



УДК 637.1/.3-058.86

**Яцков М. В., к.т.н., с.н.с., Корчик Н. М., к.т.н., доцент,
Беседюк В. Ю., студент** (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ рН, Ен І БУФЕРНОЇ ЄМНОСТІ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ ДИТЯЧИХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Наведено результати досліджень щодо впливу окисно-відновної та кислотно-основної рівноваги і буферної ємності молочної сировини на харчову та біологічну цінність дитячих молочних продуктів в контексті концепції збалансованого харчування.

Ключові слова: молоко, фактор, ОВП, Ен, рН, гН₂, буферна ємність.

Нормальний ріст і розвиток дитини, стан її здоров'я, рівень захисних сил визначаються, в першу чергу, правильно збалансованим раціоном харчування, під яким розуміють забезпечення організму харчовими речовинами в достатній кількості і певної якості. Це положення дістало назву «Концепції збалансованого харчування». Воно передбачає визначення абсолютної кількості кожного харчового фактора та їх співвідношення між собою з урахуванням фізіологічної зрілості і особливостей метаболічного статусу дитини даного віку [1].

Сьогодні існує тенденція до збільшення кількості дітей, які рано переводяться на змішане та штучне годування, що зумовлює необхідність створення дитячих продуктів, наближених за складом та властивостями до жіночого молока.

Збалансоване годування дітей раннього віку передбачає, що продукт за складом повинен задовольняти потреби зростаючого організму в незамінних поживних речовинах; володіти певною енергетичною цінністю; завдяки бактеріолізуючому впливу на організм, підвищувати резистентність дитини до інфекцій; містити мінімальну кількість компонентів, що володіють різко вираженою антигенністю. Натомість, незбалансоване годування сприяє розвитку багатьох захворювань, зокрема алергічних захворювань, ожиріння, цукрового діабету, артеріальної гіпертонії, атеросклерозу [2].

За наявності фізіологічно активних речовин та за рівнем навантаження на травну систему продукт повинен відповідати віковим особливостям дитини. При вигодовуванні дітей першого року життя необхідно враховувати, з одного боку, велику потребу організму, що

росте, в поживних речовинах, з другого – обмежену функціональну здатність органів травлення немовляти [1]. Тому при виробництві дитячих молочних продуктів, важливим є регулювання факторів, що зумовлюють харчову та біологічну цінність продукту, зокрема – фактору здатності навантаження. Насамперед, його пов'язують із загальною концентрацією казеїну та мінеральних речовин в продукті й розглядають у розрізі впливу на кислотно-основну рівновагу середовища органів травлення дитини.

Актуальним є те, що фактор здатності навантаження, за кислотно-основним балансом необхідно розглядати у комплексі з окисно-відновною рівновагою. Розбалансування механізмів регуляції окисно-відновних процесів, що відбуваються в людському організмі, в даний час розглядається як найважливіша причина виникнення багатьох хвороб людини, адже величини водневого показника (рН) та значення окисно-відновного потенціалу (ОВП) впливають на фізико-хімічні та біохімічні процеси, процеси окиснення, відновлення, дисоціації чи комплексоутворення, напрямок та швидкість хімічної реакції, окисно-відновну активність речовини.

Також актуальним є дослідження зменшення буферної ємності коров'ячого молока, яке використовується у виробництві дитячих молочних продуктів, що впливає на фактор здатності навантаження.

Мета і завдання дослідження: дослідити окисно-відновні та кислотно-основні властивості коров'ячого молока, жіночого молока та молочної сировини, що використовується у виробництві дитячих молочних продуктів; визначити способи корекції коров'ячого молока згідно ОВП за показником редокс-потенціалу (Eh) та характером його зміни при додаванні HCl; дослідити шляхи зменшення буферної ємності коров'ячого молока та зміни ОВП за показником Eh, що супроводжують ці процеси.

Методи дослідження: рН-метрія; фізико-хімічні; потенціометричні.

Дослідження, що були проведені в області вивчення властивостей жіночого молока, впливу природного годування на розвиток дитини та його відмінних особливостей від штучного годування, дозволили педіатрам та дієтологам встановити основні фактори, що визначають харчову та біологічну цінність продукту, який призначений для годування дітей раннього віку.

