

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ БІЛКОВО-ПРОТЕЇНАЗНОГО КОМПЛЕКСУ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ТІСТА В ПРИСУТНОСТІ МОЛОЧНИХ БІЛКІВ

Галєсний І.В., аспірант, Гавриш Т.В., к.т.н., доц.,

Шаніна О.М. д.т.н., професор

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

В роботі розглядається питання про можливі взаємодії між білковими макромолекулами безглютенових видів борошна та їх суміші на основі експериментальних досліджень молекулярно-масового розподілу білкових речовин. Проведений порівняльний аналіз змін фракційного складу білків борошняного тіста з різними видами борошняної сировини та рідких фаз.

Вступ. Білкові речовини борошна та їх властивості мають вирішальне значення у формуванні структури тіста та випеченої продукції. Дослідженню гідратованих клейковинних білків присвячено роботи дуже багатьох авторів. В науковому суспільстві сформувалась думка, що окремі фракції клейковини певним чином зв'язані між собою, а не складають просту суміш [1, 2, 3]. Доведено, що фізичні властивості клейковини визначаються колоїдно-хімічним станом білків, хімічним складом, величиною співвідношення «гліадін/глютенін», ферментативною атакованістю білків, фізико-хімічними особливостями побудови макромолекул клейковинних білків та утворенням своєрідної просторової структури з білкових макромолекул.

Відомо, що середній хімічний склад клейковинних білків є сталим незалежно від реологічних властивостей клейковини, тому причину змінної якості клейковинних білків потрібно шукати у внутрішній структурі макромолекул білка, на різних рівнях його просторової організації, у щільності упакування поліпептидних ланцюгів, у міцності внутрішньо-та міжмолекулярних зв'язків [4].

Аналіз останніх досліджень. Питанню вивчення реологічних властивостей тіста з безглютенової борошняної сировини, а також можливості їх регулювання додаванням поліпшуючих добавок присвячено значно меншу кількість наукових робіт. Вони стосуються, зокрема, застосування ферментних препаратів разом з білковими добавками [5] або гідроколоїдів [6], приготування борошняних сумішей [7].

Мета дослідження. Метою досліджень є вивчення стану білкового комплексу безглютенового тіста з використанням різних видів борошна в присутності молочних білків. Узагальнення даних проводили, базуючись на експериментальних дослідженнях молекулярно-масового розподілу білкових речовин.

Молекулярно-масовий розподіл характеризує полімолекулярність або

полідисперсність білків. Це виявляється в тому, що будь-який полімер може бути представлений низкою окремих фракцій, що складаються з макромолекул приблизно однакового розміру. За зміною числа таких фракцій можна отримати інформацію про можливі взаємодії між білковими макромолекулами сировини.

Результати дослідження. Дослідження зміни фракційного складу білків борошняного тіста проводили з різною рідкою фазою та різним видом борошняної сировини. В якості модельних систем розглядали борошно рисове, кукурудзяне та їх суміш у співвідношенні 70/30 % відповідно, як рідку фазу тіста обрали воду та кефір. Результати наведено на рис. 1-5, табл. 1-3.

На підставі зображення (рис. 1) визначено молекулярну масу кожної смуги індивідуальних білків. Результати представлено в табл. 1.

