

Рис. 15. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от способа сева и средств контроля сорняков [3].
равно распределенным размещением растений, но с обработкой обоих полей с применением гербицидов «Харнес» 2,5 л/га под предпосевную культивацию

+ «Диален-Супер» 1,25 л/га в фазе 3-5 листьев. Результаты испытания приведены на рисунке 15.

Результаты испытаний в этом случае убедительно доказали, что продуктивность *кукурузы* на зерно при *равном распределении на поле*, даже при отсутствии междурядной обработки и при целевой обработке гербицидами, заметно выше, чем при той же обработке гербицидами и плюс механической борьбе с сорняком при *междурядье 70 см*.

Приведенные результаты легко объясняются, ибо *равномерное распределение солнечной энергии, влаги, воздуха, питательных веществ создают максимально продуктивную среду обитания каждому отдельному растению на поле, а оптимальная густота их стояния – мощный фактор продуктивности всего поля и надежное препятствие развитию сорняков*.

Уважаемый читатель, вышеизложенный материал показал принципы подхода к распределению растений кукурузы на поле, естественно, что он «работает» и на других культурах. О подсолнечнике и сое будут следующие публикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шпаар Д. Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование. – К.: Издательский дом «Зерно», 2012. – 464 с.: ил.
2. А. Андрієнко, канд. с.-г. наук, М. Романенко, канд. с.-г. наук, менеджери з розвитку продуктів, компанія «Лімагрейн». Густота як фактор продуктивності кукурудзи./Андрієнко А., Романенко М.// Пропозиція. – 2013. – № (213) 3/13. – С. 59.
3. Ю. Ткаліч, канд. с.-г. наук, О. Шевченко, канд. с.-г. наук, В. Матюха, канд. с.-г. наук, С.Кравець ДУ Інститут сільськогосподарства степової зони НААНУ. Вузкі міжряддя на кукурудзі./Ткаліч Ю., Шевченко О., Матюха В., Кравець С.// Пропозиція. – 2013. – № (215) 5/13. – С. 76.
4. Сівалки TWIN: створені для врожаю, сумірного із площею посіву.// Агроном №1. – 2015. – февраль. – С. 210.

Надійшла 13.10.2015. До друку 25.10.2015

Адреса для переписки:

ООО «Спецэлеватормелешаш»

Украина, г.Харьков, ул.Исполкомовская, 32

Тел./факс: (057) 3738060, (050) 1575740

Email: specmash@imperija.com, <http://agro.imperija.com>



DOI:

УДК 664.6/.7

С.Ю. МИКОЛЕНКО, канд. техн. наук, доцент¹, **Ю.О. ЧУРСІНОВ**, д-р техн. наук, професор¹,

В.Ю. СОКОЛОВ, аспірант¹, **А.М. ПУГАЧ**, канд. техн. наук, доцент¹, **С.Ю. ДІДЕНКО**, канд. с.-г. наук²

¹Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпропетровськ

²Лабораторія якості зерна, Харківський інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, м. Харків



ВПЛИВ ПЛАЗМОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ НА ВУГЛЕВОДНО-АМІЛАЗНИЙ КОМПЛЕКС ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Анотація

В статті показано вплив плазмохімічно активованої води на особливості процесу вологотеплової обробки з огляду на зміни крохмалю зерна пшениці та активність амілолітичних ферментів, присутніх у зерні. Встановлено, що плазмохімічно активована вода зі збільшенням тривалості обробки викликає зміну активності α -амілази зерна пшениці.

Визначено вплив води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, на властивості пшеничного крохмалю за допомогою амілографа.

Встановлено особливості перебігу вологотеплової обробки зерна пшениці і перетворення високомолекулярних сполук у випадку застосування плазмохімічно активованої води.

Показано вплив води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, на мікрофлору зерна під час його гідротермічної обробки.

Розглянуто можливість використання плазмохімічно активованої води у технології виробництва цільнозернових продуктів.

Ключові слова: зерно пшениці, вологотеплова обробка, вуглеводно-амілазний комплекс, вода, піддана дії контактної нерівноважної плазми.

Вступ.

Зерно пшениці виступає базовою рослинною сировиною для створення багатьох харчових продуктів широкого вжитку, а також перспективною сировиною для виробництва цільнозернових продуктів для щоденного споживання та дієтично-лікувального харчування [1–5].

