

РОЗЩЕПЛЕННЯ БІЛКІВ В СОЛОДОВОМУ ЗЕРНІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ, ОБРОБЛЕНИХ КОНТАКТНОЮ НЕРІВНОВАЖНОЮ ПЛАЗМОЮ

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

Здійснений цикл досліджень стосовно зміни якісного білкового складу солоду при використанні в якості замочної рідини водних розчинів, які оброблені контактною нерівноважною плазмою. Результати досліджень свідчать про більш активний перебіг біохімічних процесів в зерні, при використанні запропонованого стимулятора росту. В пророщеному матеріалі підвищується вміст легкозасвоюваних організмом людини білкових речовин. Готовий солод має значно підвищений вміст амінокислот, що є важливим технологічним результатом при виробництві продукції з високим вмістом біологічно активних речовин.

Виробництво високоякісного солоду у наш час є досить актуальним питанням. Солод широко використовується в харчовій промисловості; так готовий продукт застосовують в кондитерській, хлібопекарській, молочній, пивобезалкогольній промисловості [1–3]. Розповсюдженими стали продукти, збагачені солодом: хлібобулочні вироби, йогурти, соки, дитяче харчування, солодове борошно та інше. На основі солоду виготовляють біологічно активні продукти: харчові добавки, спеціальне борошно та крупи. Всі ці продукти харчування повинні мати оптимальний білковий склад, тобто задовольняти потребу в повноцінному білку організму людини. Так пророщені зерна злаків мають у своєму складі практично всі незамінні амінокислоти. Тож солод є невід'ємною частиною здорового повноцінного харчування людини.

Розщеплення білків при солодоращенні з подальшим затиранням, має важливе значення в обміні речовин дріжджів при бродінні, а крім того, впливає на смак, стійкість піни та стабільність пива при зберіганні. Більша частина азотовмісних сполук зустрічається в зерні в формі високомолекулярних білкових речовин. В ході пророщування частина їх підпадає під вплив протеолітичних ферментів і гідролізується до низькомолекулярних сполук [4–5]. Білки, які входять до складу солоду, відрізняються як кількісним складом амінокислот, так і їх співвідношенням, що визначає їх біологічну дію на організм людини [6].

Процес розщеплення білків солодового зерна залежить від умов пророщування зернового матеріалу [7]. Ступінь розщеплення білкових речовин може змінюватись в залежності від активності протеолітичних ферментів [8]. Підвищення протеолітичної активності спостерігається при використанні сульфатамінів [9]. Зміну вмісту фер-

ментів і подальше збільшення ступеня розчинності білків, можна досягти при застосуванні в процесі пророщування алкілоксібензолу [10]. Підвищує розчинність ендосперму зерна та накопичення протегеназ – гібберсид [11]. Більшість препаратів, які застосовують для інтенсифікації біохімічних процесів в солодовому зерні, мають складну хімічну будову та не завжди є безпечними при використанні готового продукту для харчових цілей. Практичний інтерес викликає розробка стимуляторів біохімічних перетворень, які б дозволили отримати якісний, не хімізований продукт дієтичного харчування.

Мета роботи

Дослідження специфічності процесу розщеплення білків солодового зерна при використанні в якості ростостимулюючої замочної рідини водних розчинів, оброблених контактною нерівноважною плазмою (КНП), а також визначення якісного амінокислотного складу отриманого солоду.

Нижче розглянуто якісно новий стимулятор процесу солодоращення, який виключає використання будь-яких хімічних речовин. Таким інтенсифікатором є оброблена під дією КНП вода. Така вода або водні розчини проявляють ростостимулюючі властивості, крім того покращують ряд технологічних якостей солоду, а це викликає значний інтерес з практичної точки зору [12]. Особливо важливим є використання таких водних розчинів в технологічних процесах виробництва, безпосередньо для виробництва солоду з підвищеним вмістом розчинних білкових речовин.

Оброблена під дією КНП вода, має низьку особливих властивостей. Така вода являє собою дрібнокластерну структуру 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 [1].

Характеристика водних середовищ, які використовуються при пророщуванні зернового матеріалу, наведена в табл. 1. Обробляють питну воду з направленою зміною властивостей та реакційної здатності шляхом ведення процесу в плазмових розрядах 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 контактної нерівноважної плазми з параметрами: напруга від 400 до 600 В, сила струму до 150 мА.

