

УДК 664.663.9

doi:10.20998/2413-4295.2018.09.30

## ВИКОРИСТАННЯ ДОБАВОК РЕГУЛЯТОРІВ СТРУКТУРИ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ТІСТА ТА ГОТОВИХ ВИРОБІВ

**Н. Л. ЛОБАЧОВА\***

<sup>1</sup>Сумський коледж харчової промисловості, м. Суми, УКРАЇНА  
\*email: nadezh.da@ukr.net

**АНОТАЦІЯ** У статті проаналізовано застосування ферменту трансглютаміназа, який здатний змінювати протеїни через утворення додаткових поперечних зв'язків, у якості коректора структури безглютенових хлібобулочних виробів. Враховуючи, що цей фермент має різну реакційну здатність із різними білками, для забезпечення найвищої реакційної здатності обрано білки, отримані шляхом переробки вторинної м'ясної сировини. Рекомендовано за основу борошняної сировини застосовувати борошняні суміші з базовим компонентом у кількості не менше 50% для запобігання погіршення кольору м'якушки, послаблення забарвлення скоринки та ін.

**Ключові слова:** фермент трансглютаміназа; безглютенові вироби; білок; добавки; целиакія.

## USE OF ADDITIONAL REGULATORS OF THE STRUCTURE GLUTEN-FREE DOUGH AND FINISHED GOODS

**N. L. LOBACHEVA**

<sup>1</sup> Sumy College of Food Industry, Sumy, UKRAINE

**ABSTRACT** Treatment for celiac disease is possible only through strict dietary nutrition, with the exception of even microdoses of gluten. The use of gluten-free flour in bread making causes a number of technological problems and requires a variety of auxiliary means to perform gluten functions. Since the replacement of wheat flour with gluten in the ratio "to each other" is impossible, additionally use different types of native starches, gluten-free flour and hydrocolloids, proteins, enzyme preparations. The article analyzes the use of the enzyme transglutaminase, which is capable of changing proteins due to the formation of additional cross-links, as a corrector of the structure of gluten-free bakery products. Given that this enzyme has a different reactivity with different proteins, to ensure high reactivity, proteins obtained by processing raw meat are selected. Investigations of the quality indicators of bakery products with gluten-free flour raw materials have proved the necessity and possibility of regulating the structural and mechanical properties of dough and bakery products. The use of gluten-free flour mixtures for the production of gluten-free bakery products is more expedient compared to the use of one type of gluten-free flour, which makes it possible to use more rationally the raw materials available in the agro-industrial complex of the country; improve the structural and mechanical properties of gluten-free dough and finished products; increase the nutritional and biological value of products by combining different types of flour; expand the range of gluten-free bakery products. Recommended for the basis of flour raw flour mixtures with a base component in an amount of not less than 50% to prevent the deterioration of the color of the crumb, the weakening of the color of the crust.

**Key words:** transglutaminase enzyme; gluten-free products; protein; supplements; celiac disease.

### Вступ

Історичний зв'язок пшениці і людства є нерозривним і життєво необхідним, проте, для хворих на целиакію людей його вживання є неприпустимим. За останні 30...40 років уявлення про поширеність цього захворювання істотно змінилися в бік значного збільшення. За оцінкою Всесвітньої асоціації гастроентерологів на целиакію страждає близько 1% населення Землі. За підрахунками Всеукраїнського товариства целиакії, лише в Києві тепер проживає близько 30 тис. хворих на целиакію, а виявлено – в десять разів менше. Лікування целиакії можливе виключно через суворе дієтичне харчування з виключенням навіть мікродоз глютену.

Створенню науково-практичних засад виробництва безглютенових харчових продуктів присвячені праці вітчизняних та зарубіжних вчених: В.І. Дробот, А.М. Дорохович, О.М. Шаніної, Е. Gallagher, Е.К. Arendt, J.L. Casper, W.A. Atwell, Е. J. Hoffenberg, J. Haas, М.М. Мор та ін. Особливу увагу приділяють хлібопекарській продукції, яка є найбільш

повсякденно вживаною і виступає головним джерелом глютену, бо включає пшеничне борошно як основний сировинний ресурс.