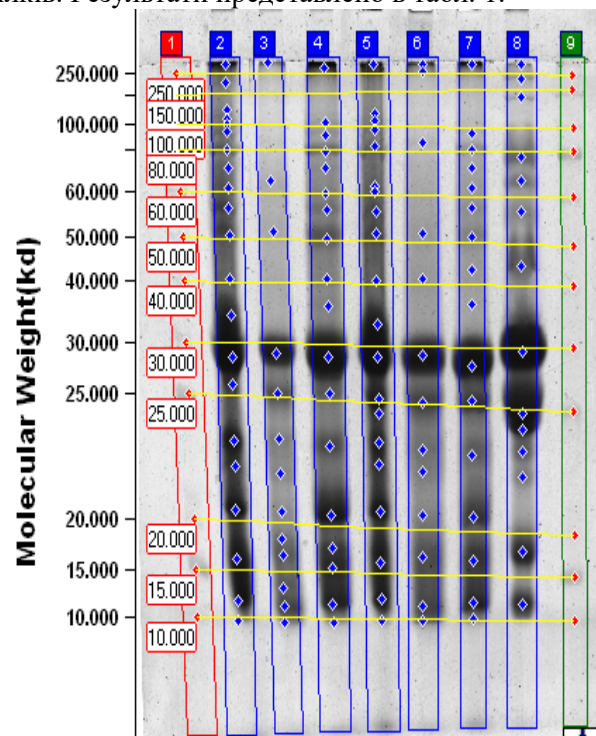


Рис. 1. Електрофоретичний поділ білків (10-250 kDa) тіста (зразки 2-7) на воді (зразки 2-4) та кефірі (зразки 5-7): 2, 5 - B_{рис}; 3, 6 - B_{кук}; 4, 7 - B_{рис}/B_{кук} 70/30; 8- кефір; 1,9 - стандарти

Наявні піки на диференційних кривих ММР зразків тіста з різною борошняної сировиною та рідкою фазою

Зразок	Піки на диференційних кривих ММР		
	До 30 kDa	вище 30 kDa до 100 kDa	вище 100 kDa
Рідка фаза тіста - вода			
Б _{рис}	9,1; 16,1; 20,4; 22,1; 23,2; 26,0; 28,7;	34,5; 40,5; 50,6; 56,7; 62,4; 71,6; 80,7; 94,4; 99,2	108,4; 122,6; 207,5; 296,2
Б _{кук}	9,4; 11,2; 13,1; 16,6; 18,2; 20,4; 21,9; 23,3; 25,3; 29,1	51,5; 65,3	303,8
Б _{рис} /Б _{кук}	9,6; 11,5; 15,5; 17,6; 20,3; 23,2; 25,6; 28,8	36,3; 41,0; 50,2; 56,7; 60,1; 71,8; 79,1; 92,8	103,8; 283,7
Рідка фаза тіста - кефір			
Б _{рис} +К	9,8; 12,2; 16,1; 20,6; 28,9	33,3; 40,7; 51,6; 56,5; 61,1; 63,6; 83,2; 96,7	106,7; 117,5; 301,4
Б _{кук} +К	10,1; 11,9; 16,6; 20,5; 23,0; 25,5; 28,4	37,0; 43,8; 51,4; 57,4; 63,8; 72,4; 81,6; 94,9	304,6
Б _{рис} /Б _{кук} + К	11,9; 17,9; 22,2; 23,2; 24,1; 24,8; 29,6	44,6; 56,7; 67,2; 67,2; 77,4	139,5; 224,1; 314,5

Аналіз диференційних кривих молекулярно-масового розподілу (рис. 2) свідчить про їх полімодальний характер та про наступні особливості у зразках двох різних видів борошна та їх суміші:

- Б_{рис} має пік 18, який практично відсутній у Б_{кук} (пік 8) та помітно зростає в суміші Б_{рис}/Б_{кук} 70/30 (пік 14). Це вказує на збільшення частки фракції з молекулярною масою близькою до 20 kDa;

- аналогічна тенденція відмічається для піків 11 (Б_{рис}) та 8 (Б_{рис}/Б_{кук}) для фракції близька 50 kDa;

- дуже помітно збільшується висота піків 4 (79,1 kDa) у зразка суміші порівняно з піком 7 (80,7 kDa) у зразка Б_{рис}, враховуючи, що у зразка Б_{кук} він зовсім відсутній;

- зростає інтенсивність і ширина піку 1, а також відбувається зсув максимуму цього піку в бік меншої молекулярної маси у зразка Б_{рис}/Б_{кук} (283 kDa) порівняно з аналогічними піками Б_{рис} (296 kDa) та Б_{кук} (303 kDa);

- зменшується загальна площа піків 10-12 (суміш) порівняно з Б_{рис} (піки 12-15) та Б_{кук} (піки 4-5), що відповідає молекулярній масі 25...29 kDa.

В присутності кефіру (рис. 3) виявлено деякі відмінності, а саме: зростає інтенсивність піків 11, 12 та 13 (в інтервалі 20-25 kDa) у зразка тіста з борошняної суміші порівняно зі зразками з окремих видів борошна; крім того, зростає інтенсивність та відбувається зміщення максимуму піка 1 в бік

більших молекулярних мас (Б_{рис}/Б_{кук} - 314 kDa, Б_{рис} - 296 kDa, Б_{кук} - 303 kDa).

