

РОЗДІЛ III. ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 664.788

DOI: 10.25140/2411-5363-2021-1(23)-128-134

Крістіна Белінська

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ НАБУХАННЯ ЕКСТРУДАТИВ, РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНЦЕНТРАТИВ ДЛЯ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ

Досліджено кінетику набухання екструдатів у різних видах молока, вплив екструдатів на реологічні властивості каш та здатність їх до перетравлювання. З'ясовано, що процес набухання екструдатів у кобилячому молоці проходить більш інтенсивно, ніж у коров'ячому. Встановлено, що з підвищенням напружень зсуву в'язкість дослідних систем знижується. Руїнування структури відбувається за порівняно низьких напружень зсуву (700...750 Па). Зростання напружень призводить до утворення практично повністю зруйнованої структури дослідних систем, що характеризується сталим значенням ефективної в'язкості.

Ключові слова: каші; екструдати; кобиляче молоко; кінетика набухання; в'язкість.

Табл.: 1. Рис.: 5. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. Потреба створення адаптованих продуктів для харчування дітей першого року життя сьогодні є нагальною. Як відомо, найкращою їжею для дітей грудного віку (від народження до 1 року) є материнське молоко. Вводити прикорм педіатри рекомендують лише у віці 6 місяців. Першим прикормом зазвичай є злакові молочні каші. Оскільки в Україні та і в багатьох країнах світу молочні дитячі кухні не функціонують, то найкращим харчуванням є сухі молочні каші, що не потребують варіння, а лише відновлюються теплою водою.

Згідно з нормативними документами [1] для харчування дітей віком від 6 місяців слід застосовувати каші, в яких вміст зернової сировини має становити не менше 25 %. В Україні працює лише одне підприємство – Хорольський молококонсервний комбінат дитячих продуктів, який виготовляє дитяче харчування для дітей віком до 1 року. Проте продукція цього підприємства, зокрема та, що містить зернову сировину, не відповідає вимогам щодо обов'язкового складу продуктів для дитячого харчування. Оскільки підприємство випускає продукт, який містить 12 % зернової сировини і рекомендує його до споживання з чотирьох місяців.

Згідно з традиційними технологіями як зернову сировину використовують сухі відвари круп та дієтичне борошно. Нині прогресивною технологією є використання екструдованого борошна. Його використання дає можливість отримати високозасвоюваний та швидкокорозчинний продукт [2].

Постановка проблеми. Для харчування дітей грудного віку в Україні виготовляються продукти лише на основі коров'ячого молока. За різними оцінками кількість дітей, що страждають на алергію до білків коров'ячого молока, становить 2–7,5 % [3]. Поява харчової алергії у 65 % дітей спостерігається у віці до 1 року [4].

Коров'яче молоко як основа продуктів для дитячого харчування має суттєві недоліки, порівняно з жіночим молоком, яке є ідеальним харчуванням для дітей грудного віку.

У коров'ячому молоці переважає казеїн (близько 80 %), в жіночому молоці, що належить до альбумінового типу, – сироваткові білки (близько 65 %). Основним сироватковим білком коров'ячого молока є β -лактоглобулін, жіночого молока – α -лактальбумін та імуноглобуліни [5]. Казеїн та β -лактоглобулін є основними алергенами молока, тоді як імуноглобуліни виконують захисну функцію в організмі дитини.

Авторами [4] з'ясовано, що алергія на білок коров'ячого молока стала проблемою охорони здоров'я в усьому світі та впливає на здоров'я 8 % дітей.

Саме тому сьогодні є актуальними розробки нових продуктів для харчування дітей грудного віку, які знизять чи взагалі виключать ризик виникнення алергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує багато праць, в яких автори стверджують про користь кобилячого молока для дітей віком до 1 року і відсутність алергічної реакції при його вживанні [6; 7].