Отримана вода має специфічний склад. Найлегше піддаються виявленню продукти реакції, які визначають реакційну здатність обробленої КНП води. В першу чергу це стосується пероксиду водню та надперекисних сполук, збуджених часток та 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.

В якості основного об'єкта досліджень був використаний ячмінь сорту «Скарлетт», який займає перше місце серед закордонних сортів пивоваренного ячменя і має наступну характеристику якості: крупність – 95; склад дрібного зерна – 1,0; зернові домішки – 1,7; сміттєві домішки – 0,3; енергія проростання – 92–94%; здатність проростання – 96–98%; білок – 10,7%; волога – 13,3%. Технологічні якості солоду виготовлюваного з цього сорту наступні: вологість – 3,4%; екстракт – 76,9%; екстракт сухої речовини – 79,6%; різниця екстракту грубого та тонкого помелу – 1,1%; оцукрювання – 20 хв; колірність – 0,26 од.ЄВС; вміст білку – 11,6%; розчинний білок – мг/100 г; число Кольбаха – 36,5%; VZ 45° – 32,8%; в'язкість – 1,64 mPas; альфа-амінічний азот – 111 мг/100 г; діастаза – 253 WK; швидкість фільтрувального конгресного сусла – 40 хв; прохід через сито – 4,0% [3,13]. Додатково була досліджена пшениця озима сорт «Федорівка» [14].

Замочування зерна велося у воді обробленій КНП з різною тривалістю обробки відповідно до досягнення заданої вологості зерна – 38–42%. Обробку води проводили на експериментальній плазмохімічній установці. Характеристики води: питна вода, оброблена КНП, $C_{H_2O_2}=600$ мг/л, рН=10,0, тривалість обробки – 30 хв (дослід № 1); питна вода, оброблена КНП, $C_{H_2O_2}=700$ мг/л, рН=9,0, тривалість обробки – 60 хв (дослід № 2); з метою порівняння отриманих результатів у якості вихідного замочувального агенту було використано воду питну, рН=7,6 (контрольний зразок). Температура води у всіх дослідях не перевищувала 17–18°C.

Ростили солод на експериментальній лабораторній солодовні, яка являє собою пластикові ємкості, на кромках яких розташовані скляні пластини прямокутної форми. На пластини укладався фільтрувальний папір, край якого був занурений на дно заповнених відповідними водними розчинами ємкостей. На підготовану таким чином поверхню розкладали завчасно замочене зерно, з послідуочим його укриттям таким же фільтрувальним папером. Нижній фільтрувальний папір виконував функція вологого середовища, верхній – для захисту зерна від попадання світла або прямих сонячних променів. Процес тривав протягом 5 діб, з щоденним візуальним контролем за станом зерна та ворошінням. Вологість солоду визначали розрахунковим методом. Пророслі зерна сушилися згідно технологічної схеми, потім звільнялись від ростків. Готовий солод досліджувався на вміст розчинного білку за допомогою формольного титрування, вміст протеолітичних ферментів шляхом використання модифікаційного методу та вміст окремих амінокислот визначали методом іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії (автоматичний аналізатор амінокислот Т 339) [15–17]. Досліди проводились з трикратною повторністю.

В табл. 2 приведені дані щодо зміни вмісту розчинного білка в піддослідних зразках солоду. Так зразки, які були замочені в обробленій КНП воді мали більш високий вміст розчинного білка, а це свідчить про більш активний вплив протеолітичних ферментів. Аналіз результатів дозволяє прогнозувати підвищення загального вмісту амінокислот.

Таблиця 1

Характеристики води активованої під дією холодної плазми

Дослід	Вода	Час оброблення, хв	рН		Концентрація пероксиду, 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

Таблиця 2
Вміст білкових речовин в солоді

№ дослідю	Час оброблення водного розчину, хв	Ефект зміни вмісту розчинного білка, %	
		ячмінь сорт „Скарлетт”	пшениця сорт „Федорівка”
I (контроль)	0	–	–
2	30	+7,7	+3,1
3	60	+16,8	+5,4

Ефект зміни вмісту протеолітичних ферментів відображений в таблиці 3. Його рівень є підтвердженням більш активного процесу розчинення білкових сполук при використанні водних розчинів оброблених КНП.

