

## THE DEFINITION OF THE QUALITY INDICATORS OF ALBUMINE PASTE WITH POTATO CELLULOSE

O. Grek, O. Onopriichuk, A. Tymchuk, K. Ovsienko

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Albumin paste with potato cellulose "Potex"  
Potato cellulose "Potex"  
Method of experimental-statistical modeling*

**Article history:**

Received 14.11.2017  
Received in revised form 30.11.2017  
Accepted 15.12.2017

**Corresponding author:**

O. Grek  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The possibility of forecasting of the quality indicators of albumin paste with dietary fiber concentrate — potato cellulose (PC) is substantiated during storage "Potex", as a regulator of moisture mass fraction. A composition of the mixture and the peculiarities of preparation of potato cellulose «Potex» are given for the effective introduction into albumin mass. Quality indicators of paste sample were determined during 3 days of storage in laboratory conditions using commonly used research methods. We applied a method of experimental-statistical modeling using the program STATISTICA for the mathematical description of the changes of water-retaining capacity, active acidity (pH) and moisture mass fraction of the albumin paste with PC. The obtained mathematical models can be used for prediction of changes of the parameters of albumin paste with potato cellulose "Potex" during a determined storage period at a temperature  $(4\pm 2)$  °C depending on the initial values — the amount and the moisture mass fraction of the protein base, the ratio of dietary fiber concentrate and serum, which gives the ability to get a qualitative product with the given indicators.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-6-19

---

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ АЛЬБУМІННОЇ ПАСТИ З КЛІТКОВИНОЮ

О.В. Грек, О.О. Онопрійчук, А.В. Тимчук, К.В. Овсієнко

*Національний університет харчових технологій*

*У статті обґрунтовано можливість прогнозування протягом зберігання показників якості альбумінної пасти з концентратом харчових волокон — картопляною клітковиною (КК) «Potex» як регулятора масової частки вологи. Наведено склад суміші та особливості підготовки картопляної клітковини «Potex» для ефективного внесення в альбумінну масу. З використанням загальноприйнятих методів досліджень визначено показники якості зразків пасти протягом трьох діб зберігання в лабораторних умовах. Для математичного опису змін вологоутримувальної здатності, активної кислотності (pH) та масової частки вологи альбумінної пасти з КК застосовували метод експериментально-статистичного моделювання з використанням*

програми STATISTIKA. Отримані математичні моделі доцільно використовувати для прогнозування зміни показників альбумінної пасти з картопляною клітковиною «Potex» протягом визначеного терміну зберігання за температури  $4\pm 2^\circ\text{C}$  залежно від вихідних значень — кількості та масової частки вологи білкової основи, співвідношення концентрату харчових волокон і сироватки, що дає змогу отримати якісний продукт із заданими показниками.

**Ключові слова:** альбумінна паста з картопляною клітковиною «Potex», картопляна клітковина «Potex», метод експериментально-статистичного моделювання.

**Постановка проблеми.** Переробка молочної сироватки залишається актуальним напрямом, пов'язаним з виробництвом комбінованих продуктів на основі білкових концентратів зі складовими рослинного походження.

Згідно з нормативною документацією (ГУ 9224-062-04610209-2002), альбумін із підсирної сироватки виготовляють способом термокислотної коагуляції. Отриманий білковий концентрат використовують як рецептурний компонент при виробництві різних продуктів (сиркових виробів, плавлених сирів тощо). Враховуючи принципи ресурсозаощадження та харчової комбінаторики, для збагачення молочних продуктів і регулювання якісних показників доцільно використовувати інгредієнти рослинного походження, безпечні для здоров'я людей і сумісні з молочною основою в максимальних кількостях.