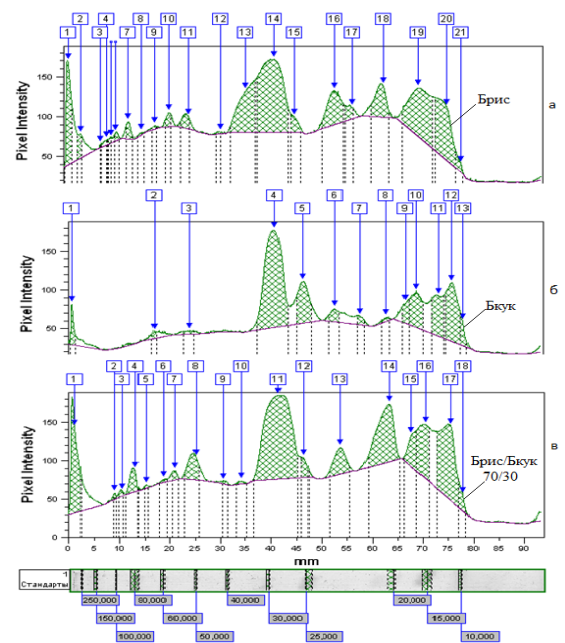


Рис. 2. Криві ММР зразків тіста на воді: а - борошно рисове (Б_{рис}); б - борошно кукурудзяне (Б_{кук}); в - суміш Б_{рис}/Б_{кук} 70/30 %

Для пояснення вказаних відмінностей порівнювали встановлені дані з результатами аналізу, проведеному в табл. 2.

Додатково розраховували кількість білкових фракцій для суміші (рядок «Суміш Б_{рис}/Б_{кук} 70/30 розрахунок»), який ілюструє суму кожної з чотирьох білкових фракцій обох видів борошна, взяту у відповідному співвідношенні (70/30), інакше кажучи, коли

взаємодія між цими видами борошна виключена. Дані з цього рядка порівнювали з рядком «Суміш Б_{рис}/Б_{кук} 70/30- експеримент», коли така взаємодія між білками борошна в тісті з борошняної суміші є можливою.

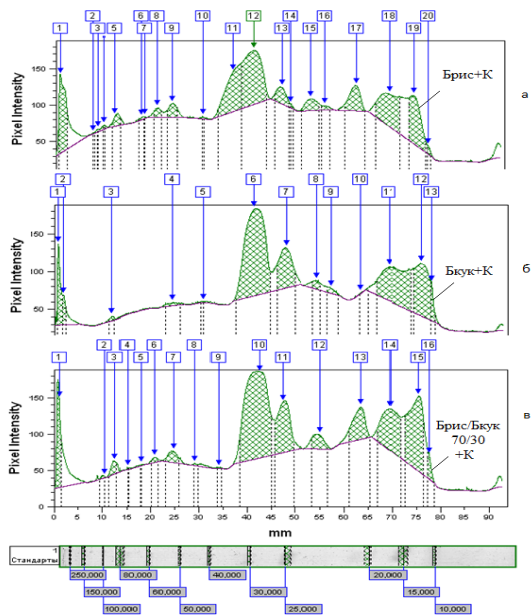


Рис. 3. Криві ММР зразків тіста на кефірі: а - борошно рисове (Б_{рис}+К); б - борошно кукурудзяне (Б_{кук}+К); в - суміш (Б_{рис}/Б_{кук} 70/30%+К)

Розходження даних з цих двох рядків свідчить про те, що міжмолекулярні білкові взаємодії відбуваються, тим більші, чим більшим є відхилення (що дозволяє оцінити відносне відхилення).

У зразка тіста з борошняної суміші на воді дуже суттєво зменшується вміст водорозчинної фракції (майже вдвічі) з одночасним зростанням вмісту більш високомолекулярних фракцій, розчинних у спирті та лузі (більш, ніж на 25%). Інакше кажучи, між білковими макромолекулами (в першу чергу, з низькою молекулярною масою) різних видів борошна в тісті відбуваються взаємодії з утворенням високомолекулярних фракцій.