Таблиця 3
Ефект зміни вмісту протеолітичних ферментів в зерновому матеріалі

№ дослідю	Час оброблення водного розчину, хв	Ефект зміни вмісту протеолітичних ферментів, %
I (контроль)	0	–
2	30	+9,7
3	60	+24,0

Амінокислотний склад пророщеної сировини можна порівняти з амінокислотним складом ідеального білка, так усереднене значення амінокислотного складу таке (мг/100 г): треонін – 4,3; серин – 0,8; глутамінова кислота – 3,8; пролін – 1,7; гліцин – 0,3; аланін – 8,0; метіонін – 1,7; ізолейцин – 12,2; лейцин – 29,8; тирозин – 19,1; фенілаланін – 23,0; триптофан – 6,3; гістидин – 6,2; лізин – 3,5 [6].

Пророщений з використанням оброблених КНП розчинів зерновий матеріал має підвищений вміст амінокислот. Це можна пояснити тим, що процес пророщування скорочується, як наслідок амінокислоти накопичуються стабільно, та не ресинтезуються, як у випадку з більш довгостроковим пророщуванням, тобто не відбувається так званий процес перерозчинення. Отриманий ефект з окремих амінокислотах наведено в табл. 4.

Вміст вільних амінокислот в харчових продуктах має велику біологічну і харчову цінність. Так досить значний ефект збільшення вмісту окремих амінокислот, має місце після використання розчинів, що оброблені КНП (табл. 4). Слід зазначити, що вміст амінокислот значно виріс, як з окремих амінокислот, так і в сумарному відношенні. Дуже важливим аспектом досліджень є значне збільшення кількості незамінних амінокислот, коливання ефекту становить 14–58 %, в залежності від амінокислоти.

Одним з важливих факторів, які впливають на вміст легкозасвоюваних речовин солодового зерна є вологість зернового матеріалу.

Таблиця 4
Вміст амінокислот в готовому солоді

Амінокислота	Ефект, % (ячмінь)	Ефект, % (пшениця)
Лізин*	14,286	32,113
Гістидин	6,164	47,005
Аргінін	11,280	35,929
ГАМК	20,755	21,591
Аспаргінова кислота	18,926	46,840
Треонін*	16,733	56,308
Серин	21,003	60,788
Глутамінова кислота	23,980	10,146
Пролін	27,273	39,071
Гліцин	12,500	54,678
Аланін	18,907	49,378
Цистин	6,098	68,841
Валін*	23,346	38,375
Метіонін*	28,431	58,084
Ізолейцин*	30,000	43,882
Лейцин*	19,529	41,826
Тирозин	72,549	46,233
Фенілаланін*	15,074	40,568
Сума	20,912	47,040

Примітка: * – незамінна амінокислота

Слід припустити, що при використанні розчинів оброблених КНП, за рахунок подрібнення кластерних структур води на молекулярному рівні покращується транспорт вологи в середину зерна; таким чином концентрація амінокислот зростає в зразках з підвищеним вмістом вологи, у цьому випадку підтверджується закономірність, що чим більша вологість зернового матеріалу, тим вища розчинність білків.

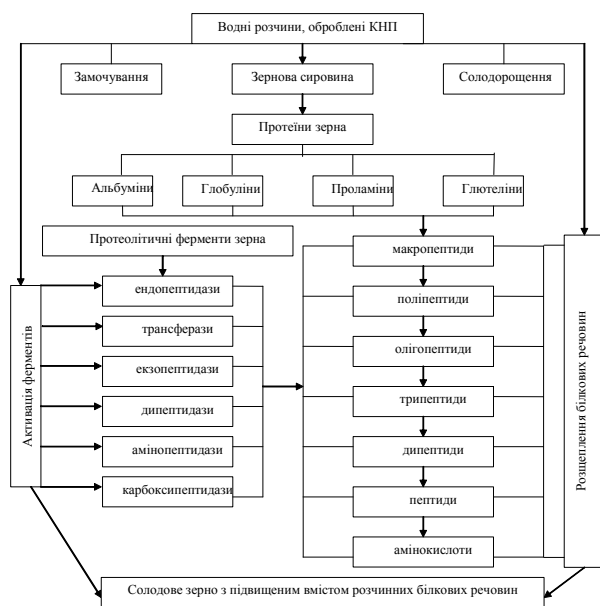
Наведені в табл. 5 дані свідчать про збільшення ступеня розчинення білків в зразках з більшою вологістю, що підтверджує ефективність використання оброблених КНП розчинів в якості біохімічного стимулятора обмінних процесів в зерні..

