УДК 641.56-053

К.О. БЕЛІНСЬКА, Т.В. МАРУСЕЙ

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ НАБРЯКАННЯ ЕКСТРУДАТИВ У РІЗНИХ ВИДАХ ВІДНОВЛЕНОГО МОЛОКА

K. BELINSKA, T. MARUSEI

Ivan Ogienko National University of Kamyanets-Podilsky

INVESTIGATION OF KINETICS OF EXTRUDATION SWELLING IN DIFFERENT TYPES OF RENEWED MILK

<https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2022-15-9>

Метою роботи є дослідження кінетики набрякання екструдатів рису і гречки у відновленому овечому, козячому та коров'ячому молоці, вплив екструдатів та різних видів відновленого молока на реологічні властивості молочно-борошняних каш.

Методика: основні реологічні параметри каш досліджувалися на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» з системою коаксіальних циліндрів S/S_2 в діапазоні швидкості деформації $3-1312\text{ c}^{-1}$.

Результати. Актуальним питанням сьогодні є пошук інших видів молока для дитячого харчування. 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 традиційних технологій як зернову сировину використовують сухі відвари круп та дієтичне борошно. У даний час прогресивною технологією є використання екструдованого борошна. Використання екструдованого борошна дає можливість отримати високозасвоюваний та швидкокорозчинний продукт. З'ясовано, що процес набухання екструдатів у овечому та козячому молоці проходить з меншою інтенсивністю, ніж у коров'ячому. Встановлено, що з підвищенням напруги зсуву в'язкість дослідних систем знижується. Руйнування структури відбувається за відносно низької напруги зсуву ($700\ldots 750\text{ Па}$), зростання якої призводить до утворення практично повністю зруйнованої структури дослідних систем, що характеризується сталим значенням ефективної в'язкості.

Наукова новизна: вперше досліджено поведінку екструдатів у молоці овечому та козячому. На основі отриманих даних розроблено рецептури молочно-борошняних каш і досліджено їх реологічні властивості.

Практична значимість: розроблено нові продукти для дитячого харчування віком до 1 року на основі нетрадиційних видів молока для покращення якості харчування та розширення асортименту продуктів для дитячого харчування.

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

Актуальність теми дослідження. Потреба створення адаптованих продуктів для харчування дітей першого року життя сьогодні є вельми 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 харчування є сухі молочні каші, що не потребують варіння, а лише відновлюються теплою водою.

Згідно нормативних документів [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 даного 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 4-ох місяців.

Згідно традиційних технологій як зернову сировину використовують сухі відвари круп та дієтичне борошно. У даний час прогресивною технологією є використання екструдованого борошна. Використання екструдованого борошна 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 відноситься 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 є проблемою 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 козячого та овечого молока для дітей віком до 1 року і відсутність алергічної реакції при його вживанні. [6, 7]

Використання екструдатів, зокрема в технології молочних продуктів, досліджувалося Млярєнко Т.В. [8]. Автором досліджувалося набрякання рисового екструдату у коров'ячому молоці. Було встановлено, що рисовий екструдат володіє гідроколоїдними властивостями і покращує реологічні властивості продукту. Автори [9] досліджували характеристики рисового та кукурудзяного екструдатів. Було встановлено, що кукурудзяний екструдат володів більшою в'язкістю порівняно з рисовим. Ступінь ретроградації крохмалю у кукурудзяному екструдаті був значно вище, ніж у рисовому.

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

Цілі статті. Проведення досліджень щодо вивчення поведінки екструдатів у різних видах відновленого молока. Дослідити кінетику набрякання екструдатів у козячому, овечому та коров'ячому молоці.

Оскільки хімічний склад молока овечого, козячого та коров'ячого різниться, а також є відмінності хімічного складу екструдатів, то необхідним є проведення дослідження по визначенню в'язкості готових каш.

Об'єкти дослідження: у дослідженнях використовували сухе козяче, овече та 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 тих параметрів: швидкість руху сушильного агенту – 0,5 м/с, відносна

вологість сушильного агенту – 25 %, розмір крапель розпиленого продукту – 40...50 мкм, масова частка сухих речовин в продукті 40-43 %. Сушіння овечого молока проводили за температури сушильного агенту 170-180 °С, коров'ячого та козячого молока – 160-170 °С. Борошно екструдоване використовували виробництва Вінницької харчосмакової фабрики, хімічний склад якого представлено у таблиці 1.

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

Рецептури молочно-борошняних каш представлено у таблиці 2.

Таблиця 2. Рецептний склад молочно-борошняних каш

Найменування сировини	Каша з рисовим борошном		Каша з гречаним борошном	
	на основі овечого молока	на основі козячого молока	на основі овечого молока	на основі козячого молока
Молоко овече сухе, %	72,00	–	72,00	–
Молоко козяче сухе, %	–	72,00	–	72,00
Олія соняшникова, %	2,99	2,99	2,99	2,99
Борошно екструдоване рисове, %	25,00	–	25,00	–
Борошно екструдоване гречане, %	–	25,00	–	25,00
Ретинілу ацетат, мкг	34,13	34,13	34,13	34,13
Вітамін D ₂ , мкг	0,64	0,64	0,64	0,64
Всього:	100,00	100,00	100,00	100,00

Методи дослідження: 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 та гречана) на основі сухого овечого та козячого молока. Як контроль використовувалася каша «Малишка» гречана, виготовлена на основі сухого коров'ячого молока ТОВ «Хорольським заводом дитячих продуктів харчування».