Важливим етапом для переробки зерна пшениці в борошно, крупи і виробництво цільнозернових продуктів є вологотеплова обробка (ВТО), що дозволяє не лише цілеспрямовано змінити властивості зерна пшениці, а й досягти активізації накопичення біологічно активних речовин у зернівці.

Під час ВТО для цільнозернових продуктів важливим є забезпечення оптимального перебігу гідролітичних процесів, щоб забезпечити високу якість готової продукції. Процес ВТО є найбільш тривалим технологічним етапом і тому актуальним питанням є його скорочення. Також поряд із активізацією біохімічних процесів в умовах надлишкової вологості створюються сприятливі умови для життєдіяльності негативної мікрофлори зерна і продуктів її метаболізму.

Постановка проблеми та її зв'язок з найважливішими науковими та практичними завданнями.

Огляд літератури. Для підвищення якості цільнозернових продуктів, зокрема, зернового хліба, відомі різні технологічні прийоми, які дозволяють вплинути на стан вуглеводно-амілазного комплексу зерна пшениці і регулювати властивості диспергованої зернової маси під час виробництва харчової продукції.

Для поліпшення якості хліба, виготовленого із диспергованої зернової маси, запропоноване використання додаткової попередньої обробки зерна перед замочуванням світлодіодним квантовим опроміненням з жовтими або червоними світлодіодами протягом 60 с в імпульсному режимі з частотою повторення імпульсів 3 кГц з довжиною імпульса 0,25 мкс, що спричиняє гідроліз високомолекулярних білкових сполук і утворення моно і дисахаридів, які інтенсифікують процес спиртового і молочнокислого бродіння [6].

У роботі [7] показано, що використання води, підданої дії електролізу з наносекундними електромагнітними імпульсами протягом 20 і 30 хв., підвищує газоутворюючу здатність пшеничного борошна і дещо збільшує швидкість газоутворення тіста.

Ще одним способом впливу на вуглеводно-амілазний комплекс зерна пшениці є використання акустичних хвиль широкого діапазону в умовах зниженого тиску на стадії ВТО [8,9]. Така обробка сировини викликає підвищення швидкості протікання біохімічних процесів у зерновій масі і покращення якості готової продукції. Також вказана обробка зернової маси знижує автолітичну активність зерна за показниками амілографа на 31–40% під час ВТО.

Відомо, що використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми (КНП), активізує біохімічні процеси під час приготування тіста, забезпечуючи інтенсивне газоутворення і збільшення

об'єму продукції у процесі виробництва хлібопекарської продукції [10, 11]. Тому плазмохімічно активована вода може бути ефективно використана під час ВТО зерна у виробництві цільнозернових продуктів.

На сьогодні розроблено досить багато технологій для виготовлення зернового хліба, але вони мають певні недоліки, основними з яких є значна тривалість виробничого циклу, розвиток негативної мікрофлори у зерновій масі [12–14].

Метою роботи є визначення впливу води, підданої дії КНП, на стан вуглеводно-амілазного комплексу зерна пшениці під час ВТО.

Дослідження стану вуглеводно-амілазного комплексу зерна пшениці під час вологотеплової обробки з використанням води, підданої дії контактної нерівноважної плазми.

У якості об'єкту досліджень використовували зерно пшениці озимої сорту “Антоновка” з наступними показниками якості: вологість зерна – 13,6%, натурна маса – 745 г/л, показник числа падіння – 464 с, кількість сирої клейковини – 22%, величина деформації клейковини – 68 од. пр. Для зволоження зерна використовували воду міської магістралі м. Дніпропетровська, дистильовану воду без додаткової обробки та з попередньою обробкою води КНП.

Характеристики води, використаної під час ВТО, наведені в табл. 1.

Для визначення показника числа падіння кожен зразок зерна пшениці у кількості 100 г зволожували водою $t = 18-24^{\circ}\text{C}$ при гідромодулі 1:1. Процес відволоження здійснювали при $t = 16-25^{\circ}\text{C}$. Після 6, 12, 18, 24 і 30 годин відлежування зразки висушували у сушильній шафі до сталої маси при $t = 50-55^{\circ}\text{C}$ з наступним подрібненням та визначенням показника числа падіння у відповідності до стандартної методики ГОСТ 30498-97. Досліди проводили у чотирикратній повторності.

Визначення властивостей крохмального клейстеру проводили у відповідності до стандартної методики за ГОСТ 30498-97 у співпраці з лабораторією якості зерна Харківського інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України.

