також у процесі сушіння, що і приводить до зниження біологічної цінності готового продукту і зміни його властивостей при сушінні [12].

Вважається важливим зберегти ферментні системи, які чутливі до підвищення температури. За низької вологості вони можуть витримувати і більш високу температуру, тому процес сушіння можна розподілити на три фази: фізіологічна, ферментативна, хімічна. Фізіологічна фаза характеризується досягненням температури в солоді 45°C і зниженням вологості до 30%, при цьому тривають ферментативні реакції, відбувається розчинення ендосперму, накопичення низькомолекулярних продуктів розпаду крохмалю, білків, ліпідів. Друга ферментативна фаза відбувається при підвищенні температури від 45 до 70°C, ріст і дихання припиняються, а ферментні гідролітичні процеси посилюються, вміст

вологи знижується із 30 до 10%. Третя хімічна фаза відбувається за температури 70-90°C, ферменти частково інактивуються або переходять у зв'язаний неактивний стан. Відбувається інтенсивна взаємодія амінокислот з редуруючими цукрами, і у результаті утворюються меланоїдини, які обумовлюють темний колір, специфічний присмак та аромат готового солоду. Білки коагулюють, крохмаль переходить у стан, легко схильний до дії ферментів, вологість становить 3-4% [13].

Встановлено, що використання плазмохімічно активованої води для процесу виробництва солоду впливає також на процес сушіння. За даними досліджень, спостерігається більш швидке видалення вологи із зернового матеріалу. Внаслідок цього процес сушіння скорочується, що є важливим економічним показником. У перші 4 год. сушіння температура була 40-43°C, наступні 3 год. температура не перевищувала 50°C. Після 7 год. сушіння температуру підвищували до 55-60°C. На останньому етапі процесу – 70-85°C. Початкова вага всіх зразків солоду складала 60 г.

Результати процесу сушіння представлено у табл. 3.

У процесі сушіння за рахунок різниці утримуючої вологи поверхневих і внутрішніх шарів виникає градієнт вмісту вологи. Це приводить до процесів внутрішнього тепло- і масообміну, за яких відбувається переміщення вологи із внутрішніх, більш вологих шарів до поверхневих, і звідти вже відбувається її випаровування. Завдяки наявності градієнта вмісту вологи відбувається безперервне зменшення вологості продукту.

На переміщення вологи всередині продукту впливає також і термодифузія, обумовлена перепадом температур. Під її впливом волога переміщується від ділянок з більш високою температурою до ділянок з нижчою температурою. При низькотемпературному сушінні термодифузія не має істотного значення [14].

Процеси внутрішнього та зовнішнього тепло- і масообміну між собою взаємопов'язані і приводять до зміни маси продукту в процесі сушіння. Аналізуючи процес сушіння солоду, можна виділити ряд ділянок. У перші 15-30 хв. відбувається підігрів продукту, вологість дещо змінюється. Перші 6 год. процесу можна назвати періодом постійної швидкості сушіння. Він характеризується постійною швидкістю зниження вологості та температурою матеріалу. В цей період видалається переважно

вільна волога, він триває до настання критичного вологовмісту (W_k), що за результатами досліджень відповідає 6 год. сушіння. Критичний вміст вологи – це кордон між періодом постійної (перший період) і падаючої (другий період) швидкостями сушіння.

У період постійної швидкості сушіння інтенсивність процесу визначається тільки параметрами сушильного агента і не залежить від вмісту вологи та фізико-хімічних властивостей продукту. В період падаючої швидкості сушіння (6-12 год.) швидкість сушіння зменшується по мірі зниження вмісту вологи солоду. Температура зернового матеріалу збільшується і до кінця періоду наближається до температури сушильного агента. Процес сушіння триває до досягнення рівноважного вмісту вологи, після чого її видалення припиняється. У цей період видалається зв'язана волога, і поступово знижується швидкість сушіння, що пояснюється збільшенням енергії зв'язку вологи з матеріалом. У цей період процес видалення вологості залежить від її вмісту, характеру зв'язку з матеріалом, фізико-хімічних властивостей матеріалу і параметрів сушильного агента.