Використання безклейковинного борошна в хлібопеченні викликає низку технологічних проблем і потребує різноманітних допоміжних засобів для виконання функцій глютену. Оскільки заміна пшеничного борошна на безглютенове у співвідношенні «один до одного» неможлива, додатково застосовують різні види нативних крохмалів, безглютенового борошна і гідроколідів, білків, ферментних препаратів. Трансглютаміназа – відносно новий засіб, що використовується в процесі виробництва хлібобулочних виробів. Цей фермент може змінювати протеїни за рахунок утворення поперечних зв'язків, що у виробництві безглютенових хлібобулочних виробів призводить до збільшення об'єму, поліпшення текстури та збільшення терміну зберігання хліба. Проте, залишаються актуальними наступні невирішені технологічні та комерційні питання виробництва і споживання безглютенового хліба: необхідність суттєвого поліпшення структури

виробів; виявлення механізмів впливу ферменту трансглютаміназа на білки рослинного та тваринного походження, а також на їх суміші.

Тому пошук додаткових білкових джерел, здатних підвищити ефективність дії трансглютамінази та удосконалення і розробка новітніх технологій безглютенової хлібопекарської продукції є актуальною та своєчасною науковою проблемою для вітчизняної та світової зернопереробної галузі. Запропоновано застосовувати добавки, які за походженням є тваринними білками, що отримують з колагенвмісної м'ясної сировини, а саме – найбільш розповсюджений і добре відомий в нашій країні желатин, доступний за ціною і розповсюдженням в країнах ЄС Сканпро Т95 та вітчизняний Геліос-11.

Дослідженнями показників якості хлібобулочних виробів з безглютенової борошняної сировини доведено необхідність і можливість регулювання структурно-механічних властивостей тіста та хлібобулочної продукції.

Детального дослідження потребує перебіг процесів тістоутворення (фізико-хімічних, біохімічних, реологічних і мікробіологічних процесів, що є визначальними під час замішування і бродіння, формування і розстоювання тіста), теплової обробки тістової заготовки (вивчення гідратаційних процесів, що впливають на втрати вологи під час випікання).

### Викладення основного матеріалу

Пошук добавок-поліпшувачів структури безглютенових хлібобулочних виробів проводиться на підставі розуміння фундаментального механізму утворення безглютенового тіста [1, 22]. Згідно з сучасними науковими уявленнями, за відсутності в безглютеновому борошні гідратованої клейковинної мережі, що зазвичай формує просторову структуру пшеничного тіста, одним з важливих чинників оптимізації і стабілізації процесу утримання бульбашок газу, утворених в тісті, є достатня кількість води для гідратації біополімерів тіста для набуття тістом потрібної в'язкості.

Зрозуміло, що підвищити гідратаційну здатність борошняного тіста можна, наприклад, додаванням білкових речовин із вираженими драглеутворювальними властивостями або використанням речовин полісахаридної природи, які добре гідратуються в холодній або теплій воді (на відміну від звичайного крохмалю, клейстеризація якого виявляється з підвищенням температури до 40...42°C і вище).

Таким чином, обрано напрям застосування білкових добавок (враховуючи їхню здатність не тільки виконувати функцію коректора структури, але й впливати на харчову і біологічну цінність хліба) разом із ферментом трансглютаміназа (спираючись на її здатність змінювати протеїни за допомогою амінування, або через утворення поперечних зв'язків, або через дезамінування).

За додавання ТГ утворення поперечних зв'язків відбувається тоді, коли аміногрупи залишків лізину у протеїнах діють як ацилові акцептори. При цьому утворюються всередині міжмолекулярні Lys-зв'язки (ізопептидні зв'язки) [7]. За відсутності первинних амінів у реакційній системі вода виконує функцію ацилового акцептора. Внаслідок цього відбувається дезамінування залишків глютаміну (рис. 1). ТГ може стати каталізатором вбудовування первинних амінів у протеїни. Вона здатна зв'язувати протеїни різного походження: казеїни і альбуміни з молока, тваринний білок з яєць і м'яса, соєвий і пшеничний протеїн [8,5].