В разі додавання кефіру в тісто описані вище тенденції виражені більш слабо (зниження вмісту низькомолекулярних фракцій - альбумінової та глобулі нової – сумарно дорівнює близько 13 %, а зростання високомолекулярних фракцій (стосується тільки спирторозчинної фракції) – зростає на 4,5%.

Таблиця 2

Фракційний склад білків тіста з різною борошняною сировиною та рідкою фазою

Особливості складу зразка	Білкові фракції (мг білка / г матеріалу) розчинні			
	у воді	у солі	у спирті	у лузі
Рідка фаза тіста - вода				
Борошно рисове	9,66	0,46	12,76	7,34
Борошно кукурудзяне	6,56	0,31	37,45	2,7
Суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30- експеримент	5,77	0,38	24,24	6,54
Суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30 розрахунок	8,73	0,42	20,17	5,95
Відхилення (експ.-розр.) абсолютне	-3,0	0,04	4,1	0,6
Відхилення (експ.-розр.) відносне, %	-51,3	-9,2	16,8	9,1
Рідка фаза тіста - кефір				
Борошно рисове	9,64	0,31	23,15	4,24
Борошно кукурудзяне	7,02	0,39	38,59	4,29
Суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30 експеримент	8,69	0,30	29,10	4,16
Суміш Б _{рис} /Б _{кук} 70/30 - розрахунок	8,85	0,33	27,78	4,26
Відхилення (експ.-розр.) абсолютне	-0,2	0,0	1,3	-0,1
Відхилення (експ.-розр.) відносне, %	-1,9	-11,3	4,5	-2,3

Таку різницю можна пояснити, аналізуючи дані з рис. 4-5, на яких наведено криві ММР для тіста з окремого виду борошна на воді та на кефірі, а також крива ММР власне білків кефіру.

Як видно, за додавання кефіру в тісто з Б_{рис} пік 1 (рис. 4, в) помітно зменшується, а в тісто з Б_{кук}, навпаки, зростає (піки 1 та 2 - рис. 5, в).

Очевидно, більшою мірою відбувається взаємодія між білками борошна та кефіру (які знаходяться в добре гідратованому стані), ніж між білками різних видів борошна (які потрапляють в тісто в сухому вигляді і потребують певного часу для гідратації, що полегшує міжмолекулярні взаємодії у білкових макромолекулах).

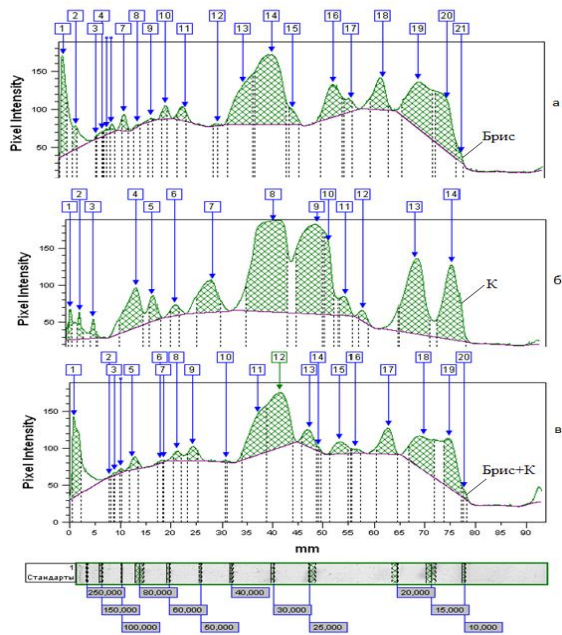


Рис. 4. Криві ММР зразків: а - тісто з борошна рисового (Брис) на воді; б- кефір (К); в - тісто з Брис на кефірі (Брис+К).