Відомо, що більшість з факторів, які притаманні природному годуванню, навіть наближено дуже важко відтворити при штучному годуванні. Ґрунтуючись на дослідженнях, що проведені у сфері при-



родного та штучного годування, властивості (фактори), що зумовлюють харчову та біологічну цінність продукту, можна охарактеризувати як такі, що регулюються чи частково регулюються.

Фактори, що регулюються, визначаються кількісним складом окремих компонентів. До них належить фактор адекватності вимогам зростаючого організму в незамінних поживних речовинах та фактор енергетичної цінності. Фактори, що характеризуються як такі, що регулюються частково, визначаються кількісним складом та специфічними властивостями окремих компонентів.

При розгляді специфічних властивостей компонентів молока встановлено, що вони визначаються фізіологічними та біологічними особливостями окремих видів ссавців. Відомо, що неспроможність дітей раннього віку синтезувати власні імуноглобуліни, специфічні властивості яких (повна рефрактерність до дії ферментів) дозволяють надавати антимікробну та противірусну дію усього шлунково-кишкового тракту, компенсується надходженням з жіночим молоком. Наявність протеолітичних ферментів високої активності у жіночому молоці обумовлено низькою ферментативною активністю шлункового соку дитини раннього віку. Встановлено певну відповідність величини буферної ємності жіночого молока різних періодів лактації, рівня секреції HCl дитини у різні періоди його життя.

До факторів, що регулюються, можна віднести фактори: бактеріолізуючої здібності, антигенності, фізіологічної активності та здатності навантаження.

Фактор здатності навантаження пов'язують із загальною концентрацією білка, в основному казеїну та мінеральних речовин. Однак, необхідно враховувати і специфічні властивості окремих компонентів, завдяки яким, при рівності в кількісному відношенні, компоненти коров'ячого молока потребують більш напруженої діяльності травних залоз порівняно з жіночим молоком.

В цьому відношенні слід розглянути такі властивості казеїну, як властивість:

- зв'язувати H^+ (визначає рівень навантаження на кислотоутворюючу функцію шлунку);

- зв'язувати Ca^{+2} (визначає характер згустку при коагуляції).

Відомо, що казеїн жіночого молока зв'язує у 6 разів менше H^+ та володіє значно меншою властивістю зв'язувати Ca^{+2} , ніж казеїн коров'ячого молока. У зв'язку з цим, для досягнення рівного значення рН шлункового вмісту при годуванні жіночим молоком, потрібно менше HCl і при коагуляції казеїну жіночого молока утворюється дріб-

нодисперсний згусток.

В ході досліджень було проведено титрування 0,1 Н розчином HCl з метою моделювання кислотно-основних та окисно-відновних процесів, що відбуваються в органах травлення дитини для наступного переліку молочної сировини: 1) жіноче молоко (20 діб лактації); 2) коров'яче молоко; 3) коров'яче молоко з сироваткою, що отримана з використанням ацидофільної палички; 4) коров'яче молоко з сироваткою за відношенням 1:3; 5) коров'яче молоко з сироваткою, що отримана з використанням сичужного ферменту; 6) жіноче молоко (2 місяці лактації). Отриманні результати зображено на рисунках 1–3.