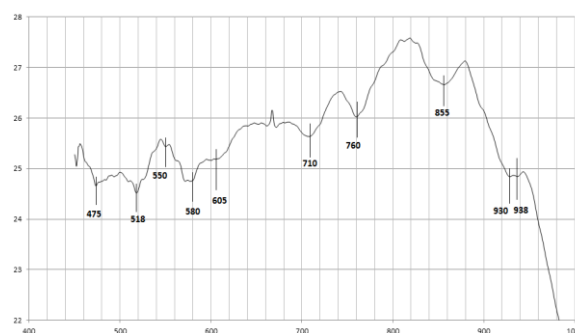


Рис.1 - ІЧ-спектр зразка тіста з борошняної суміші на основі вівсяного борошна з додаванням 3% желатину та 0,05% ТГ (в інтервалі 400...1000 см<sup>-1</sup>)



а



б

Рис.2 - Зовнішній вигляд хліба (переріз) зі складом борошняної сировини 50% вівсяного борошна, 25% кукурудзяного борошна, 25% рисового борошна на воді без ТГ (а) та з додаванням 0,1% ТГ (б)

Трансглютаміназу пропонують застосовувати для виробництва безглютенового хліба [14] для поліпшення структурно-механічних властивостей м'якушки. Проте, ефективність її дії не можна вважати достатньо високою. Про це свідчать дані,

наведені в роботі [10]. Слід зазначити, що отримано подібні дані щодо дії ферменту ТГ як поліпшувача для безглютенового хліба. Зовнішній вигляд хліба (у перерізі) з борошняної суміші на основі вівсяного борошна наведено на рис. 2.

Основною метою застосування ферменту ТГ є подальше поліпшення і стабілізація структури безглютенових хлібобулочних виробів. Враховуючи прогнозовану добру реакційну здатність ферменту ТГ з КВБ та білками борошна.

### Обговорення результатів

На сьогоднішній день, кожна розробка нової технології повинна мати в основі чітко прописаний план її створення: суть інновації, характер розробленої технології та характер ринку.

Порівняння зразків, наведених на рис. 2 та 3, показує, що загальною тенденцією є покращання пористості і питомого об'єму хліба. Проте, очевидним є той факт, що застосування борошняної суміші в порівнянні з будь-яким одним видом безглютенового борошна є більш ефективним. Проте, з метою подальшого покращання об'єму, пористості та зовнішнього вигляду хлібобулочних виробів необхідні новітні технологічні рішення.

Таким чином, метою пошуку ефективних комбінацій білкових поліпшувачів із ферментом ТГ для борошняних сумішей дослідження проводилось у два етапи: 1 – дослідити вид і кількість білкової добавки, зокрема колагенмісні білки (КВБ) – желатин, Сканпро Т95, Геліос-11; 2 – вивчити ефективність комбінування білкових поліпшувачів із ферментом ТГ.

Як свідчать експериментальні дані, і вид, і концентрація добавки помітно змінює структурно-механічні показники якості хліба. Будь-яку добавку можна вважати поліпшувачем, проте за ефективністю дії реверсний ряд виглядає наступним чином: Геліос 11 > Сканпро Т95 > желатин. Так, за додавання 1...2% Геліос 11 питомий об'єм хліба зростає на 25...27%, Сканпро Т95 – на 12...13%, 3%-вого розчину желатину – на 11%.

У разі застосування борошняної суміші на основі кукурудзяного борошна дія КВБ виявляється подібною вищевказаній (рис.3).

Якщо у складі хлібобулочних виробів застосовувати джерела додаткового білка (желатин, Геліос 11, Сканпро Т95), то ТГ діє помітно ефективніше. Вироби мають гладку поверхню, еластичну м'якушку з приємним світло-жовтим кольором, рівномірну пористість. Введення ТГ в кількості більше 0,1% до маси борошна є недоцільним.

Таким чином, проведені дослідження доводять ефективність застосування ферменту ТГ, особливо в композиції з білками тваринного і рослинного походження, покращуючи структурно-механічні та

органолептичні показники безглютенових виробів (рис. 3).