Досліджували екструдати, зокрема в технології продуктів дитячого харчування, такі науковці, як О. Ромашко, В. Ковбаса, Л. Махинько, О. Кобилінська [8].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Незважаючи на численні дослідження, багато питань залишаються невирішеними. Відсутні дослідження та розробки сухих молочних каш для дитячого харчування на основі кобилячого молока. Також відсутні дані щодо досліджень та розробок екструдатів з молочною основою.

Постановка завдання. Для вирішення недосліджених проблем необхідним є проведення досліджень поведінки екструдатів у різних відновниках. При відновленні молочно-борошняних каш водою передусім розчиняється сухе молоко, після чого починається набухання екструдатів. Таким чином, набухання екструдатів більшою мірою відбувається у відновленому молоці, а не у воді [9]. Тому завданням є дослідити кінетику набухання екструдатів у кобилячому та коров'ячому молоці.

Оскільки хімічний склад молока кобилячого та коров'ячого молока відрізняється, а також є відмінності у хімічному складі екструдатів, то необхідним є проведення дослідження з визначення в'язкості готових каш.

Зважаючи на те, що розроблені продукти призначені для дитячого харчування, необхідним є проведення досліджень здатності молочно-борошняних каш до перетравлювання в умовах *in vitro*.

Виклад основного матеріалу. У дослідженнях використовували сухе кобиляче молоко та сухе коров'яче молоко, отримане на напівпромисловій розпилювальній сушарці «Ниро-Атомайзер» з робочим об'ємом камери 0,9 м³ і продуктивністю за випареною вологою до 5,0 кг/год. Сушіння відбувалося за таких параметрів: швидкість руху сушильного агента – 0,5 м/с, відносна вологість сушильного агента – 25 %, розмір крапель розпиленого продукту – 40...50 мкм, масова частка сухих речовин в продукті 40-43 %. Сушіння кобилячого молока проводили за температури сушильного агента 140-150 °С, коров'ячого молока – 160-170 °С. Сухе кобиляче молоко відповідало вимогам ГОСТ Р 52975-2008, коров'яче молоко – ДСТУ 4273:2003. Борошно екструдоване використовували виробництва Вінницької харчосмакової фабрики, хімічний склад якого представлено в таблиці.

Таблиця 1. Хімічний склад екструдованого борошна

Борошно екструдоване	Масова частка білків, %	Масова частка жирів, %	Масова частка вуглеводів, %
Рисове	7,1	1,0	82,1
Гречане	14,0	1,8	74,1
Кукурудзяне	1,9	12,6	78,0

Для відновлення молока використовували воду температурою 37 °С, оскільки при такій температурі рекомендується відновлювати готовий продукт. Результати досліджень залежності ступеня набухання від тривалості взаємодії з відновником представлені на рис. 1-3.

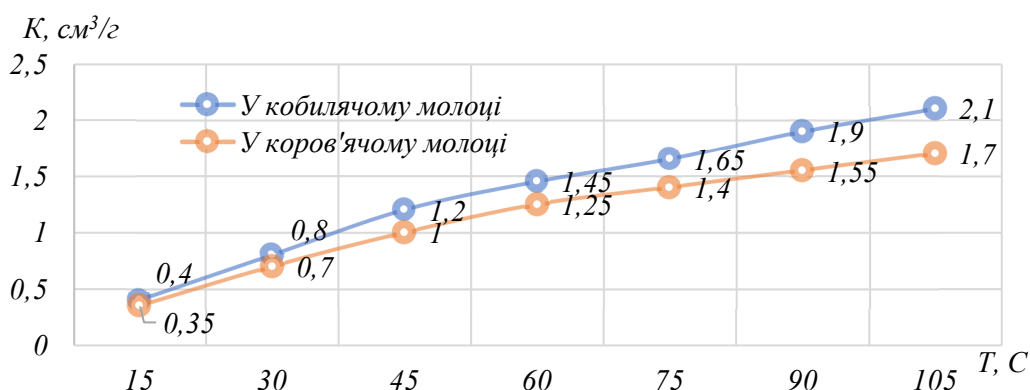


Рис. 1. Криві кінетики набухання екструдованого рисового борошна в різних відновниках ($t = 37^{\circ}\text{C}$)

