

УДК 663.032

O.A. ПІВОВАРОВ, O.C. КОВАЛЬОВА

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗЩЕПЛЕННЯ ВУГЛЕВОДІВ У ЗЕРНІ ПРИ
ПРОРОЩУВАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ, ОБРОБЛЕНИХ
КОНТАКТНОЮ НЕРІВНОВАЖНОЮ ПЛАЗМОЮ**

ДВНЗ „Український державний хіміко-технологічний університет”, м. Дніпропетровськ

Проведений цикл досліджень стосовно розщеплення вуглеводів, а саме: зміни амілолітичної активності зернового матеріалу, вмісту розчинних цукрів в зерні при пророщуванні, скловидності солодового зерна та часу оцукрювання, при використанні в технологічному процесі водних розчинів, які оброблені контактною нерівноважною плазмою. Результати досліджень свідчать про підвищення амілолітичної активності при використанні запропонованих плазмохімічно активованих розчинів, як наслідок спостерігається підвищення вмісту розчинних цукрів у готовій продукції. Встановлено, що активовані водні розчини позитивно впливають на розщеплення вуглеводів та показники солоду, що пов'язані з цим.

Розщеплення вуглеводів в зерні при солодорошенні є важливим етапом технологічного процесу виробництва високоякісного солоду. В пивоварінні та солодорошенні важливим аспектом є вміст цукрів у солоді, що впливає на затирання солоду та подальше бродіння сусла. Загальний вміст розчинних цукрів під час солодорошення ячменю може досягнути 12%, але в середньому складає 7,5–10,5% [1]. Кількість сахарози в ендоспермі солоду збільшується в 3,7 рази у порівнянні з ендоспермою ячменю. Змінюється співвідношення між цукрами. Якщо в ендоспермі ячменю переважає сахароза, то в ендоспермі солоду переважає мальтоза. Загальна кількість цукрів у зеленому солоді приблизно в 3,5 рази більша, ніж у ячмені [2]. Основна частина вуглеводнів в непророслому ячмінному зерні знаходитьться в нерозчинній формі, тому потрібно максимально активувати процеси їх розщеплення [1–3].

Метою роботи є дослідження специфічності процесу розщеплення вуглеводнів у зерні під час пророщування, при використанні в якості замочної рідини водних розчинів, оброблених контактною нерівноважною плазмою (КНП), та одніювання вмісту розчинних цукрів у готовому продукті – солоді.

Нижче розглянуто якісно новий стимулятор біохімічних процесів в зерні при солодорошенні [2–4], який виключає використання будь-яких хімічних речовин. Таким стимулятором є оброблені під дією КНП водні розчини. Вони покращують низку технологічних якостей показників солоду, а це викликає значний інтерес з практичної точки зору. Особливо важливим є використання таких водних розчинів в технологічних процесах виробництва, а саме: при замочуванні зернового матеріалу.

Оброблена під дією КНП вода має низку додаткових особливих властивостей. Така вода є дрібнокластичною структурою та проявляє ростостимулюючі та антисептичні властивості, крім того, вона сприяє корегуванню біохімічних процесів в зерні та дає змогу отримати високоякісну зернову сировину, що з практичної точки зору є важливим аспектом, наприклад, при використанні кінцевого продукту для дієтичного харчування [2,5–7].

Характеристика водних середовищ, які використовуються при пророщуванні зернового матеріалу, наведена в табл. 1. Обробляють питну воду з направленою зміною властивостей та реакційною здатністю шляхом ведення процесу в плазмових

роздрядах зниженого тиску з початковою напругою 1000–2000 В, і силою струму 50,0–200,0 мА з подальшим переходом, за мірою підвищення електропровідності, в режим kontaktної нерівноважкої плазми з параметрами: напруга від 400 до 600 В, сила струму до 150 мА.

Отримана вода має специфічний склад. Найбільш легко піддається виявленню продукти реакції, які визначають реакційну здатність обробленої КНП води. В першу чергу це стосується пероксиду водню та надперекисних сполук, збуджених часток і радикалів, які мають важливе значення в окисно-відновних процесах. Також слід зазначити, що вода після оброблення плазмою може проявляти деякі нові властивості, раніше маловивчені. Особливе місце відводиться дослідженню впливу обробленої КНП води на технологічні параметри процесу виробництва солоду, а саме: на замочування зернового матеріалу.