50% кукурудзяного борошна, 25% рисового борошна, 25% вівсяного борошна



1% Геліос 11

1% Сканпро Т95



2% Геліос 11

2% Сканпро 95

Рис.3- Зовнішній вигляд хліба (переріз) зі складом борошняної сировини 50% кукурудзяного борошна, 25% рисового борошна, 25% вівсяного борошна з додаванням різного виду і кількості КВБ.

Всі добавки КВБ досить ефективно діють на якість безглютенових хлібобулочних виробів – помітно зростає об'єм виробів, їх форма і зовнішній вигляд, поліпшується пористість.

### Висновки

Застосування безглютенових борошняних сумішей для вироблення безглютенових хлібобулочних виробів є більш доцільним порівняно з використанням одного виду безглютенового борошна, що дозволяє більш раціонально використати наявну в агропромисловому комплексі країни зернову сировину; поліпшити структурно-механічні властивості безглютенового тіста та готових виробів; підвищити харчову та біологічну цінність виробів за рахунок комбінування різних видів борошна; розширити асортимент безглютенових хлібобулочних виробів.

За основу борошняної сировини рекомендовано застосовувати борошняні суміші з базовим компонентом у кількості не менше 50% для запобігання погіршення кольору м'якушки, послаблення забарвлення скоринки та ін. Кукурудзяне борошно, якщо його кількість у складі борошняної суміші перевищує 25...30%, потребує вживання

додаткових технологічних заходів для запобігання надмірній крихкості м'якушки.

У якості коректора структури безглютенових хлібобулочних виробів рекомендовано застосовувати фермент трансглютаміназу, який здатний змінювати протеїни через утворення додаткових поперечних зв'язків. Враховуючи, що цей фермент має різну реакційну здатність із різними білками, для забезпечення найвищої реакційної здатності обрано білки, отримані шляхом переробки вторинної м'ясної сировини, а саме желатин, Геліос 11 (виробництва України), Сканпро Т 95 (виробництва Данії).

Усі білкові добавки (у досліджених кількостях до маси борошняної сировини) ефективно впливають на якість безглютенових хлібобулочних виробів – помітно зростає їх об'єм, форма і зовнішній вигляд, поліпшується пористість. За ефективністю дії реверсний ряд виглядає наступним чином: Геліос 11 > Сканпро Т95 > желатин. Питомий об'єм виробів збільшується на 15...25% щодо контрольного зразка без добавок, пористість – на 4...6 абс.%.

Застосування ферменту ТГ в кількості 0,05...0,10% до маси борошна призводить до подальшого покращення структури безглютенових виробів – питомий об'єм їх зростає на 40...45%, пористість на 10...12 абс.%.