Процес набухання екструзійних продуктів характеризується складною капілярною конденсацією, обумовленою наявністю в адсорбента дрібних пор – характерних для продуктів екструзії. Розчинник, проникаючи в пори продукту, збільшує його об'єм; потім відбувається безпосередньо процес набухання полімерів, який супроводжується збільшенням об'єму молекул білка та крохмалю.

Ступінь набухання залежить від внутрішньої будови продукту та його хімічного складу. Екструдати являють собою суцільну масу губчатої будови, в якій молекули крохмалю всією поверхнею прилягають до маси коагульованого білка, в зв'язку з чим чітко видимої межі між ними не спостерігається [2].

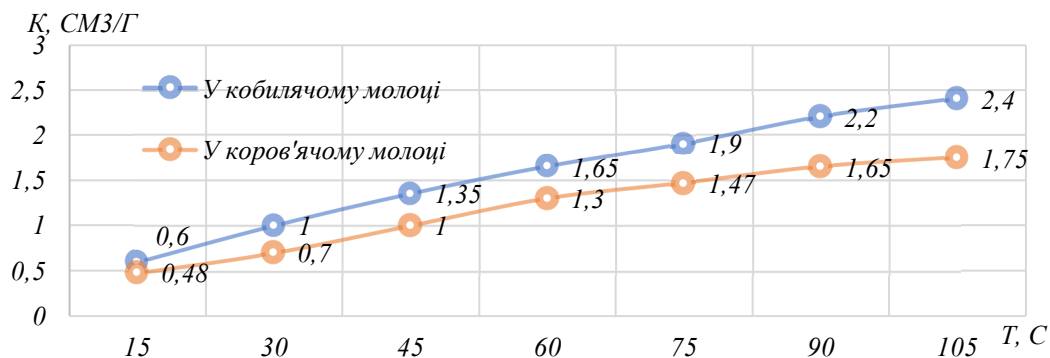


Рис. 2. Криві кінетики набухання екструдованого гречаного борошна в різних відновниках ($t = 37^{\circ}\text{C}$)

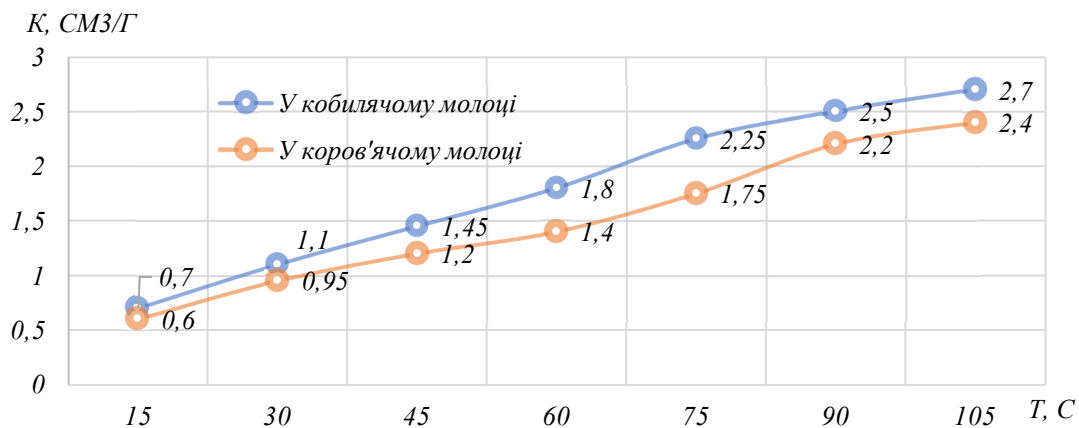


Рис. 3. Криві кінетики набухання екструдованого кукурудзяного борошна у різних відновниках ($t = 37^{\circ}\text{C}$)