У якості основного об'єкта досліджень був використаний ячмінь сорту «Скарлет», крім того досліджувались пшениця сорт «Федорівка», сорго сорт «Гразерко». Замочування зерна велося у воді, обробленій КНП з різною тривалістю оброблення, відповідно до досягнення заданої вологості зерна – 38–48%. Оброблення води виконували на експериментальній плазмохімічній установці. Характеристики води: питна вода, оброблена КНП, $C_{H_2O_2}=600 \text{ мг/л}$, $pH=10,0$, тривалість оброблення – 30 хв (дослід № 1); питна вода, оброблена КНП, $C_{H_2O_2}=700 \text{ мг/л}$, $pH=9,0$, тривалість оброблення – 60 хв (дослід № 2); з метою порівняння отриманих результатів у якості вихідного замочувального агенту було використано воду питну, $pH=7,6$ (контрольний зразок). Температура води у всіх дослідах не перевищувала $17\text{--}18^{\circ}\text{C}$. Визначали амілолітичну активність матеріалу колориметричним методом (ГОСТ 20264.4-89) та вміст розчинних цукрів у пророщуваному зерні рефрактометричним методом. Паралельно виконувалось визначення скловидності солодового зерна та часу одукрювання відповідно до методик діючого ДСТУ [8].

Активовані водні розчини прискорюють приток вологи та, як наслідок, поживних речовин від ендосперму до зародка, стимулюють його пробудження до активної життєдіяльності, що може прискорювати процес накопичення комплексу амілолітичних ферментів. Це, значною мірою, сприяє більш інтенсивному накопиченню розчинних цукрів в зерновому матеріалі, обробленому активованими

Таблиця 1

Характеристики води активованої під дією холодної плазми

Дослід	Вода	Час оброблення, хв	pH		Концентрація пероксиду водню, мг/л
			до оброблення	після оброблення	
1 (контроль)	Водопровідна	–	7,6	–	–
2	Активована	30	7,6	10,0	600
3	Активована	60	7,6	9,0	700

Дослідження процесу розщеплення вуглеводів у зерні при пророщуванні

розвинами [4,5]. Так дані з амілолітичної активності зернового матеріалу наведені на рис. 1. Аналізуючи отримані результати, можна сказати, що більша амілолітична активність спостерігається у зразків, оброблених активованими розчинами, що є підтвердженням робочої гіпотези.

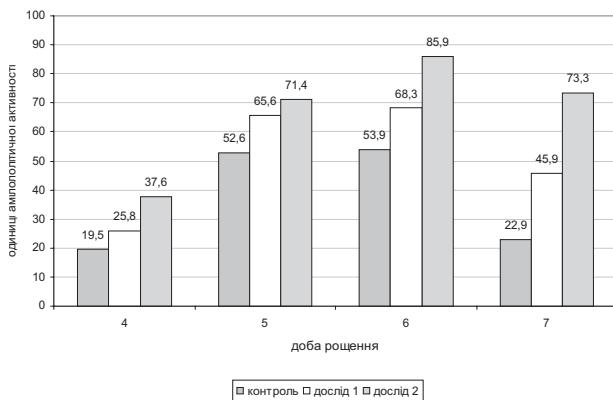


Рис. 1. Амілолітична активність зернового матеріалу, од./г

Загальна картина змін, що викликані проростанням, виглядає так: внаслідок витрати речовин на дихання вміст сухої речовини помітно знижується; значна частина крохмалю переходить в розчин, утворюючи глукозу, тростинний цукор, мальтозу та інші розчинні вуглеводи. Частина названих вуглеводів споживається на дихання, окислюючись у вугільну кислоту і воду. Приблизно 20% від усього крохмалю зерна гідролізується: з них 8–9% витрачається на дихання; 3–4% на побудову органів зерна; 8–10% залишається у вигляді цукру, який надає солоду солодкуватий присmak. Вільні цукри складаються з сахарози, інвертного цукру та мальтози. Вміст цукрів у готовому продукті є ознакою якості солоду. Було досліджено зміну вмісту простих цукрів протягом усього процесу рошення, починаючи з 1-ї доби. Отримані результати наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Зміна вмісту цукрів в ячмені при пророщуванні, %

Доба рошення	Контроль	Дослід №1	Дослід №2
Початковий вміст цукрів в ячмені – 4,0;			
1	4,0	5,0	4,5
2	3,5	6,0	4,0
3	7,0	7,5	7,5
4	7,5	7,5	6,5
5	4,5	8,0	10,0

Аналізуючи отримані дані, можна сказати, що вміст цукрів протягом процесу нестабільний. Вже у першу добу можна побачити у дослідних зразках початок перебігу біохімічних процесів, в контролі – без змін. На другу добу дослідні зразки починають нарощувати кількість цукрів, в контролі – розщеплення крохмалю ще не почалося,

але витрачаються на дихання резервні цукри зерна. На третю добу показники всіх зразків вирівнюються. На четверту в контролі відбувається накопичення цукрів, а в досліді цукри вже витрачаються на побудову і формування паростків. На п'яту контролю починає витрачати цукри на формування органів, а дослідні зразки зберігають ферментативну активність і продовжують накопичувати цукри (тобто дослідні зразки на дві доби опережають контроль).