#### Список літератури

1. **Arendt, E. K.** Development of gluten-free cereal products / **E. K. Arendt, C. M. O' Brien, T. J. Schober, E. Gallagher, T. R. Gormley** // *Farm & Food*. – 2002. – 21–27 p.
2. **Ahlborn, G. J.** Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads / **G. J. Ahlborn, O. A. Pike, S. B. Hendrix, W. M. Hess, S. H. Clayton** // *Cereal Chemistry*. – 2005. – Vol. 82 (3). – 328–335 p.
3. **Gallagher, E.** Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products / **E. Gallagher, T. R. Gormley, E. K. Arendt** // *Trends in Food Science & Technology*. – 2003. – Vol. 15. – 143–152 p. - doi: 10.12691/ijcd-2-1-4.
4. **Schober, J. T.** Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids / **J. T. Schober, M. Messerschmidt, S. R. Bean, S. H. Park, E. K. Arendt** // *Cereal Chemistry*. – 2004. – Vol. 82. – 394–404 p. - doi: 10.1094/CC-82-0394.
5. **Hattner, E. K.** Rheological properties and bread making performance of commercial wholegrain oat flour / **E. K. Hattner, F. Dal Bello, E. K. Arendt** // *Journal of Cereal Science*. – 2010. – Vol. 52. – 65–71 p. - doi: 10.1007/s13197-015-2065-z.
6. **Korus, J.** The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread / **J. Korus, M. Witzczak, R. Ziobro, L. Juszczak** // *Food Hydrocolloids*. – 2009. – Vol. 23. – 988–995 p. - doi: 10.1016/j.foodhyd.2008.07.010.
7. **Marco, C.** Effect of transglutaminase on protein electrophoretic pattern of rice, soybean, and rice-soybean blends / **C. Marco, G. Purez, A. E. Leyn, C. M. Rosell** // *Cereal Chemistry*. – 2008. – Vol. 85. – 59–64 p. - doi: 10.1094/CCHEM-85-1-0059.
8. **Marco, C.** Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours / **C. Marco, C. M. Rosell** // *Journal of Food Engineering*. – 2008. – Vol. 88. – 94–103 p. - doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.01.018.
9. **Van Riemsdijk, L. E.** Preparation of gluten-free bread using a meso-structured whey protein particle system / **L. E. Van Riemsdijk, A. J. Van Der Goot, R. B. Hamer, R. M. Boom** // *Journal of Cereal Science*. – 2011. – Vol. 53. – 355–361 p. - doi.org/10.1016/j.jcs.2011.02.006.
10. **Дробот, В. И.** Использование гречневой муки в производстве безглютенового хлеба / **В. И. Дробот, А. М. Грищенко, Л. А. Михоник** // *Хранение и переработка зерна*. – 2011. – № 4 (142). – С. 61–62.
11. **Shanina, O.** Production challenge sofenriched flour products / **O. Shanina, K. Dugina, V. Zverev, T. Gavrish, M. Domahina, N. Lobacheva** // *Materials of the III International and Practice Conferenc. «European Science and Technology»*. – Munich, Germany, 2012. – Vol.1. – P. 248–252.
12. **Лобачева, Н. Л.** Технологічні аспекти формування структури виробів з безглютенової борошняної сировини / **Н. Л. Лобачева, О. М. Шаніна** // *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробки і харчових виробництв: матер. XIII Міжнародної науково-практичної конференції*. – Харків, 2013. – С.71–79.
13. **Шаніна, О. М.** Вивчення деформаційних процесів у безглютеновому тісті / **О. М. Шаніна, Н. Л. Лобачова, А.О.Ліфенцева** // *Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві: міжнар. наук.-практ. інтернет-конференція*. – 2014. – Харків: ХДУХТ. – С. 143–144.
14. **Salmenkallio-Marttila, M.** Effects of gluten and transglutaminase on microstructure, sensory characteristics and instrumental texture of bread / **M. Salmenkallio-Marttila, K. Roininen, K. Autio, L. Lähteenmäki** // *Agricultural and Food Science*. – Vol. 13. – P. 138–150. - doi.org/10.2137/1239099041838003.

#### Bibliography (transliterated)

1. **Arendt, E.K., Brien, C.M.O', Schober, T.J., Gallagher, E., Gormley, T.R.** Development of gluten-free cereal products. *Farm & Food*, 2002, 21–27.
2. **Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B., Hess, W.M., Clayton, S.H.** Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chemistry*, 2005, Vol. 82 (3), 328–335.
3. **Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K.** Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 2003, Vol. 15, 143–152, doi: 10.12691/ijcd-2-1-4.
4. **Schober, J.T., Messerschmidt, M., Bean, S.R., Park, S.H., Arendt, E.K.** Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 2004, Vol. 82, 394–404, doi: 10.1094/CC-82-0394.
5. **Hattner, E. K., Dal Bello, F., Arendt, E. K.** Rheological properties and bread making performance of commercial wholegrain oat flour. *Journal of Cereal Science*, 2010, Vol. 52, 65–71, doi: 10.1007/s13197-015-2065-z.
6. **Korus, J., Witzczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L.** The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread. *Food Hydrocolloids*, 2009, Vol. 23, 988–995, doi: 10.1016/j.foodhyd.2008.07.010.
7. **Marco, C., Purez, G., Leyn, A.E., Rosell, C.M.** Effect of transglutaminase on protein electrophoretic pattern of rice, soybean, and rice-soybean blends. *Cereal Chemistry*, 2008, Vol. 85, 59–64, doi: 10.1094/CCHEM-85-1-0059.