Альбумінна маса (АМ) є біологічно повноцінним продуктом за рахунок осадження сироваткових білків, які не підлягають сичужному зсіданню і майже повністю переходять із молока в сироватку. Білкова частина альбумінової маси містить у своєму складі лактоальбумінові ( $\alpha$  і  $\beta$ ), альбумінну, імуноглобулінову, протеозо-пептонну фракції. В-лактоглобулін, на частку якого припадає близько 50% загального вмісту сироваткових білків, включає 162 залишки амінокислот, дві внутрішньомолекулярні дисульфідні зв'язки і одну вільну сульфгідрильну (тіольну) групу залишку цистеїну, тому білок легко утворює димери і полімери. Первинна структура  $\beta$ -лактоглобуліну а також його вторинна структура, представлена в кількості близько 15%  $\alpha$ -спіральної ділянок,  $\beta$ -конформацією і неупорядкованою структурою [1]. Все це зумовлює високу біологічну цінність альбумінної маси, використання якої як білкової основи при розробці продуктів як спеціального, так і профілактичного призначення дасть змогу розширити існуючий асортиментний ряд, збільшити ресурси для повноцінних харчових продуктів [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Актуальним є використання в складі пасти на основі альбуміну концентратів харчових волокон (ХВ) з широким спектром дії для регулювання якісних показників.

Роль в організмі харчових волокон полягає в забезпеченні відчуття насиченості під час прийому їжі, створенні необхідних умов для функціонування нормальної мікрофлори кишківника, стимулюванні виведення холестерину, зменшенні та затримці всмоктування глюкози, що досить суттєво для хворих на цукровий діабет, підтриманні водно-сольового обміну, виведенні з орга-

нізму важких металів завдяки гарним сорбційним властивостям тощо. Оптимальне споживання харчових волокон на добу складає 40...70 г [3; 4].

Сучасні принципи використання в молочних продуктах нетрадиційних складових рослинного походження з поліфункціональними властивостями можуть бути реалізовані шляхом розроблення технології виробництва альбумінної пасти з картопляною клітковиною (КК) — білкової продукції з прогнозованими кількісними і якісними показниками за визначених умов і терміну зберігання.

**Мета дослідження:** використовуючи можливості математичного моделювання, спрогнозувати якісні показники альбумінної пасти з концентратом харчових волокон — картопляною клітковиною «Potex» протягом нормативного терміну зберігання.

**Викладення основних результатів дослідження.** Альбумінна маса, яку отримували в лабораторних умовах з підсирної сироватки з активною кислотністю 4,4...4,6 од. рН способом термокислотної коагуляції протягом  $(90 \pm 2)$  хв за температури  $(95 \pm 2)$  °С, мала масову частку води від 78 до 83%, титровану кислотність —  $(95 \pm 5)$  °Т. Згідно з нормативною документацією, термін придатності альбумінної маси — не більше 3 діб за температури  $(4 \pm 2)$  °С та відносній вологості повітря не вище 80%. Ці умови були дотримані при дослідженні зразків альбумінної пасти з картопляною клітковиною «Potex». Остання має поліфункціональні властивості — одночасно збагачує та впливає на якісні показники виробів. Згідно з даними виробника, КК «Potex» має таку характеристику: вміст харчових волокон (геміцелюлоза, пектин, целюлоза, лігнін та ін.) — не менше 70%, масова частка води — не більше 14%, активна кислотність 10-відсоткової суспензії на рівні 7...9 од. рН, водопоглинальна здатність — 9,7...11,5 г/г сухого продукту. Перевагою «Potex» є менший вміст фітинової кислоти, яка не погіршує засвоєння мінеральних речовин організмом людини [5].

Картопляна клітковина — побічний продукт виробництва крохмалю, який виготовляють із клітинних стінок картоплі. Це дисперсний порошок світло-сірого кольору грубого помелу (з розміром часток менше 1 мм) з нейтральним смаком і запахом, підвищеними водопоглинальними властивостями, стійкий до дії високих температур. Хімічний склад клітковини «Potex» наведено на рис. 1 [6].