Для встановлення впливу плазмохімічно активованої води на властивості вуглеводно-амілазного комплексу зерна були проведені дослідження зміни властивостей крохмального клейстеру на амілографі. Для проведення дослідження до пшеничного крохмалю, виготовленого за ГОСТ 31935-2012, у кількості 45г, додавали магістральну воду або воду попередньо піддану дії КНП, у кількості 100 см³. Дослідження проводили у чотирьох повторностях.

Головна особливість проростання і його загальна біохімічна спрямованість – розкладання в ендоспермі високомолекулярних речовин до низькомолекулярних за участю вологи і під дією ферментів. Основним показником глибоких біохімічних змін, що відбуваються в проростаючому зерні, є посилення дії ферментів, перш за все амیلітичних, що спричиняє деструкцію крохмальних зерен [14,15].

Крохмаль в пшениці міститься у вигляді гранул, які утворюють амілопласти (рис. 1) [16]. Крохмальні зерна складаються з амілози і амілопектину,



Таблиця 1

Характеристики води без додаткової обробки та води підданої дії контактної нерівноважної плазми

№ з/п	Характеристика води	Тривалість дії КНП на воду, хв.	pH води	Концентрація H ₂ O ₂ , мг/л	Окисно-відновний потенціал, мВ
1	магістральна	–	7,4	–	230
2	плазмохімічно активована магістральна вода	3	9,9	100	135
3	плазмохімічно активована магістральна вода	5	10,3	200	123
4	плазмохімічно активована магістральна вода	7	10,4	400	107
5	плазмохімічно активована магістральна вода	9	9,7	500	96
6	дистильована	–	6,7	–	279
7	плазмохімічно активована дистильована вода	3	3,7	200	370
8	плазмохімічно активована дистильована вода	5	3,5	300	365
9	плазмохімічно активована дистильована вода	7	3,3	500	380
10	плазмохімічно активована дистильована вода	9	3,0	600	389

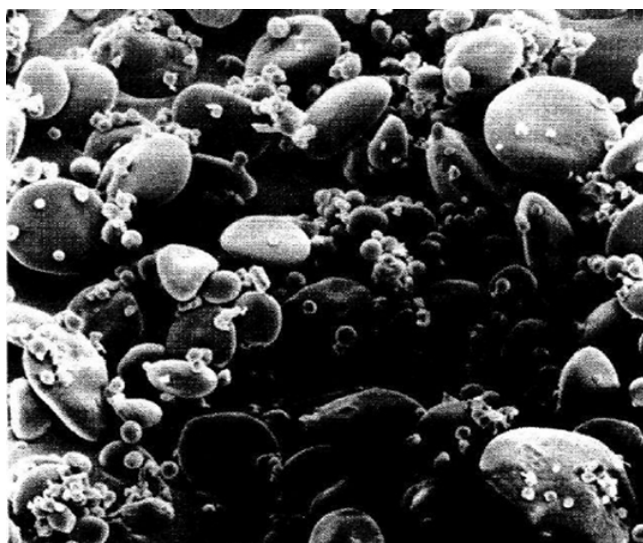


Рис. 1. Електронні мікрофотографії гранул крохмалю пшениці [16]

які є полімерами α -D-глюкози. При взаємодії крохмалю з водою за рахунок структурної будови його гранул молекули води легко проникають в крохмальні зерна. При гідратації крохмаль може утримувати вологу, маса якої складає близько 30% від маси крохмалю в сухому стані [16]. При цьому гранули збільшуються в об'ємі приблизно на 5%. Зміна об'єму і адсорбція води є оборотними процесами, проте під час нагрівання водно-борошняної суспензії до температури вище температури клейстеризації відбуваються безповоротні зміни крохмалю.

Результати дослідження впливу плазмохімічно активованої води на показник числа падіння зерна пшениці під час його вологотеплової обробки представлено на рис. 2.

У випадку ВТО зерна пшениці при використанні води магістральної, води дистильованої та води, підданої дії КНП, спостерігається наступна тенденція (рис. 2). При використанні води магістральної (контроль) і води магістральної активованої (час активації 3, 5, 7, 9 хв.) показник числа падіння, який перебуває у прямопропорційній залежності з активністю α -амілази, до 16 годин приблизно однаковий для всіх п'яти зразків, але зі збільшенням тривалості гідротермічної обробки від 18 до 30 годин спостерігається поступове відхилення показників дослідних зразків від контрольних.

