

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ЕКОЛОГІЯ.  
РОСЛИННИЦТВО. ЗЕМЛЕРОБСТВО. СЕЛЕКЦІЯ

УДК 664.6/.7  
© 2015

**Ю.О. ЧУРСІНОВ,**  
доктор технічних наук

**С.Ю. МИКОЛЕНКО,**  
кандидат технічних наук

**В.Ю. СОКОЛОВ,**  
аспірант

**В.В. БІЛЕНКО,**  
магістр

Дніпропетровський державний  
аграрно-економічний університет,  
Україна  
E-mail: [dsaugrainvova@mail.ru](mailto:dsaugrainvova@mail.ru)

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ  
ВИРОБНИЦТВА  
ЗЕРНОВИХ ПРОДУКТІВ  
З ВИСОКОЮ  
БІОЛОГІЧНОЮ ЦІННІСТЮ

*Обговорюються основні аспекти запровадження безвідходних технологій виробництва зернових продуктів і ключова роль у таких технологіях вологотеплової обробки зерна, як засобу цілеспрямованої зміни його технологічних властивостей. Висвітлено раціональність технологій цільнозернових харчових продуктів, які дозволяють скоротити енергетичні й матеріальні витрати виробництва в загальному циклі на 25–30 % порівняно з традиційними. Розглянуто хиби технологічних рішень, зокрема підвищення рівня мікробіологічних ризиків, шляхи їх усунення, безпека харчових продуктів.*

*Ключові слова:* зерно, біологічна цінність, гідротермічна обробка зерна, мікотоксини.

У харчовій промисловості в умовах загальної глобалізації, індустріалізації, екологічних проблем, потреб забезпечення здоров'я людей і раціоналізації використання сировинних ресурсів необхідним є створення нових комплексних харчових продуктів з максимальним використанням усіх анатомічних частин зерна і його біологічного потенціалу. У добовому раціоні українця традиційно 45–57 % займають продукти з високим вмістом вуглеводів. Сучасні зернопереробні підприємства в процесі виробництва кінцевої продукції – борошна і круп – втрачають значну частину біологічно активних компонентів та харчових волокон. Такий результат не співпадає зі загальносвітовими тенденціями щодо безвідходних технологій, тобто якомога повнішого використання сиро-

вини. Розробкою альтернативних технологій переробки зернової сировини опікувалися А.В. Шаран, С.А. Бажай, С.Я. Корячкіна, О.О. Кузнецова та ін. [1–3], але вони вказують лише на існування проблем отримання якісного і конкурентоспроможного продукту. Актуальною все ще залишається розробка технологій зернових продуктів, які б дозволили максимально використовувати закладений у зерні потенціал і перетворювати його в оптимальний комплекс речовин, необхідний для забезпечення щоденних енергетичних та біологічних потреб організму. Тому **метою нашої роботи** став аналіз сучасних технологічних підходів до вирішення проблеми виробництва харчових продуктів високої біологічної цінності за максимального використання зернової сировини.

Пшеничне борошно є найбільш поширеним видом продукції переробки зерна в Україні. Згідно з інформацією Держкомстату України, у 2013 і 2014 роках обсяги виробництва пшеничного борошна сягнули 6 млн тонн. До основних споживачів такої сировини належать хлібопекарські підприємства (рис. 1) [4].