**Рис. 1. Хімічний склад картопляної клітковини «Potex»**

## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Крім того, вміст фосфору складає 60,0 мг/100 г, а калію — 1200,0 мг/100 г. Мікробіологічні показники та вміст іонів важких металів у картопляній клітковині «Potex», згідно з інформацією виробника, наведено в таблиці.

**Таблиця. Мікробіологічні показники та вміст іонів важких металів у картопляній клітковині «Potex»**

| Найменування показника                           | Норма             |
|--|-------------------|
| <i>Мікробіологічні показники, од/гр</i>          |                   |
| Загальна кількість колоній NMKL NR 86 2006 ed 4  | <50 000           |
| Аеробні спори                                    | <5 000            |
| Коліформ-бактерія NMKL NR 44 2004 ed.6           | <20               |
| Presum Bacillus Cereus NMKL NR 67 ed. 6/ 2010    | <1 000            |
| Дріжджі NMKL NR 98 2005 ed. 4                    | <1 000            |
| Плісень NMKL NR 98 2005 ed. 4                    | <1 000            |
| Escherichia coli NMKL no 125 ed 4 2005           | <10               |
| Аеробний стафілокок NMKL 66 2009                 | <100              |
| Сальмонела відсутня в 25 g Rapid Salm Short Prot | <0                |
| КМАФАМ, КУО/1 г                                  | $5 \cdot 10^4$    |
| Плісняві гриби, КУО/1 г                          | 50                |
| Патогенні мікроорганізми (сальмонели), в 25 г    | не допускається   |
| Афлатоксини                                      |                   |
| БГКП (колі форми) в 0,1 г                        |                   |
| <i>Токсичні елементи, мг/кг, не більше</i>       |                   |
| Pb/Cd/Hg   | 0,1/0,1/0,1       |
| As/Cu/Zn/As                                      | 0,5/10,0/30,0/0,1 |
| <i>Радіонукліди, Бк/кг</i>                       |                   |
| Cs — 137/ Sr — 90                                | 150/50            |

Харчова та енергетична цінність 100 г «Potex» становить 221 ккал і 905 кДж відповідно. Клітковина зберігається в чистому сухому місці за температури  $18 \pm 2^\circ \text{C}$ , не більше 4 років [7].

Картопляна клітковина широко застосовується як поліфункціональний інгредієнт у таких галузях, як м'ясопереробна, хлібопекарська, кондитерська тощо [8; 9]. Переваги застосування пов'язані передусім зі здатністю «Potex» зв'язувати воду та жир. При кімнатній температурі та слабкому перемішуванні картопляна клітковина зв'язує воду (1:(12...13)) та жир (1:(4...5)). При нагріванні відбувається додаткове зв'язування вологи, а отже, ущільнення структури кінцевого продукту. Клітковина має нейтральний смак і запах, витримує низькі показники активної кислотності (pH).

Доцільно вказати на узагальнені функціональні властивості КК «Potex», що є суттєвими для застосування цього інгредієнту в молочній галузі:

- швидка абсорбція води (залежно від зовнішніх умов);
- запобігання синерезису;
- стійкість до низьких показників рН і термічної обробки, в т. ч. заморожування;
- здатність поглинати жир, розчинний у воді;

- зв'язування суміші жиру та води або їх емульсії;
- запобігання розшаруванню та виділенню жиру з продукту;
- синергічний ефект від застосування клітковини з іншими інгредієнтами (клітковина з крохмалем та/або поліфосфатом);
- заміна інших інгредієнтів (оптимізація витрат);
- заміна алергенних компонентів;
- регулювання реологічних показників продукту;
- стійкість до високого вмісту солі;
- збільшення виходу продукту;
- зменшення виділення води у вакуумних упаковках (запобігання каплетворенню у вакуумній упаковці);
- зменшення втрат при термічній обробці (обжарюванні);
- забезпечення рівномірного розподілу жиру в продукті та стійкості емульсії;
- стабілізація форми [10].

Вищезазначені характеристики дають можливість використовувати картопляну клітковину «Potex» для поєднання з альбумінною масою для регулювання (утримання) вологи.