Виклад основного матеріалу. Для відновлення молока використовували воду температурою 37 °С, оскільки при такій температурі

рекомендується відновлювати готовий продукт. Результати досліджень залежності ступеню набрякання від тривалості взаємодії з відновником представлені на рис. 1-3. Процес набухання екструзійних продуктів характеризується складною капілярною конденсацією, обумовленою наявністю у адсорбента дрібних пор – характерних для продуктів екструзії. Розчинник, проникаючи в пори продукту, збільшує його об'єм; потім відбувається безпосередньо процес набрякання 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 губчастої 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.1. Криві кінетики набрякання екструдованого рисового борошна у різних відновниках, ($t=37^{\circ}\text{C}$)

З рисунків 1-2 видно, що у овечому відновленому молоці спостерігається найнижчий ступінь набрякання екструдатів. Так, ступінь набрякання рисового екструдату в овечому молоці на 9% менший, а гречаного на 11% менший, порівняно з коров'ячим молоком. Це пов'язано із вмістом в молоці поверхнево-активних речовин (білків, жирів), що адсорбуються на поверхні продукту, утворюючи захисний шар і перешкоджають доступу розчинника до продукту, тим самим сповільнюючи

процес набрякання. А, як показали попередні дослідження [11], масова частка жиру у сухому овечому молоці 32 %, у коров'ячому – 26 %.

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

Проте, чим більше цих поверхнево-активних речовин, тим повільніший процес набрякання. В коров'ячому молоці міститься найменша кількість і білків, і жирів, порівняно з іншими видами молока, чим і пояснюється найвища ступінь набрякання в ньому екструдатів [11]. Аналогічне пояснення нижчого ступеню набрякання екструдатів у відновленому козячому молоці. Порівняно з коров'ячим молоком, ступінь набрякання рисового екструдату у козячому молоці на 3 % менший, а у гречаному екструдаті – на 6 %.

Тобто майже однакова поведінка екструдатів у коров'ячому та козячому молоці. Козяче молоко містить більше білка, але менше жиру, порівняно з коров'ячим молоком. Проте сума білків і жирів в обох видах молока дуже близька. Отже, проведені дослідження дають можливість передбачити процес відновлення молочно-борошняних каш з різним екструдованим борошном.

Результати зміни в'язкості дослідних зразків представлено на рис. 3 та рис.4.

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 кашею з гречаним екструдатами зберігає високу в'язкість, що пояснюється високим вмістом декстринів у рисовому екструдаті.

Рис.3. Залежність в'язкості відновлених молочно-борошняних каш на основі овечого молока від напруги зсуву

Рис.4. Залежність в'язкості відновлених молочно-борошняних каш на основі козячого молока від напруги зсуву

В'язкість рисової каші вдвічі вища в'язкості гречаної каші, що може пояснюватися різними вмістом крохмалю в екструдатах, його природними особливостями, а також ступенем його модифікації при обробленні.

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

Слід зазначити, що в'язкість каш на основі овечого молока на 5-15 % вища, ніж каш на основі козячого молока. Це пояснюється більшим вмістом білка та жиру у овечому молоці.

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

Висновки відповідно до статті. У даній роботі запропоновано використання сухого овечого та козячого молока та екструдатів рису і гречки для виготовлення молочно-борошняних каш для дитячого харчування.

Досліджено кінетику набрякання екструдатів у відновленому молоці овечому, козячому та коров'ячому. Встановлено, що ступінь набрякання екструдованого борошна у коров'ячому молоці найвища, у овечому - найнижча. Встановлено, що каша з екструдатом рису в порівнянні з кашею з гречаним екструдатом зберігає високу в'язкість, що пояснюється високою стійкістю крохмалю рису до впливу механічних напруг.

Список використаних джерел

1. Наказ «Про затвердження Гігієнічних вимог до продуктів дитячого харчування, параметрів безпечності та окремих показників їх якості» від 6 серпня 2013 р. № 696 URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1380-13/page> (дата звернення: 16.03. 2021).
2. Васильева Т. В. Экструзионные продукты. *Пищевая промышленность*. 2003. Вип.12. С.6—9.
3. Mousan G., Kamat D. Cow's milk protein allergy. *Clinical Pediatrics*. 2016. Vol. 55. P. 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, P. 1–7.
5. Barreto L., Marcell I. Equine milk and its potential use in the human diet. *Food science and technology*. 2019. Vol. 39. P. 1-7.
6. Myrkalykov B., Shingisov A., Ospanov A., Simov Z., Latif A., Aripbaeva A. Freeze Drying Of Sheep Milk: Calculating Process Duration, *European Online Journal of Natural and Social Sciences*. 2018 7(2), pp. 460-470.
7. Markevich-Kenshycka M., Vujtovskii J. Chemical composition and whey protein fraction of late lactation mares' milk. *International Dairy Journal*. 2013. Vol. 31. P. 62–64.
8. Маляренко Т. В. Влияние растительных компонентов на консистенцию кисломолочных сгустков. *Науковий вісник "Асканія-Нова"*, 2015. Вип. 8. С. 68-78.

