

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРобКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

УДК 664.6/7
© 2016

С.Ю. МИКОЛЕНКО,
кандидат технічних наук

**О.А. ПИВОВАРОВ,
Ю.О. ЧУРСІНОВ,**
доктори технічних наук

В.Ю. СОКОЛОВ,
аспірант

ВПЛИВ ПЛАЗМОХІМІЧНО
АКТИВОВАНОЇ ВОДИ
НА ФІЗІОЛОГІЧНУ
ПОВНОЦІННІСТЬ
ЗЕРНА ПШЕНИЦІ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
ЦІЛЬНОЗЕРНОВИХ ПРОДУКТІВ

Дніпропетровський державний
аграрно-економічний університет
– Український державний
хіміко-технологічний університет,
Україна

E-mail: dsaugrainnova@mail.ru

м. Дніпропетровськ, вул. Ворошилова, 25
м. Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 8

Викладено результати дослідження впливу води, обробленої контактною нерівноважною плазмою, на фізіологічні показники зерна пшениці з метою подальшого його використання для виробництва зернових продуктів нового покоління. Встановлено позитивну дію такої води на зернову сировину з низькою енергією і здатністю до проростання, на підсилення фізіологічних процесів під час вологотеплової обробки. Описано зміни показників якості зернової сировини залежно від тривалості зберігання і вплив на них плазмохімічно активованої води. Розглянуто проблеми виробництва цільнозернової продукції і запропоновано шляхи їх вирішення.

Ключові слова: зерно, гідротермічна обробка зерна, фізіологічні показники, плазмохімічно активована вода.

Спосіб життя сучасної людини надто відрізняється від того, що був 50–100 років тому. Це стосується не тільки умов проживання, зниження повсякденної фізичної активності, ще багатьох значних і не дуже факторів, а й раціону харчування, який змінився як якісно, так і кількісно. Рафіновані висококалорійні харчові продукти стали невід’ємною домінуючою частиною щоденного раціону людей. На жаль, наш організм не здатен задовольняти всі свої потреби такою їжею, оскільки протягом усього існування людство споживало більш просту за композиційним складом харчову продук-

цію, піддану меншій кількості технологічних операцій на шляху просування “from field to fork”. Тому створення “здорових” продуктів, які б могли забезпечити раціон людини біологічно активними речовинами і харчовими волокнами, залишається одним з найбільш актуальних наскрізних питань харчової науки і технології. На харчові потреби у світі вирощуються щороку значні об’єми таких зернових культур, як пшениця, ячмінь, жито, просо, гречка, кукурудза, овес та ін. Кожна з них до безпосереднього споживання зазнає різних видів технологічної обробки, під час якої видаляються периферичні час-

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

*Вплив плазмохімічно активованої води
на фізіологічну повноцінність зерна пшениці
для виробництва цільнозернових продуктів*

тини зерен (насіннєві і квіткові оболонки, алеїроновий шар, зародок). Це призводить до значного зниження, навіть повної втрати, харчових волокон, вітамінів групи В, Е, РР, багатьох мікро- і макроелементів. Запобігти втратам корисних речовин і покращити раціон харчування можна споживанням продуктів з мінімальною технологічною обробкою, наприклад, цільнозернових пластівців, цільнозернового хліба, хліба з пророщеної диспергованої зернової маси, цільнозернового борошна та цільнозернових снєків.