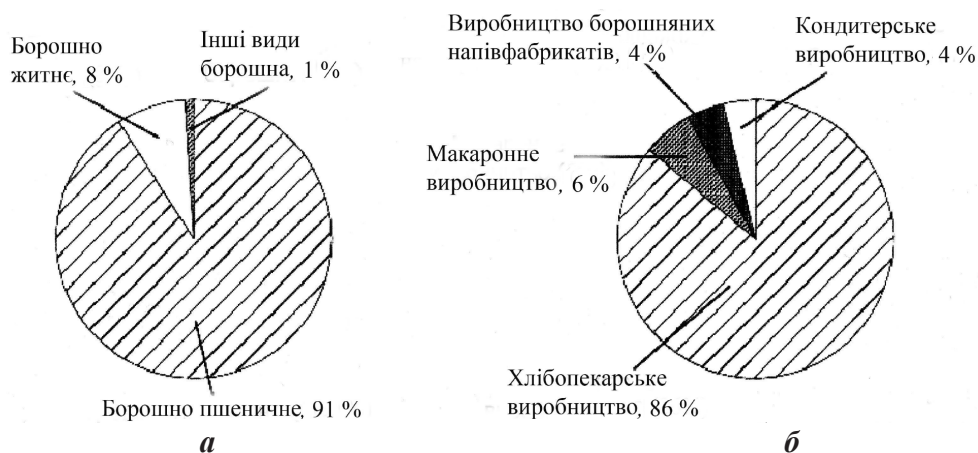
Під час переробки зерна пшениці в борошно середні втрати за масою вхідної сировини становлять 20 %. Ці втрати являють собою побічні продукти, тобто кормові зернопродукти і висівки, до яких входять зародки і периферійні частини зернівки.

Пшеничні висівки вважають порівняно доступним джерелом клітковини, білкових і мінеральних речовин, а також вітамінів (таблиця). Вони відрізняються від борошна нижчою калорійністю і містять значну кількість клітковини. Вміст білка у висівках становить 16 г% на суху речовину, що майже утричі більше, ніж у пшеничному борошні другого гатунку; співвідношення білків і вуглеводів становить 1:3,5 за оптимального 1:4, тоді як у борошні – 1:7. Білки висівки повноцінніші за амінокислотним складом порівняно з борошном. У висівках міститься 0,75 мг% вітаміну В<sub>1</sub>, 0,26 мг% – В<sub>2</sub>, 3,5 мг% вітаміну РР, значна кількість фосфору, калію, магнію. Тому введення висівки у рецептури хлібобулочних виробів збільшує

вміст баластних речовин, ненасичених жирних кислот, вітамінів групи В, токоферолів, а також макро- і мікроелементів, підвищує амінокислотний скор за лізином [5], що досить позитивно впливає на біологічну цінність продуктів.

Задля поліпшення якості хлібобулочних виробів, зокрема їх біологічної цінності, являє інтерес побічний продукт комплексної переробки зерна пшениці – пшеничні зародки, які визнані біологічно цінним продуктом, що містить вітаміни В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, Е, Са, Mg, пантотенову і фолієву кислоти [6]. Проте широке використання пшеничних зародкових пластівців для виробництва харчових продуктів стримується через їх нестійкість під час зберігання. Застосування пшеничних зародкових пластівців у виробництві хлібобулочних виробів дозволяє поліпшити біологічну цінність та споживчі якості продукту, але внесення їх у рецептури не повинно перевищувати 5 %, оскільки такі вироби мають значну кількість протеолітичних ферментів.

Для забезпечення якісної продукції під час переробки зерна застосовують його гідротермічну обробку (ГТО). Використання такої обробки на борошномельних і круп'яних заводах поліпшує технологічні властивості зерна, підвищує вихід готової продукції високої якості за мінімальних витрат енергії. Гідротермічна обробка