Після 18 год. ВТО зерна пшениці з використанням плазмохімічно активованої води, обробленої протягом 3-7 хв., показник числа падіння знизився на 12-17%. Максимальний ефект був помічений у води магістральної при її обробці протягом 3 хв. Після 24 год. показник числа падіння знизився на 19-26% порівняно з контрольним зразком з найбільшим ефектом у плазмохімічно активованої води, обробленої протягом 3 хв. Через 30 год. ВТО зерна пшениці активність α -амілази у зерні знижувалася для дослідних зразків на 11-43% більш інтенсивно у порівнянні з контрольними, особливо у випадку застосування для ВТО води, підданої дії КНП протягом 3 хв. У випадку зразків, для відволоження яких використали воду оброблену КНП протягом 9 хв., активність α -амілази в середньому була на 10% нижчою, ніж у контрольних зразків.

Активність α -амілази зразків з тривалістю обробки КНП до 7 хв. вже після 16,5 год. ВТО майже така сама, як і для контролю після 24 год. ВТО. Слід відзначити, що традиційно зерно в технології цільно-зернових продуктів ВТО триває 24 год [17]. Тобто за рахунок використання води, обробленої КНП, мож-

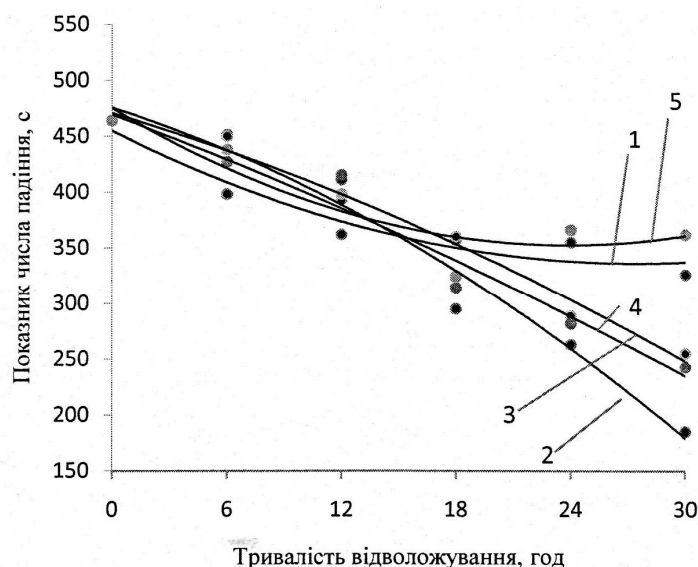


Рис. 2. Показник числа падіння зерна пшениці під час ВТО з використанням :

1 – води магістральної (контроль); 2 – води магістральної, підданої дії КНП протягом 3 хв.; 3 – води магістральної, підданої дії КНП протягом 5 хв.; 4 – води магістральної, підданої дії КНП протягом 7 хв.; 5 – води магістральної, підданої дії КНП протягом 9 хв.

ливе скорочення тривалості вологотеплової обробки зерна пшениці на 7,5 год.

За умови застосування плазматично активованої дистильованої води на етапі гідротермічної обробки зерна спостерігаються певні відмінності. Всі зразки досліджувані у період ВТО зерна протягом 21 год. мають приблизно однакові значення показника числа падіння, проте при подальшому відволожуванні зерна пшениці у випадку застосування плазмохімічно активованої дистильованої води показник числа падіння знижується на 6,6-10,6%, через 30 год. – на 12,3-22,8% з найбільшим ефектом для зразків після ВТО з використанням плазмохімічно активованої

води, обробленої протягом 3 і 5 хв. відповідно. Очевидно, що використання дистильованої води, підданої дії КНП, має дещо менший вплив на активність α -амілази зерна пшениці під час ВТО.