Виходячи з отриманих результатів, доведено, що активовані контактною нерівноважною плазмою розчини впливають не тільки на процеси адсорбції вологи, а й десорбції її із зернового матеріалу. В результаті сушіння солоду амінолітична здатність світлого солоду зменшується на 25-30% порівняно із зеленим солодом. Група цитолітичних ферментів значно інактивується вже за температури 60°C протягом нетривалого терміну. Амілаза знижує свою активність, причому при сушінні за режимом для світлих солодів меншою мірою, ніж для темних, β -амілаза втрачає активність більшою мірою, ніж α -амілаза, яка здатна переносити високі температури. Активність протеолітичних ферментів зберігається. Процес сушіння солоду скорочується при використанні активованих розчинів; найбільший ефект складає для жита 18% і 27% для гороху при активації водного розчину 15 хв. На початку процесу сушіння відзначається деяке підвищення активності ферментів, яка потім поступово знижується і в готовому солоді залишається близькою до вихідної. Під час сушіння солоду відбувається деяке зменшення кількості крохмалю, а рівень цукру з використанням активованих розчинів значно підвищується. Про підтвердження цієї гіпотези свідчать експериментальні дані, наведені у табл. 4.

Таблиця 3. Вплив активованих розчинів на процес сушіння солоду

Назва культури	Час активації, хв.	Тривалість сушіння, год.											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	
Жито	0	60	51	45	41	37	34	31	30	29	28	27	
	5	60	52	44	39	34	31	30	28	27	26	25	
	10	60	52	44	39	33	31	29	28	27	26	25	
	15	60	49	43	39	32	30	28	27	26	25	24	
Горох	0	60	51	45	40	37	32	29	27	26	25	24	
	5	60	51	44	39	36	31	27	26	24	23	18	
	10	60	50	44	39	36	31	27	26	24	23	17	
	15	60	51	44	38	35	30	27	25	23	22	16	
Кукурудза	0	60	47	43	40	37	33	31	30	29	28	27	
	5	60	48	43	39	35	32	28	27	26	25	24	
	10	60	49	43	40	34	31	30	28	26	25	24	
	15	60	46	43	38	35	31	30	28	26	25	24	
Гречка	0	60	53	49	40	36	34	33	32	30	28	27	
	5	60	53	48	39	35	33	32	31	29	27	26	
	10	60	54	49	39	35	33	32	31	28	27	26	
	15	60	53	48	38	34	33	32	30	28	27	26	
Сочевиця	0	60	49	44	40	37	33	31	30	29	27	25	
	5	60	46	39	34	31	28	27	27	26	25	24	
	10	60	46	38	34	30	27	25	24	23	22	23	
	15	60	46	38	33	29	27	27	26	24	22	23	

Таблица 4. Дослідження вмісту цукрів у солоді при використанні плазмохімічно активованої води

Назва культури	Час активації, хв.	Цукри, %	Вологість солоду, %
Жито	0	14,5	9
	5	16	8
	10	17,7	8
	15	24,5	8
Горох	0	5,5	9,5
	5	6,8	9
	10	7	9
	15	9	9
Кукурудза	0	13,3	10
	5	16,2	8,5
	10	14,8	9
	15	16,2	8,5
Гречка	0	8	9
	5	9	8
	10	9	8,5
	15	9,5	8,5
Сочевиця	0	6,3	8,5
	5	8	8
	10	8,2	8,5
	15	9,2	8

Експериментальні дані свідчать, що плазмохімічно активована вода, маючи позитивну дію на ступінь замочування зерна, тим самим впливає на амілолітичну активність солоду. Підвищений

ступінь замочування створює передумови для утворення ферментів і більш глибокого ферментативного гідролізу крохмалю і білків. Нестача вологості затримує дію ферментів, що несприятливо позначається на якості солоду.