**Рис. 1. Структура виробництва та ринок збуту борошна в Україні:**  
а – за видами продукції; б – за споживачами

*Хімічний склад зерна і продуктів його переробки [7]*

Складові компоненти	Пшениця м'яка озима	Борошно пшеничне вищого гатунку	Висівки пшеничні	Зародок пшеничний
Білки, г%	11,2	10,3	16,0	23,1
Жири, г%	2,1	1,1	3,8	9,7
Вуглеводи, г%	55,2	68,9	16,6	38,6
Клітковина, г%	2,4	0,1	43,6	13,2
Зольність, г%	1,7	0,5	5,0	4,2
Na, мг%	8,0	3,0	8,0	12,0
K, мг%	323,0	122,0	1260,0	892,0
Ca, мг%	50,0	19,0	150,0	39,0
Mg, мг%	111,0	16,0	448,0	239,0
P, мг%	340,0	86,0	950,0	842,0
Fe, мг%	5,1	1,2	14,0	626,0
Zn, мг%	2,8	-	7,27	12,3
Cu, мг%	0,5	-	1,0	796,0
Mn, мг%	108,0	16,0	11,5	13,3
Se, мг%	0,3	-	0,7	79,2
B <sub>1</sub> , мг%	0,41	0,17	0,75	1,9
B <sub>2</sub> , мг%	0,17	0,04	0,26	0,5
B <sub>5</sub> , мг%	1,15	-	2,2	2,2
B <sub>6</sub> , мг%	0,5	-	1,3	1,3
B <sub>9</sub> , мг%	0,4	-	0,1	0,3
E, мг%	3,0	1,5	1,5	10,4
PP, мг%	5,04	1,2	13,5	6,8

зерна дозволяє цілеспрямовано змінити структурно-механічні властивості його окремих анатомічних частин для виробництва борошна або круп, надати крихкості ендосперму та еластичності оболонкам, а для сортових круп, навпаки, забезпечити крихкість оболонок і міцність ендосперму. Тому, залежно від виду вихідної зернової сировини і бажання виробника одержати певний асортимент продукції, змінюють і режими ГТО, основними факторами якої виступають вологість, температура і тривалість процесу.

Гідротермічна обробка зерна знаходить своє місце і у виробництві нетрадиційних видів зернових продуктів, наприклад зародкових пшеничних пластівців. Такі пластівці виробляють з очищеного від домішок зерна, підданого глибокій ГТО, що полягає у зволоженні зерна до 25–27 % з подальшим відволоженням протягом 12–18 год, пропарюванні зерна за тиску не вище 0,15 МПа та підсушуванні оболонок до заданої вологості [8]. Підготовлене у такий спосіб зерно звільняють від оболонок, і отриманий напівфабрикат з виходом 80–85 % піддають плю-

щенню, після чого пластівці висушують до вологості 13–15 %. Запропонована технологія включає низку операцій, що робить її досить трудомісткою.

ГТО зерна є невід'ємним компонентом технологічного процесу виробництва цільнозернових хлібопродуктів. У таких продуктах зберігаються всі корисні компоненти зерна, а не окремі його частини, як у борошні за традиційного застосування його – основної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. Зерновий хліб містить достатню кількість таких фізіологічно активних речовин, як целюлоза, геміцелюлоза, лігнін, виступає джерелом біологічно активних амінокислот (лізину і треоніну), вітамінів і мінеральних речовин, є економічно й енергетично вигідним, оскільки не витрачаються зайві зусилля й кошти спершу на отримання борошна з видаленням периферичних частин зернівки, а потім на збагачення хліба добавками, якими виступають ці самі побічні продукти переробки зерна [9]. Підраховано, що виробництво зернового хліба дозволяє скоротити енергетичні та матеріальні витрати на 25–30 % відносно традиційних сортів хліба.

На сьогодні розроблено досить багато технологій для виготовлення зернового хліба, але вони мають певні недоліки, основним з яких є недостатньо відпрацьована ГТО зерна. Під час виробництва зернового хліба стикаються з тривалим пророщуванням зерна пшениці, досить інтенсивним розвитком його мікрофлори, зниженням споживчих якостей готової харчової продукції, що пов'язано з підвищенням активності ферментів зернівки під впливом факторів температури і вологості. Стадія ГТО зерна характеризується його взаємодією з надмірною кількістю води, що проникає всередину зернівки завдяки різній здатності її гідрофільних речовин поглинати молекули води. У результаті поглинання води колоїди набрякають і об'єм зерна збільшується на 45 %. У роботі [10] встановлено, що оптимальним у підготовці зерна в технології цільнозернового хліба є гідромодуль 1:1 та досягнення довжини проростків 1–2 мм. Після такої обробки зерна сировина містить

низькомолекулярні декстрини, що утворюються в результаті гідролізу, і прості цукри, які інтенсифікують процеси бродіння, унаслідок чого збільшується питомий об'єм хліба і пористість м'якушки. Однак замочування зерна при температурі 20 °С протягом 16–18 год у свою чергу призводить до інтенсивного розмноження його епіфітної мікрофлори.