Одним із способів дослідження амілолітичної активності є дослідження в'язкості крохмалю на амілографі. Збільшення в'язкості крохмалю, що відбувається при нагріванні у воді, пояснюється тим, що крохмаль вбирає воду і сильно набрякає. При подальшому підвищенні температури гранули крохмалю деформуються і розчинна амілоза, що знаходиться в середині крохмальних зерен, вивільняючись, опиняється в розчині. Збільшення в'язкості пояснюється надходженням у воду розчинного крохмалю і поглинанням води гранулами крохмалю, що залишилися після його виділення. Під час процесу клейстеризації постійно триває розчинення крохмалю [16]. Як видно з приведених результатів, що базуються на даних амілограм (табл. 2, рис. 3), протягом періоду дослідження пшеничного крохмалю на амілографі, а саме початку його клейстеризації, досягнення максимальної в'язкості водно-борошняної суспензії та її розрідження, показники часу і температури є майже однаковими для всіх дослідних зразків. Проте порівнюючи властивості водно-борошняної суспензії приготованої з використанням води магістральної без обробки і води, підданої дії КНП, відбувається зниження максимальної в'язкості суспензії на 17-36% у порівнянні з контролем. У випадку із дистильованою водою без обробки і з додатковою обробкою КНП протягом 7 хв. відбувається збільшення максимуму клейстеризації на 4,4%. Це дає можливість припустити, що застосування магістральної води, підданої дії КНП, сприяє активізації гідролітичних процесів при взаємодії із крохмалем, а дистильована вода оброблена аналогічним методом – навпаки. Очевидно, це відбувається за рахунок різних значень рН середовища для дистильованої і магістральної води після її обробки КНП.

Таблиця 2

Вплив води, підданої дії КНП, на клейстеризацію пшеничного крохмалю

Зразок	Початок клейстеризації		Максимум клейстеризації			Розрідження суспензії	
	t, хв	T, °C	t, хв	T, °C	H, ум. од.	t, хв	T, °C
Вода магістральна	36	77	49	97	710	50	97
Вода дистильована	37	78	50	97	675	52	97
Вода магістральна оброблена КНП протягом 3 хв.	35	78	48	97	605	49	97
Вода дистильована оброблена КНП протягом 7 хв.	35	78	48	97	705	49	97
Вода магістральна оброблена КНП протягом 7 хв.	35	78	48	97	520	49	97

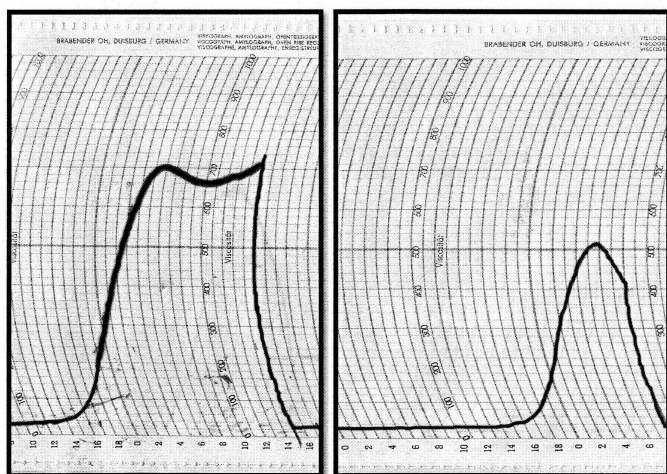


Рис. 3. Амілограми одержані при застосуванні:
а – води магістральної без додаткової обробки;
б – плазмохімічно активованої води

Апробація результатів дослідження.