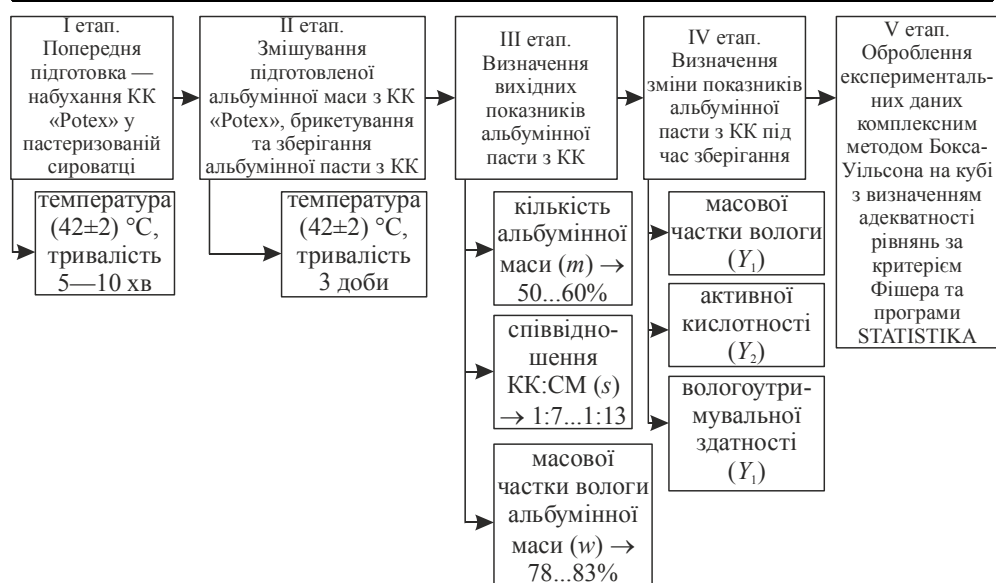
Попередню підготовку — набухання КК проводили в молочній сироватці з рН — 5,3; масовою часткою сухих речовин — 6,5%; лактозою — 4,6%; білком — 1,3 %; золою — 0,6%. З метою знищення сторонньої мікрофлори застосовували пастеризацію за температури (74±2) °С з витримкою 15—20 с.

Органолептичними дослідженнями обмежено кількість внесення концентрату харчових волокон «Potex» в альбумінну масу на рівні 4...5%. Такі зразки мали однорідну, пластичну консистенцію, смак і запах, притаманний альбуміну з ледь відчутним присмаком КК. Додавання КК менше 3% недоцільно з точки зору фізіологічного впливу на організм людини, а внесення «Potex» більше 6% призвело до набуття грубої, щільної консистенції із занадто вираженим запахом клітковини. Для попередньої підготовки КК використовували набухання протягом 5...10 хв у пастеризованій сироватці, охолодженій до (42±2) °С та взятій у співвідношенні до КК як 10:1 перед внесенням в альбумінну масу для забезпечення сталих показників по волозі.

У дослідних зразках альбумінної пасти з КК визначали масову частку вологи методом висушування до постійної маси за температури (102±2) °С, активну кислотність на універсальному іонімірі ЭВ-74, вологоутримувальну здатність — гравіметричним методом Грау-Хамма в модифікації А.А. Алексеева [11].

Для прогнозування інтенсивності змін вищезазначених показників протягом зберігання альбумінної пасти з КК було проведено декілька етапів підготовчих та основних експериментальних досліджень (рис. 2).

Визначення функціональних залежностей показників альбумінної пасти з КК проведено методом найменших квадратів. Для аналізу значущості коефіцієнтів рівняння регресії за допомогою прикладного програмного забезпечення була визначена адекватність рівнянь за критерієм Фішера ( $F_p$ ). Для визначення функціональної залежності, яка найбільш точно відтворює зміну показників, знайдено коефіцієнт достовірності апроксимації ( $R^2$ ) кожної функції.