На поверхні зерна присутні мікробіологічні контамінанти, які потрапляють із ґрунту і повітря під час вирощування, переробки і зберігання зерна. Наприклад, 1 г пшениці містить епіфітної мікрофлори  $1,5 \cdot 10^6$ , вівса –  $7 \cdot 10^5$ , ячменю –  $1 \cdot 10^6$ , кукурудзи – близько  $2 \cdot 10^4$  КУО [11]. Під час ГТО зволоження зерна відбувається при температурі 18–22 °С, тому мікроорганізми, які знаходяться в стані спокою, активуються: спори грибів проростають, а дріжджі та бактерії починають активно розмножуватися, оскільки вологе зерно містить у розчиненому вигляді вуглеводи, білкові сполуки, інші поживні речовини й вітаміни, потрібні для їхнього розвитку. Суттєвою проблемою в таких умовах стає накопичення у зерні мікотоксинів – продуктів метаболізму мікроскопічних грибів. Висока небезпека мікотоксинів у тому, що вони мають токсичний ефект у надзвичайно малих кількостях і здатні інтенсивно дифундувати вглиб продукту. Одним із важливих доказів реальної небезпеки для здоров'я людини стало визначення кореляції між частотою і рівнем забруднення харчових продуктів афлотоксинами і частотою первинного раку печінки серед населення [12].

Важливо, що мікотоксини практично не руйнуються в процесі звичайної технологічної або кулінарної обробки забруднених харчових продуктів. З метою детоксикації мікотоксинів застосовують різноманітні заходи (рис. 2).

Однак механічні, фізичні і біологічні заходи не мають високої ефективності щодо зниження кількості мікотоксинів, а хімічні призводять до руйнування не лише афлотоксинів, але і нутрієнтів, що порушує засвоєння нутрієнтів в організмі людини че-



Рис. 2. Заходи для зниження кількості мікотоксинів у зерні

рез зміну їх структури [13]. Тобто поряд з перевагами, що несе ГТО зерна, існують і недоліки, які надто сильно проявляються у безвідходних технологіях зернових продуктів, через що виникає загроза їх безпеки для споживача.

Оскільки фактор вологості є провідним чинником впливу на структурно-механічні властивості зерна і на активність його епіфітної мікрофлори, то за рахунок зміни властивостей води можна досягнути усунення встановлених недоліків, тобто значної тривалості ГТО і розвитку мікроорганізмів зерна з подальшим накопиченням їх метаболітів.

Відомо, що антисептичних властивостей та високої проникної здатності вода набуває після обробки контактною нерівноважною низькотемпературною плазмою [14]. Під час такої обробки у воді накопичуються переки-

ні і надперекисні сполучення, що, за підтвердженням спектрального методу, містять кисень в активній формі, змінюють структуру будови води з руйнуванням кластерів великого об'єму та утворенням дрібнокластерної структури.

Застосування плазмохімічно обробленої води знайшло своє місце в технології хлібобулочного виробництва та у солодорощенні. Визначено, що така підготовка води дозволяє не лише інтенсифікувати технологічний процес, а й підвищити якість готової продукції за умови забезпечення її мікробіологічної стійкості. Тому вважаємо, що на сьогодні застосування такої води для гідротермічної обробки зерна є перспективним і може забезпечити не лише високу біологічну цінність зернових продуктів, а й зниження мікробіологічних ризиків для споживачів.