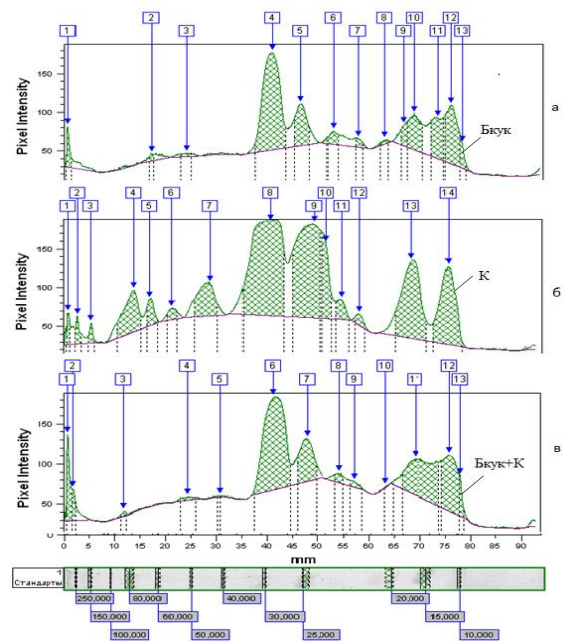


Рис. 5. Криві ММР зразків: а - тісто з борошна кукурудзяного (Бкук) на воді; б - кефір (К); в - тісто з Бкук на кефірі (Бкук+К).

Як підтверджують дані, наведені в табл. 3, загальний вміст азоту в тісті на кефірі є вищим, що пояснюється наявністю додаткової кількості молочних білків у тісті. При цьому відхилення щодо загальної кількості білкового азоту у зразках тіста з борошняної суміші практично не змінюється (знаходиться в межах допустимої похибки).

Таблиця 3

Вміст азоту в зразках тіста з різною борошняною сировиною та рідкою фазою

Зразок	Вміст азоту, мг/г матеріалу,		
	загального	білкового	залишкового
Рідка фаза тіста - вода			
Борошно рисове	12,77	12,28	0,49
Борошно кукурудзяне	11,79	11,05	0,74
Суміш Брис/Бкук 70/30 (експеримент)	12,52	11,79	0,74
Суміш Брис/Бкук 70/30 (розрахунок)	12,47	11,91	0,56
Відхилення (експ.-рознр.) абсолютне	0,04	-0,12	0,17
Відхилення (експ.-рознр.) відносне	0,35	-1,03	23,65
Рідка фаза тіста - кефір			
Борошно рисове	16,25	15,43	0,81
Борошно кукурудзяне	15,16	14,08	1,08
Суміш Брис/Бкук 70/30 (експеримент)	15,43	14,62	0,81
Суміш Брис/Бкук 70/30 (розрахунок)	15,92	15,02	0,89
Відхилення (експ.-рознр.) абсолютне	-0,49	-0,40	-0,08
Відхилення (експ.-рознр.) відносне	-3,1	-2,7	-9,1

Висновки. Узагальнюючи вищевикладене, можна ґрунтовно стверджувати, що в тісті з безглютенової борошняної сировини відбуваються

міжмолекулярні взаємодії між макромолекулами різних видів борошна. Якщо в якості рідкої фази тіста застосовувати кефір, який є джерелом добре гідратованих молочних

білків, то взаємодії відбуваються в першу чергу між білками борошна та кефіру. Внаслідок таких взаємодій змінюється молекулярно-масовий розподіл між окремими фракціями білків у тісті з утворенням більш високомолекулярних фракцій.

Власне високомолекулярна фракція білків потребує додаткової уваги та пояснень. Деякі дослідники навіть вважають глютеніни самим важливим детермінантом структури та еластичності тіста, а також якості пшеничного борошна [8].

Подальшими дослідженнями встановлено, що хлібопекарська якість борошна пшеничного має тісний взаємозв'язок із складом субодиноць з молекулярною масою у діапазоні від 90 до 140 kDa, так званих високомолекулярних глютенінів (HMW) [9].

У роботах [10, 11] показано, що для англійських пшениць, а також пшениць з інших країн світу значне покращення хлібопекарських властивостей можна

одержати оптимізацією складу високомолекулярних субодиноць глютеніну. Як свідчать результати наших досліджень, зростає пік близький до 80 kDa (пік 4 зразка $B_{рис}/B_{жук}$ 70/30 %).

Можна припустити, що збільшення частки фракції, подібної високомолекулярним глютенінам пшениці, сприятиме збалансуванню хлібопекарських властивостей безглютенової борошняної сировини у вигляді суміші дослідженого складу.

Така трактовка експериментальних даних дозволяє задовільно пояснити особливості прояву властивостей безглютенового бездріжджового тіста. Якщо висунуті припущення щодо перетворень молекулярно-масового розподілу фракцій білкових макромолекул у присутності добавок є вірними, вони можуть супроводжуватись певними змінами конформаційного стану білків та мають бути підтверджені інфрачервоноспектроскопічним аналізом.