Поряд зі збереженням біологічно активних речовин у зазначених харчових продуктах відбувається зростання рівня їх мікробіологічної нестабільності під час зберігання, що зумовлено підвищенням кількості мікроорганізмів та їх спор у вихідній сировині для виробництва, адже основна кількість мікрофлори зерна перебуває у його поверхневих шарах. Для зниження мікробіологічних ризиків під час виробництва цільнозернових продуктів та покращення їх якості використовують різні технологічні прийоми. Одним із таких способів є застосування наночасточок срібла для покращення хлібопекарських властивостей цільнозернового борошна за допомогою іонізатора “Серебряный исток” [1]. Для підвищення рівня мікробіологічної безпеки цільнозернового хліба застосовують і додавання коренеплодів (петрушки, селери, пастернаку) [2], а також прянощів (куркума, коріандру) [3]. Ще одним з напрямів поліпшення якості хліба, виготовленого з диспергованої зернової маси, є використання світлодіодного квантового опромінення для додаткової підготовки зерна перед замочуванням. Як зазначають автори [4], такі заходи сприяють гідролізу високомолекулярних білкових сполук і утворенню моно- і дисахаридів, які інтенсифікують процес спиртового і молочнокислого бродіння. Зустрічається й додаткова обробка води. Наприклад: вода піддається дії електролізу з наносекундними електромагнітними імпульсами для підвищення газотворюючої здатності тіста [5]; використання акустичних хвиль широкого діапазону в умовах зниженого тиску на стадії вологотеплової обробки (ВТО) має вплив на вуглеводно-амілазний комплекс зерна пшениці [6, 7].

Виробництво харчових продуктів з диспергованої зернової маси потребує біоактивації зерна під час ВТО з метою накопичення у зерні вітамінів та трансформації крохмалю у більш доступний для споживання стан. Але від такої технологічної операції зростають мікробіологічні ризики, а саме: інтенсифікація росту епіфітної мікрофлори з накопиченням мікотоксинів у сировині і, як наслідок, їх наявність у готовій продукції, адже мікотоксини практично не руйнуються під час технологічної і кулінарної обробки. Тому важливим є створення нових і удосконалених підходів до створення цільнозернової продукції для щоденного профілактичного і лікувального харчування. Відомо, що використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми (КНП), є досить ефективним технологічним рішенням у різних галузях харчових технологій [8, 9]. Плазмохімічно активована вода могла б знайти своє застосування на стадії замочування зерна у виробництві цільнозернових продуктів, бо має вплив на активність ферментів зерна і здатна пригнічувати патогенні та умовно патогенні мікроорганізми [10–12]. Поряд з тим, невирішеним залишається питання початкової якості зерна, яке може бути застосоване для виробництва продуктів з диспергованої зернової маси, зокрема, його фізіологічної повноцінності, яка може змінюватися залежно від тривалості зберігання зерна. Тому **метою роботи стало** визначення впливу плазмохімічно активованої води на фізіологічні показники та технологічні якості зерна пшениці у виробництві цільнозернових продуктів за умови різної тривалості його зберігання.

Дослідження фізіологічних показників зерна пшениці під час вологотеплової обробки з використанням води, підданої дії контактної нерівноважної плазми. Для дослідів використовували зерно пшениці озимої сорту Антоновка з різною тривалістю зберігання (табл. 1).

Для зволоження зерна використовували воду міської магістралі м. Дніпропетровськ, дистильовану воду без додаткової обробки та воду з попередньою обробкою КНП.

Енергію і здатність проростання визначали за ГОСТ 10968-88 “Зерно. Методи

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРобКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

*Вплив плазмохімічно активованої води
на фізіологічну повноцінність зерна пшениці
для виробництва цільнозернових продуктів*

1. Показники якості зерна пшениці

Тривалість зберігання зерна пшениці, міс.	Вологість, %	Нагура, г/л	Вміст клейковини, %	Якість клейковини, од. пр. ВДК	Показник числа падіння, с
6	13,6	745	22,0	68	464
18	12,7	715	21,7	63	495

определения энергии прорастания и способности прорастания". Для визначення водочутливості зерна відбирали по 100 зерен з кожної партії зерна і поміщали в чашку Петрі, створюючи умови до проростання при гідромодулі 1:1 та 1:1,5, за температури води $t = 18-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для визначення зміни коефіцієнта водочутливості зерна під час ВТО зерно пшениці розділяли на крупну фракцію (схід зі сита $2,5 \times 20$), середню (прохід через сито $2,5 \times 20$) та дрібну фракції (схід зі сита $1,7 \times 20$) і замочували наважки зерна при $t = 16-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і гідромодулі не нижче 3:1 з подальшим осушуванням фільтрувальним па-

пером і зважуванням. Коефіцієнт водочутливості K_v (%) визначали за формулою

$$K_v = (M_z / M_n) \cdot 100,$$

де M_n – початкова маса наважки зерна, г;

M_z – маса зволоженого зерна, г.