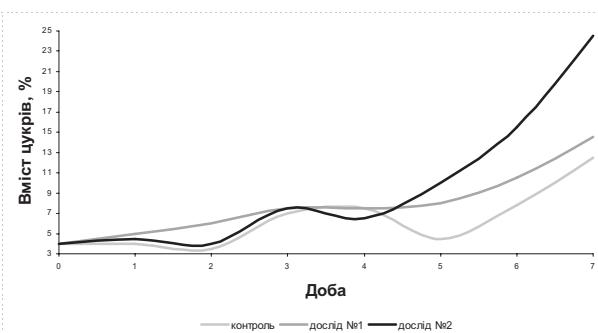


Рис. 2. Зміна вмісту простих цукрів при пророщуванні ячменю

Отримані результати засвідчили активні біохімічні процеси в піддослідному матеріалі, у порівнянні з контролем, що свідчить про інтенсифікуючий вплив активованих водних розчинів на процеси в зерні.

Дослідження показали, що використання в якості стимулятора росту плазмохімічно активної води дає можливість отримати затор з більшою концентрацією цукру в порівнянні з використанням звичайної води. Отримані дані наведені в табл. 3.

Отримані результати свідчать про те, що вміст цукрів у солоді, який ростили з застосуванням активованих водних розчинів, перевищує контроль в середньому: у ячмінному солоді на 0,4–1,6%; у пшеничному на 1,7–3,9%; у сорговому на 0,6–3,4%. Таким чином, можна зробити висновок, що використання активованих водних розчинів є ефективним способом виробництва зернової з підвищеним вмістом цукрів.

Суть визначення тривалості оциклювання ґрунтуюється на здатності крохмалю утворювати інтенсивне забарвлення з йодом. В результаті ферментативного гідролізу крохмалю у розчині накопичуються редукуючі цукри та декстрини. Амілодекстрини мають властивості, близькі до крохмалю, їх забарвлюються йодом у фіолетовий колір. Еритродекстрини фарбуються йодом у червоно-бурий колі. Ахро- і мальтодекстрини йодом не забарвлюються. Тривалість оциклювання, необхідна для повного оциклювання затору при 70°C , як результат спільної дії α - і β -амілаз, виражається у хвилинах. Тривалість оциклювання для світлого солду повинна становити 10–20 хв. Час оциклювання характеризує задовільність розчинення со-

Таблиця 3

Вміст цукру в зерновому матеріалі, %

Назва досліджуваного матеріалу	Час активації води, хв	Данні			Середнє значення	Ефект
		1	2	3		
Ячмінь, сорт «Скарлетт»	—	3,5	3,4	3,3	3,40	—
	0	7,5	7,7	7,5	7,57	—
Солод ячмінний	30	9,0	9,2	9,3	9,17	1,60
	60	8,0	7,9	8,1	8,00	0,43
Пшениця озима, сорт «Федорівка»	—	5,0	4,9	4,8	4,90	—
	0	6,1	6,0	5,8	5,97	—
Солод пшеничний	30	9,7	9,9	9,9	9,83	3,86
	60	7,6	7,7	7,8	7,70	1,73
Сорго, сорт «Тризерко»	—	4,0	4,1	4,1	4,06	—
	0	5,6	5,85	5,75	5,73	—
Солод сорговий	30	9,25	9,10	9,10	9,15	3,42
	60	6,50	6,20	6,30	6,33	0,60

лодового зерна. Результати досліджень наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Час оцукрювання світлого солоду

Зразок	Тривалість оцукрювання, хв
Контроль	15
Дослід №1	12
Дослід №2	10
Границі показники по ДСТУ	10–15

Час оцукрювання у піддослідному матеріалі скорочується на 3–5 хв, що свідчить про повноцінне розчинення зерна та досить високий вміст простих цукрів, які мають важливе значення у затиранні солоду та подальшому бродінні сусла.