8. Marco, C., Rosell, C.M. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. *Journal of Food Engineering*, 2008, Vol. **88**, 94–103, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.01.018.
9. Van Riemsdijk, L. E., Van Der Goot, A.J., Hamer, R.B., Boom, R.M. Preparation of gluten-free bread using a meso-structured whey protein particle system. *Journal of Cereal Science*, 2011, Vol. **53**, 355–361, doi: 10.1016/j.jcs.2011.02.006.
10. Drobot, V.I., Grishchenko, A.M., Mihonik, L.A. The use of buckwheat flour in the production of gluten-free bread. *Storage and processing of grain*, 2011, No. 4 (142), 61–62.
11. Shanina, O., Dugina, K., Zverev, V., Gavrish, T., Domahina, M., Lobacheva, N. Production challenge soft-enriched flour products. *Materials of the III International and Practice Conferenc. «European Science and Technology»*, Munich, Germany, 2012, Vol. **1**, 248–252.
12. Lobacheva, N.L., Shanina, A. M. Technological aspects of forming the structure of products from gluten-free flour raw materials. *Modern trends in technology and mechanization of processes of processing and food industries: mater. XIII International Scientific and Practical Conference*. - Kharkiv, 2013, 71-79.
13. Shanina, O. M., Lobacheva, N. L., Lifentseva, A.O. Study of deformation processes in gluten-free test. *Innovative technologies in food industry and restaurant industry: international. science-practice Internet Conference*, 2014, Kharkiv: KhDUHT, 143-144.
14. Salmenkallio-Marttila, M., Roininen, K., Autio, K., Lähteenmäki, L. Effects of gluten and transglutaminase on microstructure, sensory characteristics and instrumental texture of bread. *Agricultural and Food Science*, Vol. **13**, 138–150, doi: 10.2137/1239099041838003.

#### Відомості про авторів (About authors)

**Лобачова Надія Леонідівна** - кандидат технічних наук, викладач, Сумський коледж харчової промисловості, м. Суми, Україна; email: nadezh.da@ukr.net.

**Nadiia Lobachova** – Ph.D., teacher, Sumy College of Food Industry, Sumy, Ukraine, email: nadezh.da@ukr.net.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Лобачова, Н. Л.** Використання добавок регуляторів структури безглютенового тіста та готових виробів / **Н. Л. Лобачова** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 9 (1285). – С. 207-211. – doi:10.20998/2413-4295.2018.09.30.

*Please cite this article as:*

**Lobachova, N.** Use of additional regulators of the structure gluten-free dough and finished goods. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, **9** (1285), 207-211, doi:10.20998/2413-4295.2018.09.30.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Лобачева, Н. Л.** Использование добавок регуляторов структуры безглютенового теста и готовых изделий / **Н. Л. Лобачева** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 9 (1285). – С. 207-211. – doi:10.20998/2413-4295.2018.09.30.

**АННОТАЦІЯ** В статті проаналізовано застосування ферменту трансглютамінази, який здатний змінювати протекти за рахунок утворення додаткових поперечних зв'язків, як коректора структури безглютенових хлібобулочних виробів. Ураховуючи, що цей фермент має різну реакційну здатність з різними білками, для забезпечення високої реакційної здатності обрані білки, отримані шляхом переробки м'ясного сиров'язу. Дослідженнями показателів якості хлібобулочних виробів з безглютеновою мучною сиров'язу доведено необхідність і можливість регулювання структурно-механічних властивостей тесту і хлібобулочної продукції. Застосування безглютенових мучних сумішей для виробництва безглютенових хлібобулочних виробів є більш доцільним порівняно з використанням одного виду безглютенової муки, що дозволяє більш раціонально використовувати наявну в агропромисловому комплексі країни зернову сиров'язу; покращити структурно-механічні властивості безглютенового тесту і готових виробів; підвищити харчову і біологічну цінність виробів за рахунок комбінування різних видів муки; розширити асортимент безглютенових хлібобулочних виробів. Рекомендовано за основу мучного сиров'язу застосовувати мучні суміші з базовим компонентом в кількості не менше 50% для запобігання погіршенню кольору м'язища, послабленню окраски корочки і др.

**Ключові слова:** фермент трансглютаміназа; безглютенові вироби; білок; добавки; целиакія.

Надійшла (received) 06.03.2018