Досліди проводили в чотирикратній повторності.

Важливою властивістю зерна пшениці є його водопоглинання, що свідчить про інтенсивність процесу зволоження зерна на стадії ВТО (рис. 1).

Розмір зернівки виступає фактором, що впливає на швидкість поглинання нею вологи. Зерно різної величини, навіть у межах од-

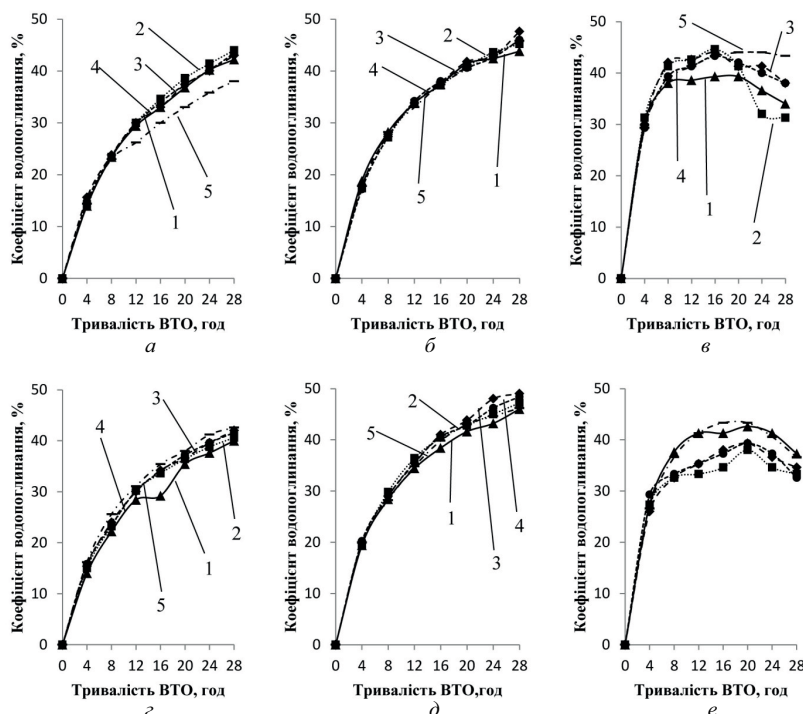


Рис. 1. Зміна маси зерна пшениці під час ВТО з використанням води:
а, б, в – магістральна вода; з, д, е – дистильована вода; а, з – крупна фракція;
б, д – середня фракція; в, е – дрібна фракція; 1 – без обробки (контроль);
2, 3, 4, 5 – піддана дії КНП протягом 3, 5, 7, 9 хв відповідно

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

*Вплив плазмохімічно активованої води
на фізіологічну повноцінність зерна пшениці
для виробництва цільнозернових продуктів*

ного сорту, має різну водопоглинальну здатність, що приводить до потреби забезпечити однаковий ступінь замочування зернової сировини [13, 14]. Зазвичай процес замочування триває доти, доки вологість зерна не досягне 42–44 %. Такий рівень вологовмісту є рівноважною величиною, коли гідростатичний тиск у клітинах стає рівним осмотичному, який створює клітинний сік [15]. Варто відзначити, що недостатня тривалість зволоження негативно впливає на енергію і здатність до проростання, тоді як надмірна тривалість призводить до невиправданого збільшення тривалості ВТО, затримки початку проростання і розвитку патогенної мікрофлори.

Для крупної і середньої фракцій зі збільшенням тривалості ВТО зростає і водопоглинання. Для дрібної фракції майже до 20 год замочування спостерігається зростання коефіцієнта водопоглинання, а після – поступове зниження. Загалом коефіцієнт для дрібної фракції на 5–10 % нижчий, ніж з інших фракцій. Як видно з наведених результатів досліджень, збільшення тривалості зволоження до 18 год призводить до зниження маси зерна дрібної фракції, що, очевидно, пов'язано із частковим переходом водорозчинних складових зернівки до оточуючого водного середовища. Крупна і середня фракції складають 97 % від загальної зернової маси, тому

зміна коефіцієнта водопоглинання дрібної фракції не чинить значного впливу на процес ВТО в цілому.