9. Bisharat, G. I., Oikonomopoulou, V. P., Panagiotou, N. M., Krokida, M. K., & Maroulis, Z. B. (2013). Effect of extrusion conditions on the structural properties of corn extrudates enriched with dehydrated vegetables. *Food research international*, 53(1), 1-14.
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.
11. Белінська К. О., Фалендиш Н.О., Ковбаса В.М. Комплексне оцінювання молока тварин. *Вісник Тернопільського національного технічного університету*. 2014. Вип. 73. С. 281-286.

References

1. Nakaz «Pro zatverdzhennia Hihienichnykh vymoh do produktiv dytiachoho kharchuvannia, parametriv bezpechnosti ta okremykh pokaznykiv yikh yakosti» vid 6 serpnia 2013 r. № 696 URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1380-13/page> (дата звернення: 16.03. 2021).
2. Vasyleva, T. V. (2003) Ekstruzyonnyie produkty [Extrusion products]. *Pyshchevaia promyshlennost – Food industry*, Vol. 12, P. 6–9 [in Russia].
3. Mousan, G., Kamat, D. (2016) Cow's milk protein allergy. *Clinical Pediatrics*. Vol. 55. P. 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*, Vol. 191, P. 1–7.
5. Barreto, L., Marcell, I. (2019). Equine milk and its potential use in the human diet. *Food science and technology*, Vol. 39, P. 1-7.
6. Myrkalykov B., Shingisov A., Ospanov A., Simov Z., Latif A., Aripbaeva A. (2018) Freeze Drying Of Sheep Milk: Calculating Process Duration, *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, Vol. 7, P. 460-470.
7. Markevich-Kenshycka M., Vujtovskii J. (2013) Chemical composition and whey protein fraction of late lactation mares' milk. *International Dairy Journal*. 2013. Vol. 31. P. 62–64.
8. Malyarenko T. V. (2015) Vliyanie rastitelnykh komponentov na konsistentsiyu kislomolochnykh sgustkov. [The influence of plant components on the consistency of sour-milk clots] *Naukoviy vIsnik "AskanIya-Nova"*. Vol. 8, P. 68-78 [in Ukraina].
9. Ordakova, A.Y., Shcherbynyn, A.A., Zasypkyn, D.V. (1997) Fyzycheskie svoistva ekstrudirovannykh produktov s ispolzovanyem molochnoho syria [Physical properties of extruded products using raw milk]. *Khraneniye y pererabotka selkhozsyria – Storage and processing of agricultural raw materials*, 4, 14-15. [in Russia]
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 Voronezhskoho gosudarstvennogo unyversyteta ynzhenernykh tekhnolohyi*. Vol. 2, P. 47-52. [in Russia]
11. Belinska K.O., Falendysh N.O., Kovbasa V.M. (2014) Kompleksne otsiniuvannia moloka tvaryn. [Comprehensive evaluation of animal milk]. *Visnyk Ternopilskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. Vol. 73, P. 281-286.

The need to create adapted products for artificial feeding of children in the first year of life is very urgent today. 72% of breastfed infants suffer from dysbacteriosis. According to various

estimates, the number of children suffering from allergies to cow's milk protein is 2-7.5%. Therefore, the urgent issue today is the search for other types of milk for baby food.

Pediatricians recommend introducing complementary foods only at the age of 6 months. The first supplement is usually cereal milk porridge. Since children's kitchens do not function in Ukraine and in many countries around the world, the best food is dry milk porridge, which does not require cooking, but is only restored with warm water. According to traditional technologies, dry decoctions of cereals and dietary flour are used as grain raw materials. Currently, an advanced technology is the use of extruded flour. The use of extruded flour makes it possible to obtain a highly digestible and instant product.

The aim of the study is to study the kinetics of swelling of rice and buckwheat extrudates in reconstituted sheep's, goat's and cow's milk, the influence of extrudates and various types of reconstituted milk on the rheological properties of milk-flour porridges.

Method: the main rheological parameters of the slurry were investigated on a rotary viscometer "Reotest-2" with a system of coaxial cylinders S / S2 in the range of strain rate 3-1312 s⁻¹.

Results: It was found that the process of swelling of extrudates in sheep's and goat's milk is less intense than in cow's milk. 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.

Scientific novelty: the behavior of extrudates in sheep's and goat's milk was studied for the first time. On the basis of the received data recipes of milk-flour porridges are developed and their rheological properties are investigated.

Practical significance: new products for baby food under 1 year of age have been developed on the basis of non-traditional types of milk to improve the quality of food and expand the range of baby food products.

Key words: porridge; extrudates; sheep's milk; goat's milk; swelling kinetics; viscosity.

Стаття рекомендована до друку професором Приліпко Т.М.

Стаття надійшла в редакцію 03.12.2021 р.