З рисунків 1-3 видно, що ступінь набухання екструдованого борошна в кобилячому молоці вищий, ніж у коров'ячому. Ступінь набухання екструдатів рису, гречки та кукурудзи в коров'ячому молоці нижчий на 16, 21 та 15 % відповідно, порівняно з кобилячим молоком. Це пов'язано із вмістом у молоці поверхнево-активних речовин (білків, жирів), що адсорбуються на поверхні продукту, утворюючи захисний шар, і перешкоджають доступу розчинника до продукту, тим самим сповільнюючи процес набухання. Проте чим більше цих поверхнево-активних речовин, тим повільніший процес набухання [2]. Оскільки в кобилячому молоці міститься менша кількість і білків, і жирів, порівняно з коров'ячим молоком, то цим і пояснюється найвищий ступінь набухання в ньому екструдатів.

Отже, проведені дослідження дають можливість передбачити процес відновлення молочно-борошняних каш із різним екструдованим борошном.

Основні реологічні параметри каш досліджувалися на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» з системою коаксіальних циліндрів S/S₂ в діапазоні швидкості деформації 3-1312 с⁻¹. Досліджувалися каші (рисова, кукурудзяна, гречана) на основі сухого кобилячого молока. Як контроль використовувалася каша «Малишка» кукурудзяна, виготовлена на основі сухого коров'ячого молока ТОВ «Хорольським заводом дитячих продуктів харчування».

Результати зміни в'язкості дослідних зразків представлено на рис. 4.

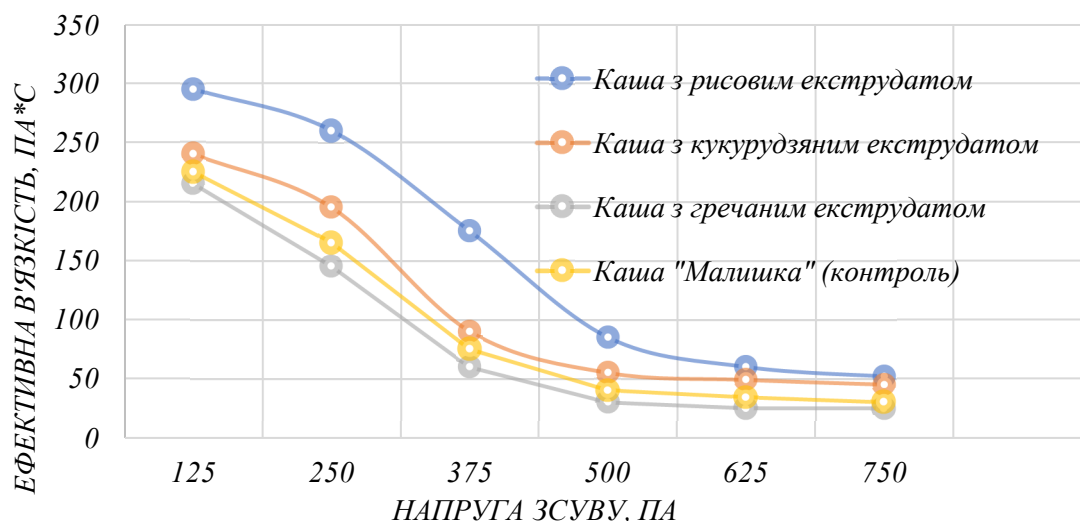


Рис. 4. Залежність в'язкості відновлених молочно-борошняних каш від напружень зсуву

Як видно з кривих руйнування структури дисперсій, структурно-механічні властивості залежать від кількісного та якісного складу продукту [10]. Для всіх зразків спостерігається подібний характер кривих в'язкості.