Словидність — це консистенція зерна, яка надана білково-крохмальним комплексом. У солодовому зерні бажана борошниста консистенція. Це свідчить про те, що білок, який охоплює крохмальні зерна, розчинився, і крохмаль зерна підпав під дію аміолітичних ферментів, тобто почав розщеплюватися до розчинних цукрів.

Було досліджено зразки солоду, який отриманий з використанням активованих водних розчинів. Отримані дані наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Словидність солодового зерна

Показник	Кількість зерен, %		
	контроль	дослід №1	дослід №2
Кількість зерен:	100	100	100
борошнистих	85	94	96
скловидних	2	2	1
напівскловидних	13	4	3

Проба на зріз була виконана для вже готового висушеного солоду. Отриманий результат наданий на рис. 3. Так, на рис. 3,а, наданий зразок, який був оброблений активованою водою. Він

має однорідну борошнисту консистенцію, що свідчить про якісне розчинення зерна. На рис. 3,б, наданий контрольний зразок. На фото чітко видно склоподібні включення, які свідчать про недорозчинення білкового комплексу, і, як наслідок, не повне розчинення крохмальних зерен.

а

б

Рис. 3. Проба на зріз: а — активована вода; б — контроль

Паралельно був виконаний дослід у якому, крім наданих активованих розчинів, застосовувався класичний інтенсифікатор процесу солодорощення — суміш «молочна кислота + діамонійfosfat». Результати надані на рис. 4.

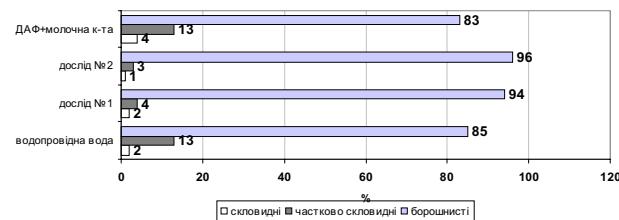


Рис. 4. Порівняння скловидності солоду отриманого з використанням активаторів процесу солодорощення

Встановлено, що солод, який вирощений з використанням активованою водою, має більшу кількість борошнистих зерен 94–96%, кількість скловидних та частково скловидних зерен менша. Так, ефект кількості борошнистих зерен склав 9–11%, у порівнянні з контролем. У порівнянні з активатором «молочна кислота + діамонійfosfat», який є класичним у солодовій галузі, активована вода має незначну чисельну перевагу, але слід

зазначити, що використання активованої води є безреагентним методом отримання солоду, що є цінною харчовою характеристикою.

Комплексні дослідження показали, що використання в якості стимулятора солодороціння плаズмохімічно активної води дає можливість підвищити амілолітичну активність ферментів у пророцюваному матеріалі, отримати солод з підвищеним вмістом розчинних цукрів. Як наслідок — затор з більшою концентрацією цукру, зменшити час одуворювання, збільшити вміст мучнистих солодових зерен, у порівнянні з використанням звичайної води. Використання запропонованих розчинів дозволяє покращити низку технологічних властивостей солоду, без використання складних технологічних операцій.

Застосування активованих розчинів у виробництві солоду дозволить розширити технологічні можливості виробництва високоякісного солоду, підвищити якість та екологічну безпеку продукту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Нарцисс Л. Технология солода: Пер. с нем. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 523 с.
2. Пивоваров А.А., Тищенко А.П. Неравновесная плаズма: процессы активации воды и водных растворов. — Днепропетровск: Изд-во DS-Print, 2006. — 225 с.
3. Пивоваров А.А., Тищенко А.П., Томашева Е.В. Применение плаズмохимически активированных водных растворов в технологии пищевых производств // Вопр. химии и хим. технологии. — 2006. — № 5. — С.105-109.
4. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Чурсінов Ю.О. Виробництво солоду з використанням активованих під дією нерівноважної плаズми водних розчинів // Вісник Дніпропетровського держ. аграрного ун-ту. — 2009. — № 2. — С.194-197.
5. Півоваров О.А., Ковальова О.С. Розщеплення білків в солодовому зерні при використанні водних розчинів, оброблених контактною плаズмою // Вопр. химии и хим. технологии. — 2010. — № 6. — С.110-114.
7. Ковальова О.С. Використання в харчуванні пророщених злакових культур багатих на амінокислоти // Основи раціонального харчування студентів: Матеріали Всеукраїнського семінару молодих вчених, аспірантів та студентів. — Донецьк: Донецький нац. ун-тет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2010. — С.106.
8. ДСТУ 4282:2004. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. — К.: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ, 2004.

Надійшла до редакції 24.10.2011