Важливими показниками якості при виборі зернової сировини для виробництва біоактивованих цільнозернових продуктів є енергія і здатність зерна до проростання. Відомо, що тривалість зберігання зерна прямо пропорційно впливає на згадані показники. Основною причиною зниження життєздатності насіння за тривалого зберігання є поступова дегенерація хроматину в клітинному ядрі, унаслідок чого порушуються процеси поділу клітин [16].

Як видно з табл. 2, енергія проростання і здатність до проростання зерна пшениці при збільшенні тривалості його зберігання зі 6 до 18 місяців знижуються в середньому на 30 %. Відзначимо, що у випадку застосування води, підданої дії КНП, для замочування зерна пшениці, що зберігалось 6 місяців, спостерігається підвищення енергії і здатності до проростання на 16 %. За умови більш тривалого зберігання зерна пшениці вплив плазмохімічно активованої води з тривалістю обробки до 5 хв нівелюється, у той час як застосування води, підданої дії КНП протягом 7 і 9 хв, залишається ефективним лише щодо енергії проростання.

У випадку застосування дистильованої води, обробленої КНП протягом 5 і 7 хв, і

2. Зміни фізіологічної здатності зерна під час зберігання за умови впливу плазмохімічно активованої води *

Показник	Вода, піддана дії КНП, хв									
	магістральна					дистильована				
	0	3	5	7	9	0	3	5	7	9
Кількість зерен, пророслих через 3 доби, шт.	<u>362</u> 246	<u>303</u> 261	<u>288</u> 309	<u>441</u> 326	<u>433</u> 320	<u>328</u> 222	<u>267</u> 219	<u>299</u> 243	<u>256</u> 264	<u>367</u> 209
Енергія проростання, %	<u>72,4</u> 49,2	<u>60,6</u> 52,2	<u>57,6</u> 61,8	<u>88,2</u> 65,2	<u>86,6</u> 64,0	<u>65,6</u> 44,4	<u>53,4</u> 43,8	<u>59,8</u> 48,6	<u>51,2</u> 52,8	<u>73,4</u> 41,8
Кількість зерен, пророслих через 5 діб, шт.	<u>446</u> 319	<u>443</u> 339	<u>435</u> 374	<u>462</u> 396	<u>452</u> 389	<u>431</u> 310	<u>455</u> 307	<u>452</u> 321	<u>469</u> 336	<u>491</u> 323
Здатність проростання, %	<u>89,2</u> 63,8	<u>88,6</u> 67,8	<u>87,0</u> 74,8	<u>92,4</u> 79,2	<u>90,4</u> 77,8	<u>86,2</u> 62,0	<u>91,0</u> 61,4	<u>90,4</u> 64,2	<u>93,8</u> 67,2	<u>98,2</u> 64,6

* Чисельник – зерно пшениці, що зберігалось 6 місяців, знаменник – 18 місяців.

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

Вплив плазмохімічно активованої води на фізіологічну повноцінність зерна пшениці для виробництва цілнозернових продуктів

зерна пшениці після 6 місяців зберігання енергія проростання зростає на 4,8–9,0 %, а здатність до проростання лишається майже незмінною відносно контрольних зразків. Із збільшенням тривалості зберігання зерна до 18 місяців показники його фізіологічної активності як для дослідних, так і для контрольних зразків залишаються на однаковому рівні.

Очевидно, що відмінності у впливі води магістральної і дистильованої різної тривалості обробки КНП пов'язані з різними значеннями рН (магістральна – 7,4–9,7; дистильована – 6,7–3,0), а також різницею

окиснювально-відновного потенціалу (магістральна – 230–97 мВ; дистильована – 279–389 мВ).