Плазмохімічно активовані розчини сприяють накопиченню амілолітичних ферментів (α - та β -амілаз), що діють на крохмаль, утворюючи цукри, які є джерелом живлення та енергії для зародка. Частина цукрів накопичується у солоді, надаючи йому солодкуватого присмаку. При солододорощенні крохмаль гідролізується на 5-10%. Отже, із застосуванням води, обробленої контактною нерівноважною плазмою, можливо підвищити вміст цукру від 18% для гороху до 41% для житнього солоду в разі активації водного розчину 15 хв., що є важливою якісною характеристикою і створює передумови для подальшого впровадження досліджених процесів у виробництво солоду.

Висновок

За результатами проведених досліджень встановлено, що застосування плазмохімічно активованих водних розчинів впливає на протікання фізіологічних і біохімічних процесів у солоді. Обробка зерна такими розчинами сприяє швидкому проникненню вологи всередину зерна та пробудженню зародка до життєдіяльності. Також доведено, що використання активованих розчинів при виробництві солоду здатне в подальшому скоротити час сушіння солоду, тим самим удосконалюючи технологічний процес виробництва та підвищуючи якість готового продукту.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Технология солода* / Пер. с нем. А.М. Колашниковой, под ред. И.М. Грачевой. – М.: «Пищевая пром-сть», 1980. – 523 с.
2. *Пророщені зерна злакових культур* / Потапенко С., Емельянова Н., Українець А., Мукоїд Р., Чумакова О., Лапшин В., Мілютін А. // *Харчова та переробна промисловість*. - 2006. - №7. - С. 19-21.
3. *Нарцис Л. Технология солода*. / Пер. с нем. – М.: «Пищевая промышленность», 1980. – 523 с.
4. *Калуныяц К.А. Технология солода, пива и безалкогольных напитков* / К.А. Калуныяц [и др.]. – М.: «Колос», 1992. – 446 с.
5. *Пивоваров А.А., Тищенко А.П., Томашева Е.В. Применение плазмохимически активированных водных растворов в технологии пищевых производств* // *Вопр. химии и хим. технологии*. - 2006. - №5. - С. 105-109.
6. *Пивоваров О.А., Ковальова О.С., Чурсінов Ю.О. Виробництво солоду з використанням активованих під дією нерівноважної плазми водних розчинів* // *Вісник Дніпропетровського держ. аграрного ун-ту*. - 2009. - №2. - С. 194-197.
7. *Пивоваров А.А., Тищенко А.П. Неравновесная плазма: процессы активации воды и водных растворов*. – Днепропетровск: из-во DS-Print, 2006. – 225 с.
8. *Справочник химика*, 2 изд., т. 3, М.-Л., 1964, с. 740; *Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Электрохимия*, М., 1987; *Standard potentials in aqueous solution*, ed by A.J. Bard, R. Parsons, J. Jordan, N.Y., 1985. О.А. Петрий.
9. *ГОСТ 10968-88 «Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания»*.
10. *Нарцис Л. Технология солодоращения*. – СПб: «Профессия», 2007.
11. *Киселева Т.Ф. Технология сушки: Учебно-методический комплекс*. / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2007. – 117 с.
12. *Технология солода* / Пер. с нем. А.М. Колашниковой, под ред. И.М. Грачевой. – М.: «Пищевая пром-сть», 1980. – 523 с.
13. *Касперович В.Л., Романюк Г.Ф., Вавилов С.Ю. Интенсификация процесса солодоращения. - Пиво и напитки*. - М., №1. - 1999.
14. *Атаназевич В.И. Сушка пищевых продуктов* / В.И. Атаназевич. – М.: «Дели», 2000. – 295 с.

Для директора, инженера, технолога,
производителя оборудования - специализированный портал

www.hipzmag.com