Результати дослідження показали, що каша з екструдатом рису в порівнянні з кашами з кукурудзяним і гречаним екструдатами зберігає високу в'язкість, що пояснюється високим вмістом декстринів у рисовому екструдаті.

В'язкість кукурудзяної каші на 6 % вища за в'язкість гречаної каші, що може пояснюватися різним вмістом крохмалю в екструдатах, його природними особливостями, а також ступенем його модифікації при обробленні.

В'язкість каші «Малишка» з гречаним екструдатом на 6,6 % вища, ніж в'язкість досліджуваної нами каші з гречаним екструдатом. Така різниця зумовлена ущільненням структури каші «Малишка», оскільки її складі міститься вдвічі більше борошна.

Отже, встановлено, що з підвищенням напружень зсуву в'язкість дослідних систем знижується. Руйнування структури відбувається за відносно низьких напружень зсуву (700...750 Па). Зростання напружень призводить до утворення практично повністю зруйнованої структури дослідних систем, що характеризується сталим значенням ефективної в'язкості.

Результати дослідження швидкості перетравлення білкових речовин у молочно-борошняних кашах представлено на рис. 5.

Особливістю дитячого організму є те, що при шлунковому травленні, окрім ферментів пепсину і трипсину, виділяється ще фермент ренін.

За результатами дослідження встановлено, що найвищим ступенем перетравлювання характеризується каша з гречаним екструдатом. Найнижчу перетравлюваність білків спостерігаємо в каші «Малишка», в якій за 3 години гідролізу на 22 % менше накопичується амінокислот порівняно з кашею з гречаним екструдатом. У каші з рисовим та кукурудзяним екструдатом накопичення амінокислот на 17 та 11 % відповідно більше, ніж у контролі.

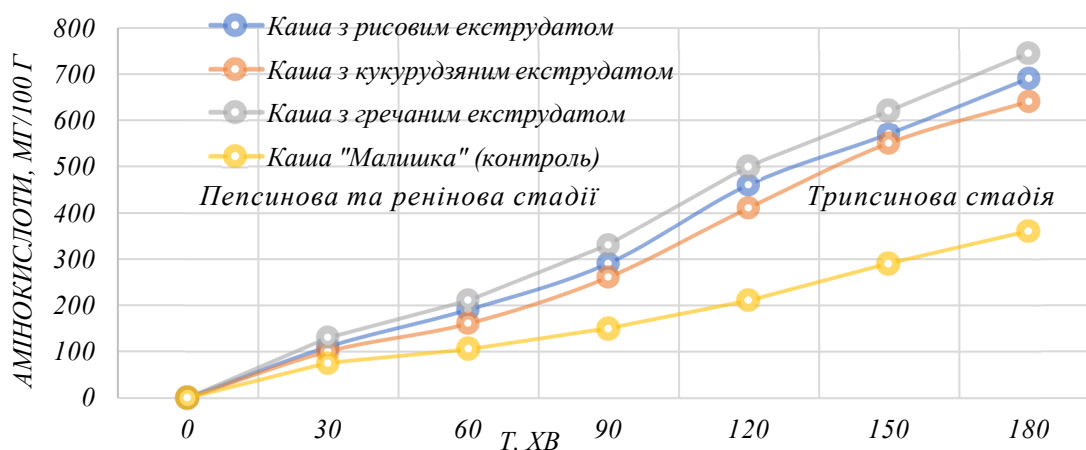


Рис. 5. Здатність білкових речовин молочно-борошняних каш до перетравлення в умовах *in vitro*

Процес перетравлювання білків у кашах відбувається з подібною інтенсивністю. Відмінність полягає лише у кількості вивільнених амінокислот, поясненням чого може бути різний вміст білка у продукті. Вартий уваги той факт, що у розроблених кашах як молочна основа використовується кобиляче молоко, а у каші «Малишка» - коров'яче молоко. Крім того, до складу каші «Малишка» входить близько 50 % зернової сировини, а у розроблених кашах – 25 % борошна згідно з вимогами [1]. Тому інтенсивність перетравлювання каш зумовлено різницею у кількісному та якісному складі продуктів.