**Рис. 2. Етапи експериментально-статистичних досліджень**

За допомогою математично-статистичного оброблення експериментальних даних отримані рівняння регресії для характеристики альбумінної пасти з КК на початку зберігання (формули 5—7) та протягом 3 діб (формули 8—10):

$$Y_{1(W1)} = 74,64 + 0,14x_1 + 1,32x_2 + 1,81x_3 + 0,41x_1x_2 + 0,29x_1x_3 \quad (5)$$

$$B_{кр i} = 0,383, B_{кр 2} = 0,761, B_{ij} = 0,421, F_r = 0,399$$

$$Y_{2(pH1)} = 4,99 + 0,007x_1 + 0,01x_2 - 0,012x_3 \quad (6)$$

$$B_{кр i} = 0,006, B_{кр 2} = 0,012, B_{ij} = 0,008, F_r = 0,475$$

$$Y_{3(BV31)} = 55,04 + 6,05x_1 + 2,5x_2 - 5,38x_3 - 0,33x_1x_3 - 0,4x_2x_3 + 0,61x_3^2 \quad (7)$$

$$B_{кр i} = 0,012, B_{кр 2} = 0,03, F_r = 0,174$$

$$Y_{1(W2)} = 64,38 + 1,08x_1 + 2,52x_2 + 3,02x_3 - 0,89x_1^2 + 0,87x_2^2 + 0,62x_3^2 \quad (8)$$

$$B_{кр i} = 0,015, B_{кр 2} = 0,032, B_{ij} = 0,019, F_r = 0,768$$

$$Y_{2(pH2)} = 4,65 + 0,01x_1 + 0,02x_2 \quad (9)$$

$$B_{кр i} = 0,008, B_{кр 2} = 0,016, B_{ij} = 0,007, F_r = 0,029$$

$$Y_{3(BV32)} = 67,7 - 0,48x_1 - 2,22x_2 - 2,07x_3 + 0,55x_1x_2 + 0,34x_1x_3 + 0,73x_2x_3 + 0,49x_3^2 \quad (10)$$

$$B_{кр i} = 0,022, B_{кр 2} = 0,044, F_r = 0,377.$$

Для вище наведених рівнянь виконується умова  $F_p < F_m$ , що дає змогу зробити висновок про адекватність отриманих рівнянь дійсному стану процесу.

Отримано математичні моделі змін показників альбумінної пасти з КК від кількості альбумінової основи ( $m$ ), співвідношення (КК:СМ) ( $s$ ), масової частки вологи альбуміну ( $w$ ) методом обертових координат (Розенброка), що є емпіричними формулами для апроксимації експериментальних даних на початку зберігання (формули 11, 13, 15) та протягом 3 діб (формули 12, 14, 16).

$$Y_{1(MЧВ1)} = 53,31 \cdot \frac{w^{0,1}}{m^{0,32} \cdot s^{0,061}}, R^2 = 0,975\%. \quad (11)$$

$$Y_{1(MЧВ2)} = 27,01 \cdot \frac{s^{0,04}}{m^{0,13} \cdot w^{1,9}}, R^2 = 0,996\%. \quad (12)$$

$$Y_{2(pH1)} = 5,20 \cdot \frac{1}{w^{0,012} \cdot s^{0,02}}, R^2 = 0,968. \quad (13)$$

$$Y_{2(pH2)} = 5,15 \cdot \frac{m^{0,002}}{w^{0,013} \cdot s^{0,002}}, R^2 = 0,984. \quad (14)$$

$$Y_{3(BV31)} = 53,03 \cdot \frac{w^{0,019} \cdot s^{0,04}}{m^{0,2}}, R^2 = 0,978\%. \quad (15)$$

$$Y_{3(BV32)} = 69,58 \cdot \frac{w^{0,18}}{m^{0,11} \cdot s^{0,042}}, R^2 = 0,972. \quad (16)$$