Таблиця 5
Вплив вологості матеріалу на ступінь розчинення білків

Замочна рідина	Тривалість оброблення, хв	Вологість матеріалу, %	Ступінь розчинення білків, %
Питна вода	0	40	39,9
Оброблена КНП	30	43	44,2
Оброблена КНП	60	46	46,1

Для більш чіткого уявлення механізму перетворення білків зерна в легкозасвоювані білкові речовини солоду, при використанні розчинів оброблених КНП, наведений рисунок.

Слід відмітити, що при сушінні пророщеного матеріалу температура сушіння є достатньою для повної термодеструкції пероксиду водню та надперекисних сполук, які вміщено в обробленій КНП



Розщеплення білків в процесі солодорушення

воді. Як результат готовий кінцевий продукт не має в своєму складі привнесених токсичних хімічних речовин, тож є хімічно чистим і безпечним продуктом для подальшого перероблення та застосування при приготуванні дієтичної продукції, наприклад, дитячого харчування. Зерновий матеріал з таким складом забезпечує нормалізацію загального обміну речовин і виведення токсинів і шлаків з організму [6].

Висновки

Використання оброблених КНП розчинів дозволяє отримати високоякісний дієтичний продукт без домішок хімічних речовин, антисептиків та гормональних стимуляторів росту за екологічно безпечною технологією, в якій не використовуються токсичні речовини. В результаті більш активного перебігу біохімічних процесів в зерні, при використанні таких розчинів, в пророщеному матеріалі підвищується вміст легкозасвоюваних організмом людини білкових речовин. Солод має значно підвищений вміст амінокислот, що є важливим технологічним результатом при виробництві продукції з високим вмістом біологічно активних речовин.

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

На основі експериментальних досліджень встановлено, що оброблена контактною нерівноважною плазмою вода має властивості, які дозволяють інтенсифікувати біохімічні процеси в зерні, а саме процес розщеплення білків, та покращити при цьому якість солоду, а в перспективі забезпечити харчове виробництво хімічно чистою сировиною високої якості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пивоваров А.А., Тищенко А.П. Неравновесная плазма: процессы активации воды и водных растворов. — Днепропетровск: Из-во DS-Print, 2006. — 225 с.
2. 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.
3. 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.
4. Домбровський В.А. Технологія солоду та пива. — К.: Фірма «ІНККОС», 2004. — 426 с.
5. Достижения в технологии солода и пива. Интенсификация производства и повышение качества // *Авторский коллектив.* — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 473 с.
6. Пророщені зерна злакових культур / *Потапенко С., Ємельянова Н., Українець А., Мукоїди Р., Чумакова О., Лапшин В., Мілютін А.* // *Харчова і переробна промисловість.* — 2006. — № 7. — С.19-21.
7. Бывальцев А.И., Магомедов Г.О., Бывальцев В.А. Свойства активированной воды и ее использование в пищевой технологии // *Хранение и переработка сельхозсырья.* — 2008. — № 7. — С.49-53.
8. Фараджева Е.Д., Федоров В.А. Прогрессивные методы интенсификации технологических процессов солода: учеб. пособие. — Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2001. — 88 с.
9. Бражникова Е.В. Исследование влияния сульфата цетамина на ферментативную активность солода // *Материалы студенческой научной конференции за 2006 год Воронежской государственной технологической академии.* — Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад. — 2006. — С. 141.
10. Степаненко И.Ю., Шаненко Е.Ф., Попов М.П. Влияние алкилоксибензолов на белковое растворение солода // *Пиво и напитки.* — 2001. — № 2. — С.36-38.
11. Лапина Т.П. Использование ячменя, выращенного в Западной Сибири // *Пиво и напитки.* — 2001. — № 6. — С.16.
12. Нарцисс Л. Технологія солода: Пер. с нем. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 523 с.
13. Бахтеев Ф.Х. Пивоваренный ячмень: Пер. с чешского / *М.П. Умнова и И.П. Мачульской.* — М.: Сельхозгиз, 1961. — 441 с.
14. Танчик С.П., Дмитришак М.Я. Технології виробництва продукції рослинництва. — К.: Видавничий Дім «Слово», 2008. — 1000 с.
15. Козаченко Т.Д. Ионообменная хроматография аминокислот. — Новосибирск: «Наука» Сибирское отд. — 1975. — 243 с.
16. Кочетов Г.А. Практическое руководство по энзимологии. — М.: Медицина, 1989. — 571 с.
17. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты: пер.англ. — М.: Мир, 1982. — Т.1. — С.370-375.

Надійшла до редакції 30.10.2010