Висновки. У цій роботі доведено актуальність розробки нових продуктів для харчування дітей віком від 6 місяців до 1 року. Запропоновано використання сухого кобилячого молока та екструдатів рису, гречки та кукурудзи.

Досліджено кінетику набухання екструдатів у відновленому молоці кобилячому та коров'ячому. Встановлено, що ступінь набухання екструдованого борошна в кобилячому молоці вища, ніж у коров'ячому.

Встановлено, що каша з екструдатом рису в порівнянні з кашами з кукурудзяним і гречаним екструдатами зберігає високу в'язкість, що пояснюється високою стійкістю крохмалю рису до впливу механічних напружень.

Дослідження процесу перетравлення вказують на те, що розроблені каші перетравлюються з подібною інтенсивністю, яка є вищою, ніж перетравлювання каші «Малишка».

Список використаних джерел

1. Про затвердження Гігієнічних вимог до продуктів дитячого харчування, параметрів безпечності та окремих показників їх якості : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 6 серпня 2013 р. № 696. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1380-13/page>.
2. Васильева Т. В. Экструзионные продукты. *Пищевая промышленность*. 2003. Вып. 12. С. 6-9.
3. Mousan G., Kamat D. Cow's milk protein allergy. *Clinical Pediatrics*. 2016. Vol. 55. Pp. 1054–1063.
4. Zeng Y., Zhang J. Assessment of Cow's milk-related symptom scores in early identification of cow's milk protein allergy in Chinese infants. *BMC Pediatrics*. 2019. Vol. 191. Pp. 1–7.
5. Barreto L., Marcell I. Equine milk and its potential use in the human diet. *Food science and technology*. 2019. Vol. 39. Pp. 1-7.
6. Mazhitova A., Kulmyrzaev A. Amino Acid and Fatty Acid Profile of the Mare's Milk Produced on Suusamyр Pastures of the Kyrgyz Republic During Lactation Period. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2015. Vol. 195. Pp. 2683-2688.
7. Markevich-Kenshycka M., Vujtovskii J. Chemical composition and whey protein fraction of late lactation mares' milk. *International Dairy Journal*. 2013. Vol. 31. Pp. 62–64.
8. Ромашко О. В., Кобилінська О. В., Лазаренко М. В., Ковбаса В. М. Застосування ультразвуку для дослідження процесу набухання екструдатів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2003. Вып. 14. С. 57-58.
9. Ордакова А. И., Щербинин А. А., Засыпкин Д. В. Физические свойства экструдированных продуктов с использованием молочного сырья. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 1997. Вып. 4. С. 14-15.
10. Остриков А. Н., Смирных А. А., Дорохин С. В. Исследование характера изменения динамической вязкости молочно-фруктовых продуктов. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2013. Вып. 2. С. 47-52.