Література

1. Конарев В. Г. Белки пшеницы / В. Г. Конарев. – М.: Колос, 1980. – 351 с.
2. Кретович В.Л. О природе связей в клейковине / Кретович В.Л., Жмакина О.А. // Докл. АН СССР. – 1978. – Т. 238, №4. – С. 985–987.
3. Козьмина Н. П. Биохимия хлебопечения / Н. П. Козьмина. – М.: Пищ. пром-сть, 1978. – 278 с.
4. Сафонова О. М. Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням нетрадиційної борошняної сировини : дис. докт. техн. наук : 05.18.01 / Сафонова Ольга Миколаївна – Київ, 2007. – 302 с.
5. Лобачова Н. Л. Технологія безглютенових хлібобулочних виробів з використанням колагенвмісних білків та трансглютамінази : дис. канд. техн. наук : 05.18.01 / Лобачова Надія Леонідівна – Харків, 2015. – 163 с.
6. Anton, A. A. Hydrocolloids in gluten-free breads: a review / A. A. Anton, S. D. Artfield // International Journal of Food Science and Nutrition. – 2007. – Vol. 59. – P. 11–23.
7. Brites, C. Maize-based gluten-free bread: influence of

References

1. Konarev V. G. Belki pshenitsy / V. G. Konarev. – M.: Kolos, 1980. – 351 s.
2. Kretovich V.L. O prirode svyazey v kleykovine / Kretovich V.L., Zhmakina O.A. // Dokl. AN SSSR. – 1978. – T. 238, №4. – S. 985–987.
3. Koz'mina N. P. Biokhimiya khlebopecheniya / N. P. Koz'mina. – M.: Pishch. prom-st', 1978. – 278 s.
4. Safonova O. M. Naukove obgruntuvannya ta rozroblennya tekhnologiy boroshnyanikh konditers'kikh i khlibopekars'kikh produktiv z vikoristannyam netraditsiynoi boroshnyanoi sirovini : dis. dokt. tekhn. nauk : 05.18.01 / Safonova Ol'ga Mikolaivna – Kiiv, 2007. – 302 s.
5. Lobachova N. L. Tekhnologiya bezglyutenovikh khlibobulochnykh vrobiv z vikoristannyam kolagenvmisnykh bilkiv ta transglyutamínazi : dis. kand. tekhn. nauk : 05.18.01 / Lobachova Nadiya Leonidivna – Kharkiv, 2015. – 163 s.
6. Anton, A. A. Hydrocolloids in gluten-free breads: a review / A. A. Anton, S. D. Artfield // International Journal of Food Science and Nutrition. – 2007. – Vol. 59. – P. 11–23.
7. Brites, C. Maize-based gluten-free bread: influence of

- processing parameters on sensory and instrumental quality / C. Brites, M. J. Trigo, C. Santos, C. Collar, C. M. Rosell // Food and Bioprocess Technology. – 2010. – Vol. 3. – P. 707–715.
8. Bietz J.A., Wall J.S. Identity of high molecular weight gliadin and ethanol – soluble glutenin subunits of wheat: relation to gluten structure // Cereal Chem. – 1980. – Vol. 57, No 2. – P. 415–421.
9. Payne P.J., Holt L.M., Jackson E.A., Law C.N. Wheat storage proteins their genetics and their potential for manipulation by plant breeding // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. – 1984. – Vol. 304. – P. 359–371.
10. Payne P.J., Holt L.M., Krattiger A.F., Carillo J. M. Relationships between seed quality characteristics and HMW glutenin subunit composition determined using wheat grown in Spain // Journal of Cereal Science. – 1988. – Vol. 65, No 7. – P. 229–235.
11. Rogers W.J., Payne P.I., Harinder K. The HMW glutenin subunit and gliadin compositions of German-grown wheat varieties and their relationship with bread-making quality // Plant Breed. – 1989. – No 2. – P. 89–100.