Водочутливість зерна дозволяє визначити оптимальний гідромодуль під час ВТО (рис. 2). Використання води магістральної, обробленої КНП, для зерна, що зберігалось як 6, так і 18 місяців, є раціональним, оскільки його водочутливість зростає у 1,3 і 1,5 раза відповідно. Водопоглинальна здатність зерна у разі використання дистильованої плазмохімічно активованої води (рис. 3) змінюється у напрямі підвищення лише за нетривалого його зберігання.

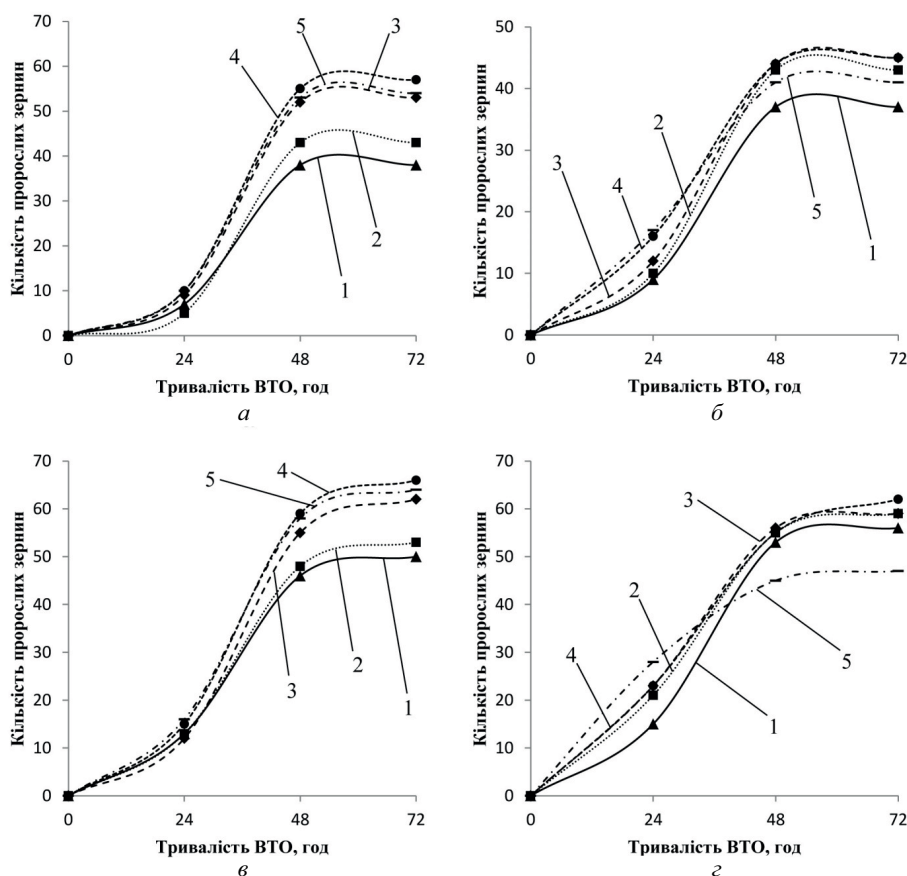


Рис. 2. Водочутливість зерна пшениці зберігання 6 місяців під час ВТО з використанням води: а – магістральної (гідромодуль 1:1); б – дистильованої (гідромодуль 1:1); в – магістральної (гідромодуль 1:1,5); г – дистильованої (гідромодуль 1:1,5); 1 – без обробки (контроль); 2, 3, 4, 5 – підданої дії КНП 3, 5, 7, 9 хв відповідно

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

Вплив плазмохімічно активованої води на фізіологічну повноцінність зерна пшениці для виробництва цільнозернових продуктів