References

1. Pro zatverdzhennia Hihienichnykh vymoh do produktiv dytiachoho kharchuvannia, parametriv bezpechnosti ta okremykh pokaznykiv yikh yakosti [About the statement of Hygienic requirements to baby food, safety parameters and separate indicators of their quality], Order № 696 (on August 6, 2013). <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1380-13/page>.
2. Vasyleva, T. V. (2003) Ekstruzionnye produkty [Extrusion products]. *Pyshchevaia promyshlennost – Food industry*, 12, pp. 6-9].
3. Mousan, G., Kamat, D. (2016) Cow's milk protein allergy. *Clinical Pediatrics*, 55, pp. 1054–1063.
4. Zeng, Y., Zhang, J. (2019). Assessment of Cow's milk-related symptom scores in early identification of cow's milk protein allergy in Chinese infants. *BMC Pediatrics*, 191, pp. 1–7.
5. Barreto, L., Marcell, I. (2019). Equine milk and its potential use in the human diet. *Food science and technology*, 39, pp. 1-7.
6. Mazhitova, A., Kulmyrzaev, A. (2015). Amino Acid and Fatty Acid Profile of the Mare's Milk Produced on Suusamyр Pastures of the Kyrgyz Republic During Lactation Period. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, pp. 2683-2688.
7. Markevich-Kenshycka, M., Vujtovskii, J. (2013). Chemical composition and whey protein fraction of late lactation mares' milk. *International Dairy Journal*, 31, pp. 62–64.
8. Romashko, O. V., Kobylinska, O. V., Lazarenko, M. V., Kovbasa, V. M. (2003) Zastosuvannia ultrazvuku dlia doslidzhennia protsesu nabukhannia ekstrudativ [Application of ultrasound to study the swelling of extrudates]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii – Scientific works of the National University of Food Technologies*, 14, pp. 57-58.
9. Ordakova, A.Y., Shcherbynyn, A.A., Zasyypkin, D.V. (1997) Fyzycheskie svoistva ekstrudirovannykh produktov s ispolzovanyem molochnoho syria [Physical properties of extruded products using raw milk]. *Khranenye y pererabotka selkhozsyria – Storage and processing of agricultural raw materials*, 4, pp. 14-15.
10. Ostrykov, A. N., Smyrnykh, A. A., Dorokhyn, S. V. (2013) Issledovanie kharaktera izmeneniia dynamicheskoi viazkosti molochno-fruktovykh produktov [Study of the nature of changes in the dynamic viscosity of dairy products]. *Vestnyk Voronezhskogo gosudarstvennogo unyversyteta ynzhenernykh tekhnolohii – Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2, pp. 47-52.

UDC 664.788

*Kristina Belinska***STUDY OF KINETICS OF SWELLING OF EXTRUDATES, RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CONCENTRATES FOR BABY FOOD**

The need to develop products for infant nutrition is urgent. Cow's milk is the basis for making porridge. The number of children suffering from allergies to cow's milk protein is 2-7.5%.

There are studies on the possibility of using mare's milk and cereal extrudates in baby food. There are no studies on the kinetics of swelling of rice, buckwheat and corn extrudates in reconstituted mare's milk and their effect on the rheological properties and ability to digest ready-made baby food.

The aim of the work is to study the kinetics of swelling of extrudates in different types of milk, the influence of extrudates on the rheological properties of porridges and their ability to digest.

Swelling of rice, buckwheat and corn extrudates in cow's milk is 16%, 21% and 15% lower, respectively, compared to mare's milk. Rice porridge has been found to have the highest viscosity. The viscosity of corn porridge is 6% higher than the viscosity of buckwheat porridge, which can be explained by the difference in size and shape of starch grains. The process of digestion of the developed porridges proceeded with similar intensity which was higher, than in control.

It is proved that the development of new milk-flour porridges for feeding children aged 6 months to 1 year is relevant. The swelling of extrudates in mare's milk was found to be more intense than in cow's milk. Therefore, the recovery of the finished product will be faster. It has been found that the viscosity of the test systems decreases with increasing shear stress. The destruction of the structure occurs at a relatively low shear stress (700-750 Pa), the growth of which leads to the formation of almost completely destroyed structure of the research systems, which is characterized by a constant value of effective viscosity.

Keywords: porridge; extrudates; mare's milk; swelling kinetics; viscosity.

Table: 1. Fig.: 5. References: 10.

Белінська Крістіна Олександрівна – кандидат технічних наук, асистент кафедри туризму і готельно-ресторанної справи, Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка (вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300, Україна).

Belinska Kristina – PhD in Technical science, Assistant Department of tourism and hotel and restaurant business Kamianets Podilskyi National Ivan Ohiienko University (61 Ohiienko Str., 32300 Kamianets Podilskyi, Ukraine).

E-mail: kristina0612@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8765-5998>