На сьогодні хлібопекарні підприємства України виробляють понад 1 млн. т продукції на рік. Продукція з диспергованої зернової маси випускається у українських товаровиробників незначної кількості, що пов'язано із певними труднощами у реалізації такого виробництва. У зв'язку з підвищенням рівня попиту населення на продукти оздоровчого призначення харчові підприємства змушені створювати нові харчові продукти, щоб задовільнити запити споживачів. Використання води, підданої дії КНП, під час ВТО зерна може бути застосоване на хлібопекарних підприємствах при виробництві цілнотзернового хліба, що дозволить задовільнити потребу споживачів у новому продукті з лікувально-оздоровчими властивостями і скоротить час його виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ranhotra G.S. *Breadmaking quality and nutritive value of sprouted wheat* / G.S. Ranhotra, R.J. Loewe, T.A. Lehmann // *Journal of food science*. – 1977. – Vol. 42. – №5. – P.36–52.
2. Gebhardt S.E. *Value of Foods, Home and Garden Bulletin №72* / S.E. Gebhardt, R.G. Thomas // *United States Department of Agriculture*. – 2002. – 104 p.
3. Daugirdas J. T. *Potential importance of low-sodium bread and breakfast cereal to a reduced sodium diet* / J. T. Daugirdas // *Journal of Renal Nutrition*. – 2013. – Vol. 23. – №1. – P.1–3.
4. Van Hung P. *Phenolic acid composition of sprouted wheats by ultra-performance liquid chromatography and their antioxidant activities* / P. Van Hung, D.W. Hatcher, W. Barker // *Food chemistry*. – 2011. – Vol. 126. – №4. – P.1896–1901.
5. Henry R. *Cereal grain quality* / R. Henry, P. Kettlewell // London.: Chapman & Hall Springer. – 1989. – 479 p.
6. Корячкина С.Я. *Инновационная технология хлеба из пророщенного зерна пшеницы* / С.Я. Корячкина, Е.А. Кузнецова // *Хлебопечение России*. – 2009. – № 7. – С.52–53.
7. Науменко Н.В. *К вопросу о качестве хлеба и хлебобулочных изделий* // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2013. – т. 1. – №2. – С.45–49.
8. 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*. – Вип.38. – т.1 – С.178–180.
9. Сафонова О.М. *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.
10. Півоваров О.А. *Дослідження початкової стадії взаємодії компонентів тіста на основі плазмохімічно активованих розчинів* / О.А.Півоваров, С.Ю. Миколенко // *Наукові праці ОНАХТ*. – 2010. – Вип.38. – т.1. – С.273–277.
11. Mykolenko S. *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.
12. Махінко В.М. *Перспективи та проблеми виробництва зернового хліба* / В.М.Махінко, Л.В. Махінко, О.М. Яценко // *Хранение и переработка зерна*. – 2012. – №3. – С.54–56.
13. *Продукти з пророщеного зерна* / А. Українець, В. Ковбаса, Л. Федоренченко, Т. Романовська, С. Бажай // *Харчова і переробна промисловість*. – 2002. – №8. – С.14–15.
14. Казаков Е.Д. *Биохимия зерна и продуктов его переработки* / Казаков Е.Д., Кретович В.Л. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
15. Eskin N.M. *Biochemistry of foods* / N.M. Eskin, F. Shahidi. – Elsevier.: Academic Press, 2012. – 585 p.

Висновки.

Вплив α - і β -амілази на вуглеводно-амілазний комплекс зерна пшениці пов'язаний із перетворенням крохмалю на прості речовини необхідні для розвитку зародка. Плазмохімічно активована вода може використовуватись у технології цілнотзернових продуктів для інтенсифікації процесу ВТО та зменшення його тривалості до 31%, у порівнянні з традиційною технологією, яка передбачає використання магістральної води без будь-якої додаткової обробки.

Протягом ВТО зерна пшениці поступово відбувається активізація амілолітичних ферментів у зерні, внаслідок чого спостерігається зниження показника числа падіння. Застосування додаткової обробки води з метою подальшого її використання на етапі гідротермічної обробки зерна позначається на активності α -амілази зерна пшениці. Під час відволоження зернової маси показник числа падіння знижується в середньому на 20% порівняно з контролем. За даними амілограмів незалежно від використаної для приготування водно-борошняної суспензії води зменшується значення максимуму клейстеризації водно-борошняної суспензії на 190 ум. од. у порівнянні з контролем. Це узгоджується з даними результатів впливу плазмохімічно активованої води на показник числа падіння зерна пшениці.

Перспективними в даному напрямку є дослідження безпосереднього впливу обробленої води на амілолітичні ферменти, встановлення особливостей перебігу ВТО і перетворення високомолекулярних сполук у випадку застосування інших видів зерна та впливу води, підданої дії КНП, на мікрофлору зерна під час його гідротермічної обробки.



- S.Yu. Mykolenko**, Ph.D., Ass. Professor¹, **Yu.O. Chursinov**, D.Sc. in engineering, Professor¹,
Yu. Sokolov, Postgraduate student¹, **A.M. Puhach**, Ph.D. in Techn. Sc., Ass. Professor¹, **S.Yu. Didenko**, M.Agr.²,
¹Department of Storage Technology and processing of agricultural produce
Dnipropetrovsk State University of Agriculture and Economics, Dnipropetrovsk
²Laboratory of grain quality, The Plant Production Institute nd.a. V.Ya. Yuryev of NAAS, Kharkiv
- INFLUENCE OF PLASMA-CHEMICALLY ACTIVATED WATER ON CARBOHY-
DRATE-AMYLASE COMPLEX OF WHEAT GRAIN***

REFERENCES

- Адреса для переписки:

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, вул. ім. Ворошилова, 25,
м. Дніпропетровськ, Україна, 49600
Харківський інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, пр. Московський 142,
м. Харків, Україна, 61060
E-mail: dsaugrainvova@mail.ru