Аналіз математичних моделей (формули 15—16) та зміни вологоутримувальної здатності альбумінної пасти з КК протягом усього терміну зберігання свідчить, що цей показник знаходиться в обернено пропорційній залежності від співвідношення компонентів КК:СМ. Зниження масової частки вологи альбумінної маси (78%) та збільшення співвідношення КК:СМ (1:13) сприяє підвищенню вологоутримувальної здатності альбумінної пасти з КК на початку зберігання та зростає в середньому в 1,31 раза порівняно з контролем і набуває пікових значень при гранично низькій масовій частці вологи (78%) і співвідношенні КК:СМ (1:7), що відповідає вмісту концентрату «Potex» в альбумінній пасти на рівні 4,98%. Ймовірно, це пов'язано з багатокомпонентністю КК — складного комплексу біополімерів лінійної і розгалуженої структури з гідроксильними (целюлоза, геміцелюлоза), фенольними (лігнін), карбоксильними групами (геміцелюлоза, пектинові речовини), які з часом підсилюють водневі зв'язки та здатність сорбувати воду й інші полярні молекули та іони, внаслідок чого зростає вологоутримувальна здатність.

Графічна інтерпретація змін масової частки вологи (а) та активної кислотності (б) альбумінної пасти з КК протягом трьох діб зберігання залежно від кількості ( $m$ ) і масової частки вологи альбуміну ( $w$ ) та співвідношення компонентів КК:СМ ( $s$ ) представлено на рис. 3.

Відповідно до одержаних математичних моделей (формули 11—12, 15—16) та поверхонь відгуку (рис. 3), встановлено, що більший вплив на зміну показників пасти з КК під час зберігання має вміст вологи альбумінної маси порівняно зі співвідношенням компонентів в композиції КК:СМ. Очевидно, що максимальні значення масової частки вологи пасти з КК можливо отримати

при вологості альбумінної маси 83 % та співвідношенні 1:13. В абсолютних значеннях це відповідає 4,53 % КК в суміші з альбуміном, тоді як мінімальні при 78% та співвідношенні 1:7, що відповідає вмісту «Potex» в суміші з сироватковими білками, 4,98%. Доведено, що при зміні співвідношення КК:СМ від 1:13 до 1:7 зменшується кількість вільної води в пасти з КК на 8,92%. Даний позитивний ефект дає змогу скоротити тривалість технологічної операції самопресування та збільшити вихід альбумінної маси.

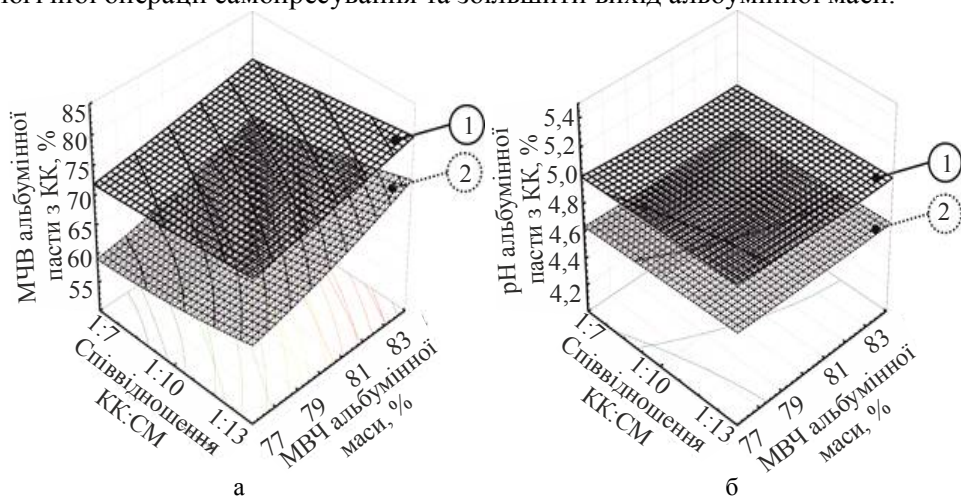


Рис. 3. Поверхні відгуку змін масової частки води (а) та активної кислотності (б) альбумінної пасти з картопляною клітковиною «Potex» на початку зберігання (1) та на 3 добу (2)

Встановлено вплив картопляної клітковини «Potex» (КК) на активну кислотність досліджених зразків (формули 13—14) — середнє значення даного показника насамперед залежить від рН альбуміну. Під час зберігання значення рН змінюється в межах  $(1,0 \pm 0,1)\%$ , що не перевищує граничні відхилення досліджень.