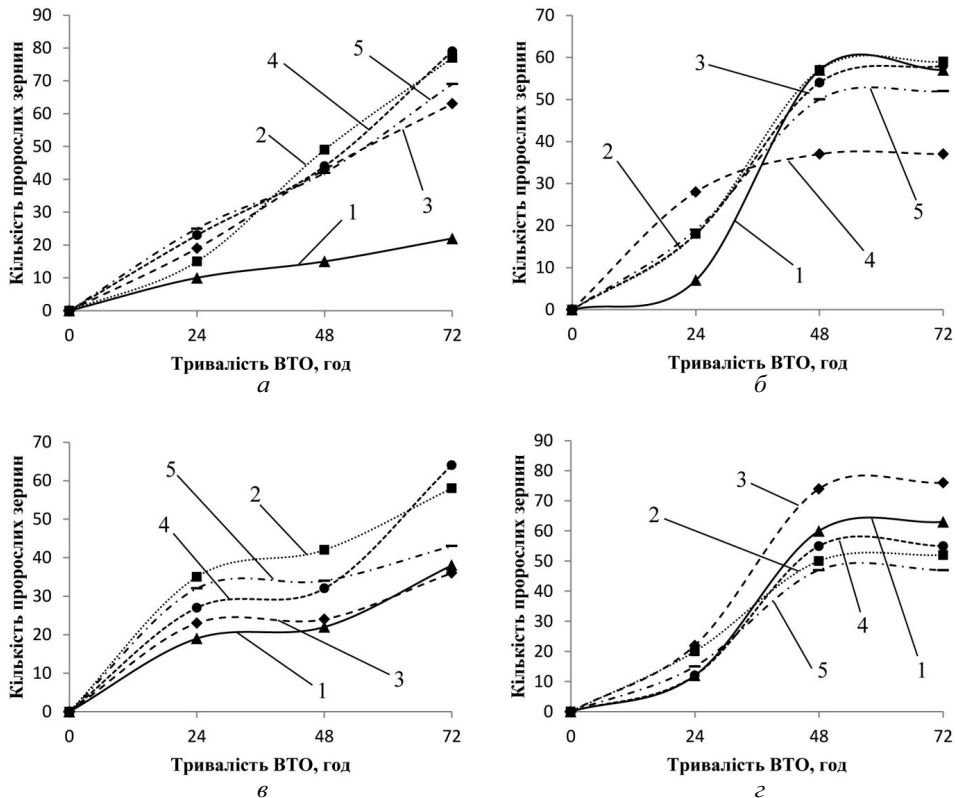


Рис. 3. Водочутливість зерна пшениці зберігання 18 місяців під час ВТО з використанням води: а – магістральної (гідромодуль 1:1); б – дистильованої (гідромодуль 1:1); в – магістральної (гідромодуль 1:1,5); г – дистильованої (гідромодуль 1:1,5); 1 – без обробки (контроль); 2, 3, 4, 5 – підданої дії КНП 3, 5, 7, 9 хв відповідно

Встановлено, що найбільш ефективно на водочутливість зерна, що зберігалось протягом 18 місяців, впливає магістральна вода, піддана дії КНП, під час ВТО і гідромодулі 1:1, тоб-

то використання плазмохімічно активованої води дозволяє здебільшого розкрити потенціал зерна пшениці і розширити сировинну базу для виробництва цільнозернових продуктів.

Висновки

Доведено особливості впливу води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, на показники фізіологічної повноцінності зерна пшениці для виробництва цільнозернових продуктів з диспергованої зернової маси. Під час зберігання в зерновій масі перебігають біологічні процеси, які згодом призводять до зниження фізіологічної повноцінності зерна. Це спричиняє зниження

його придатності до використання в технології виробництва продуктів з пророщеного зерна. Використовуючи воду, піддану дії контактної нерівноважної плазми протягом 5–7 хв, для замочування зерна пшениці, можна підвищити його фізіологічні показники на 15–16 %, збільшити водочутливість у 1,3–1,5 раза і скоротити тривалість ВТО. Очевидно, що використання обробле-

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

Вплив плазмохімічно активованої води
на фізіологічну повноцінність зерна пшениці
для виробництва цільнозернових продуктів

ної води слугує стимулятором активності життєдіяльності зародка пшениці і сприяє більш інтенсивному синтезу і акумуляції вітамінів групи В, Е, РР. Такий технологічний підхід до виробництва цільнозернових про-

дуктів із пророщеної диспергованої зернової маси дасть можливість розширити силовину базу без втрати якості кінцевого продукту, а також скоротити тривалість стадії вологотеплової обробки.