- processing parameters on sensory and instrumental quality / C. Brites, M. J. Trigo, C. Santos, C. Collar, C. M. Rosell // Food and Bioprocess Technology. – 2010. – Vol. 3. – P. 707–715.
8. Bietz J.A., Wall J.S. Identity of high molecular weight gliadin and ethanol – soluble glutenin subunits of wheat: relation to gluten structure // Cereal Chem. – 1980. – Vol. 57, No 2. – P. 415–421.
9. Payne P.J., Holt L.M., Jackson E.A., Law C.N. Wheat storage proteins their genetics and their potential for manipulation by plant breeding // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. – 1984. – Vol. 304. – P. 359–371.
10. Payne P.J., Holt L.M., Krattiger A.F., Carillo J. M. Relationships between seed quality characteristics and HMW glutenin subunit composition determined using wheat grown in Spain // Journal of Cereal Science. – 1988. – Vol. 65, No 7. – P. 229–235.
11. Rogers W.J., Payne P.I., Harinder K. The HMW glutenin subunit and gliadin compositions of German-grown wheat varieties and their relationship with bread-making quality // Plant Breed. – 1989. – No 2. – P. 89–100.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ БЕЛКОВО-ПРОТЕИНАЗНОГО КОМПЛЕКСА БЕЗГЛУТЕНОВОГО ТЕСТА В ПРИСУТСТВИИ МОЛОЧНЫХ БЕЛКОВ

Галясный И.В., Гавриш Т.В., Шанина О.Н.

В работе рассмотрен вопрос о возможных взаимодействиях между белковыми макромолекулами безглютеновых мучного сырья и их смесей на основе данных молекулярно-массового распределения белковых веществ. Проведен сравнительный анализ фракционного состава белков мучного теста с различными видами мучного сырья и жидкой фазы.

Abstract

STUDY THE STATE OF THE PROTEIN COMPLEX GLUTEN-FREE BREAD DOUGH WITH MILK PROTEINS

Haliasnyi I., Gavrish T., Shanina O.

The article describes the impact of possible interactions between the protein macromolecules of gluten-free flours and their mixtures. Based on experimental data, it was counted the molecular weight of various proteins. Also the comparative analysis of changes in the fractional composition of the flour dough proteins with a different liquid phase and different types of flour was carried out.



УДК 664.644.4

ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДУ БОРОШНЯНИХ СУМІШЕЙ У ВИРОБНИЦТВІ БЕЗГЛУТЕНОВИХ ПРОДУКТІВ

Шанина О.М., д.т.н., проф., Мінченко С.М.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

В статті досліджено вплив нетрадиційних видів сировини на біологічну цінність безглютенових парових хлібців. Встановлено збільшення вмісту лімітуючих амінокислот та зростання коефіцієнтів утилітарності білка та збалансованості білка, а також індексу якості.

Постановка задачі. Створення широкого асортименту сучасних збагачених продуктів для корекції харчування населення є актуальною задачею усіх галузей харчової промисловості. Але першочерговим це завдання є для зернопереробної галузі, оскільки її продукція відіграє базисну роль харчового раціону практично всіх верств населення нашої планети. З цією метою розроблені рецептури і технології отримання хлібобулочних і макаронних виробів підвищеної харчової цінності, харчових концентратів, штучних крупів, сухих сніданків, консервів та інших продуктів, широко розповсюджених в масовому харчуванні та тих, що відповідають вимогам харчування населення з специфічними потребами.

Збільшення захворюваності населення пов'язаного з порушеннями функціонування шлунково-кишкового тракту, до якого відносяться в основному целиакія, дисбактеріоз та ожиріння в основному спричинене деформацією харчових раціонів.

Останні спостереження дієтологів вказують на їх дефіцитність щодо білків, харчових волокон, вітамінів та мінералів [1].

Спрямованість зусиль вітчизняних науковців на розширення асортименту збагачених зернових продуктів зумовлена їх популярністю серед населення України, харчовими звичками, широким використанням в національній кухні та доступною ціною. Вирішення даної задачі при одночасному забезпеченні високих органолептичних показників якості та низької вартості дозволить вирішити низку проблем, пов'язаних зі здоровим харчуванням населення [2, 3].

При розробленні рецептур лікувально-профілактичних виробів необхідно враховувати не тільки медико-біологічні, але й технологічні аспекти їх виробництва. Безглютенові продукти харчування призначені людям хворих на целиакію, що спричинене алергічною реакцією організму на α -гліадин, що виявляється у подразненні слизової оболонки тонкого кишечника. Внаслідок таких