### Висновки

Цикл комплексних досліджень з використанням методів експериментально-статистичного моделювання, розробленням ряду математичних моделей та аналізу візуалізації дає можливість обирати співвідношення складових для альбумінної пасти з КК «Potex» залежно від їх вихідних показників (кількості та води альбумінної маси, співвідношенні компонентів КК:СМ) для забезпечення мінімальних змін показників при зберіганні за умов, передбачених нормативними документами для такого виду продуктів — не більше 3 діб за температури  $(4 \pm 2)^\circ \text{C}$ . Експериментально визначено і теоретично підтверджено, що кількість внесення картопляної клітковини «Potex» до альбумінної маси становить  $(4,5 \dots 5,0)\%$ .

### Література

1. Adjonu R., Doran G., Torley P., Agboola S., 2014. Whey protein peptides as components of nanoemulsions: A review of emulsify in food biological functionalities // Journal of Food Engineering. — Volume 122, February. — P. 15—27.



2. Santos M.J., Teixeira J.A., Rodrigues L.R. 2012. Fractionation of the major whey proteins and isolation of  $\beta$ -Lactoglobulin variants by anion exchange chromatography // Separation and Purification Technology. — Volume 90, 27 April. — P. 133—139.
3. Використання харчових волокон при виробництві рисового корпусу для коекструзійних продуктів / О.В. Запотоцька, А.І. Бур'ян, А.В. Шаран, В.М. Ковбаса. // Ukrainian Food Journal. — 2012. — С. 27—30.
4. Delcour J., Poutanen K. Fibre-Rich and Wholegrain Foods // Improving Quality. — 2013. — P. 496.
5. Використання картопляної дієтичної харчової клітковини в хлібопеченні / Ю.С. Шевчук, І.В. Якимчук, А.М. Грищенко // Програма і матеріали 78-ї міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді — вирішення проблем харчування людства у XXI столітті», 2—3 квітня 2012 р. — Київ : НУХТ, 2012. — Ч. 1. — С. 79—80.
6. Висновок санітарно-епідеміологічної експертизи №05.03.02-03/61827 від 07.10.2014 р., виробник. — «Lyskeby Starch AB» Швеція.
7. Paturi G., Nyanhanda T. Effects of Potato Fiber and Potato-Resistant Starch on Biomarkers of Colonic Health in Rats Fed Diets Containing Red Meat / G. Paturi, T. Nyanhanda, A. Christine Butts, T. Herath, J. Monro, J. Ansel // Journal of Food Science. — 2012. — Vol. 77, # 10. — P. 216—223.
8. Прянишников В.В. Производство мясных полуфабрикатов по инновационным технологиям / В.В. Прянишников, Т.М. Гиро, Н.И. Семикопенко // Молодой ученый. — 2014. — № 12. — С. 95—98.
9. Дробот. В. Картопляні пластівці у хлібобулочних виробках / В. Дробот, О. Білик, Н. Савчук // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. — 2009. — № 07—08 (56—57). — С. 43—44.
10. Kaack K. New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread / K. Kaack, L. Pedersen // Eur Food Res Technol. — 2005. — P. 200—207.
11. Лабораторный практикум по технологии молока и молочных продуктов / И.С. Хамагаева, Р.А. Васильева, Г.Б. Лев и др. — Улан-Удэ. : Изд-во ВСГТУ, 2000. — С. 47—48.