Бібліографія

1. Антипова Л.В. Применение наночастиц серебра при производстве зернового хлеба функционального назначения / Л.В. Антипова, К.В. Василенко // Вестник Воронежской государственной технологической академии. – Воронеж, 2014. – № 3. – С. 21–26.
2. Кордзая Н.Р. Якість цільнозернового пшеничного хліба з використанням коренеплідних овочів / Н.Р. Кордзая, М.Р. Мардар // Товари і ринки. – 2012. – № 1(13). – С. 102–110.
3. Использование растительного сырья с антисептическими свойствами в технологии зернового хлеба / [Макарова О.В., Пшенишнюк Г.Ф., Егорова А.В., Иванова А.С.] // Харьковская наука і технологія. – 2014. – № 1(26). – С. 58–62.
4. Корячкина С.Я. Инновационная технология хлеба из пророщенного зерна пшеницы / С.Я. Корячкина, Е.А. Кузнецова // Хлебопечение России. – 2009. – № 7. – С. 52–53.
5. Науменко Н.В. К вопросу о качестве хлеба и хлебобулочных изделий / Н.В. Науменко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2013. – Т. 1, № 2. – С. 45–49. – (Серия: Пищевые и биотехнологии).
6. Вплив інтенсивної водно-теплової обробки зерна пшениці на фізичні властивості тіста / О.М. Сафонова, О.О. Полудненко, К.В. Дугіна, В.Б. Юферов, О.М. Озеров // Наукові праці ОНАХТ. – 2010. – Вип. 38, т. 1 – С. 178–180.
7. Дослідження властивостей крохмалю зерна пшениці, підданого інтенсивній водно-тепловій обробці / [О.М. Сафонова, О.О. Разборська, В.Б. Юферов, О.М. Озеров] // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – 2010. – Вип. 103. – С. 387–389.
8. Пивоваров О.А. Дослідження початкової стадії взаємодії компонентів тіста на основі плазмохімічно активованих розчинів / О.А. Пивоваров, С.Ю. Миколенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2010. – Вип. 38, т. 1. – С. 273–277.
9. Investigation of the Effect of Water Exposed to Nonequilibrium Contact Plasma onto *Saccharomyces cerevisiae* yeast / S. Mykolenko, D. Stepanskiy, A. Tishenko, O. Pivovarov // Ukrainian Food Journal. – Vol. 3, iss. 2. – 2014. – P. 218–227.
10. Пивоваров А.А. Применение плазмохимически активированных водных растворов в технологии пищевых производств / А.А. Пивоваров, А.П. Тищенко, Е.В. Томашева // Вопросы химии и хим. технологии. – 2006. – № 5. – С. 105–109.
11. Технологічні аспекти виробництва зернових продуктів з високою біологічною цінністю / Ю.О. Чурсінов, С.Ю. Миколенко, В.Ю. Соколов, В.В. Біленко // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету, 2015. – № 3(37). – С. 70–75.
12. Вплив плазмохімічно активованої води на вуглеводно-амілазний комплекс зерна пшениці / С.Ю. Миколенко, Ю.О. Чурсінов, В.Ю. Соколов, А.М. Пугач, С.Ю. Діденко // Зернові продукти і комбікорми. – 2016. – № 1. – С. 11–16.
13. Хівріч Б.І. Розробка технології солоду гороху: дис. канд. техн. наук: 05.18.02 / Б.І. Хівріч. – К., 1998. – 199 с.
14. Мальцев М.П. Технология солода и пива / М.П. Мальцев. – М.: Пищевая пром-сть, 1964. – 860 с.
15. Hosney R.C. Principles of cereal science and technology / R.C. Hosney. – Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1994. – 378 p.
16. Зберігання і переробка продукції рослинництва: навч. посібник / Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Сеньков А.М., Хилевич В.С. – К.: Мета, 2002. – 495 с.

Рецензент – доктор технічних наук,
професор С.С. Тищенко