### Висновки

Питання збереження біологічно цінних компонентів та харчових волокон у продукції, скорочення вимог енерго- та ресурсовитрат зернопереробними підприємствами все ще залишається нагальним. Для усунення втрат корисних речовин зернівки пшениці можна застосувувати відокремлені периферійні частини зерна або зародок як додатковий вид сировини. Використання гідротермічної обробки зерна дозволяє зберегти його споживчі якості та досягти зниження енергетичних витрат. Виробництво хлібобулочних виробів із цільного зерна є економічно вигідним, дозволяє зберегти усі поживні речовини зернівки,

однак така технологія недостатньо відпрацьована на етапі ГТО зерна, бо супроводжується ризиками зниження рівня мікробіологічної безпеки харчових продуктів з-за активізації мікрофлори зерна під час виробничого процесу. Споживчі властивості продукції, одержаної зі зерна після ГТО, можуть бути знижені внаслідок накопичення низькомолекулярних продуктів розпаду біополімерів зернівки. Одним із способів вирішення проблем виробництва продукції на зразок зернового хліба може бути застосування на етапі ГТО води та водних розчинів, підданих дії контактної нерівноважною плазми.

### Бібліографія

1. Шаран А.В. Розроблення технології оброблення пророслих зерен та рекомендацій щодо їх використання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.02 "Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів та комбікормів" / А.В. Шаран. – К., 2004. – 24 с.
2. Бажай С.А. Розроблення технології оздоровчих продуктів з пророщеного зерна: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.02 "Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів та комбікормів" / С.А. Бажай. – К., 2005. – 24 с.
3. Корячкина С.Я. Способы снижения микробиологической обсемененности зерна при производстве зернового хлеба / С.Я. Корячкина, Е.А. Кузнецова, Л.В. Черепнина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2003. – № 4. – С. 30–31.
4. Леценко Ю.О. Український ринок борошна – що відбувається сьогодні? Стан та тенденції розвитку борошномельної галузі / Ю.О. Леценко // Харчова і переробна промисловість. – 2006. – № 7. – С. 36–40.
5. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник / Мерко І.Т., Моргун В.О. – Одеса: Друк, 2001. – 348 с.
6. Нечаев А.П. Пищевая химия : учебник / Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 640 с.
7. Архипова Н.А. Производство сдобных хлебобулочных изделий с применением пшеничных зародышевых хлопьев / Н.А. Архипова, Л.В. Ибонова, В.Н. Яичкин // Хранение и переработка зерна. – 2010. – № 4. – С. 65–66.
8. Скурихина И.М. Химический состав пищевых продуктов / И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
9. Орехова Е.В. Возможности повышения эффективности технологии ячменных хлопьев / Е.В. Орехова, Е.М. Мельников // Хранение и переработка зерна. – 2009. – № 6. – С. 63–64.
10. Махинько В.М. Перспективи та проблеми виробництва зернового хліба / В.М. Махинько, Л.В. Махинько, О.М. Яценко // Хранение и переработка зерна. – 2012. – № 3. – С. 54–56.
11. Корячкина С.Я. Инновационная технология хлеба из пророщенного зерна пшеницы / С.Я. Корячкина, Е.А. Кузнецова // Хранение и переработка зерна. – 2009. – № 3. – С. 51–53.
12. Продукти з пророщеного зерна / А. Українець, В. Ковбаса, Л. Федоренченко, Т. Романовська, С. Бажай // Харчова і переробна промисловість. – 2002. – № 8. – С. 14–15.
13. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Казаков Е.Д., Кретович В.Л. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
14. Півоваров О.А. Пророщування зернового матеріалу з використанням розчинів, активованих під дією контактної нерівноважної плазми / О.А. Півоваров, О.С. Ковальова // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011. – № 2. – С. 86–90.

**Рецензенти** – доктор технічних наук, професор **С.С. Тищенко**,  
доктор сільськогосподарських наук, професор **М.Я. Курпа**