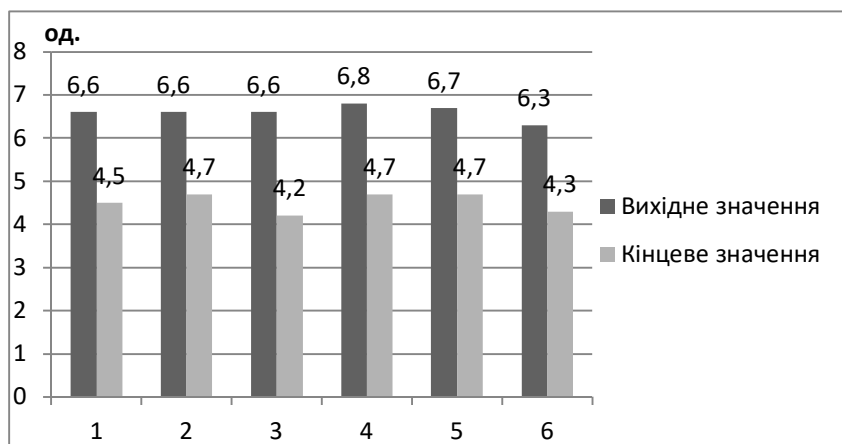


Рис. 1. Зміна значень рН при титруванні 0,1Н розчином HCl

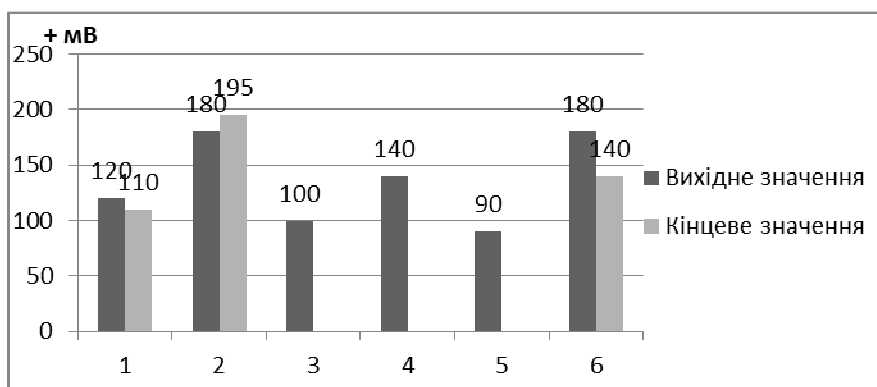


Рис. 2. Зміна значень Eh при титруванні 0,1 Н розчином HCl

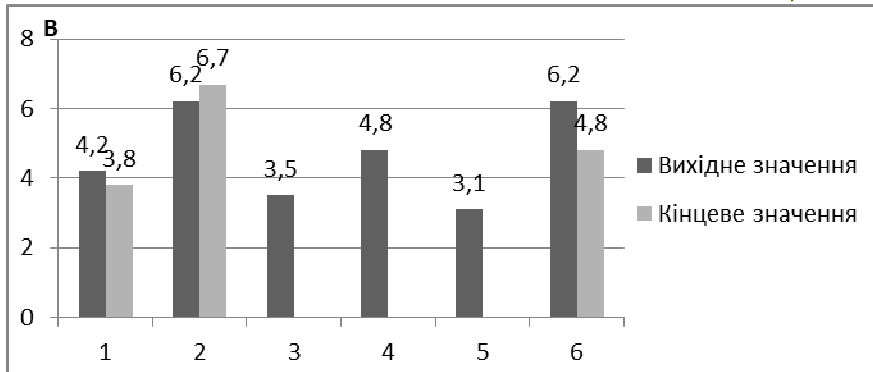


Рис. 3. Зміна значень rH_2 при титруванні 0,1N розчином HCl

Ацидофільна паличка, яка використовувалась для отримання молочної сировини № 3, володіє особливо сприятливою дією на мікрофлору кишечника дитини, дякуючи високому вмісту молочної кислоти, що утворюється з лактози в процесі бродіння молока та сильній бактерицидній дії на мікроорганізми, що викликають у дитини порушення травлення. В той же час, ацидофільні бактерії в процесі сквашення покращують засвоєння білка та кальцію, сприяють розвитку біфідуальної флори в кишечнику дитини.

В результаті досліджень встановлено, що вихідне значення рН молочної сировини, яка використовується у виробництві дитячих молочних продуктів, практично однакове. Значення окисно-відновного потенціалу за показником Eh відповідає окисно-перехідному інтервалу. При цьому максимальне значення має коров'яче молоко: + 180 мВ, мінімальне – жіноче – 20 діб лактації: +120 мВ. В результаті додавання гідроген хлориду до рН, що відповідає оптимуму дії ферментів шлунку ($pH = 4$), Eh збільшується для коров'ячого молока, а для жіночого – зменшується та складає: +195 мВ – для коров'ячого молока, +110 мВ – для жіночого молока. Однак після корекції сироваткою коров'ячому молоку притаманні набагато менші значення Eh – від +140 мВ до +90 мВ. Розраховане значення величини редоксу (rH_2), яка пов'язує рН та Eh і є комплексним показником, є найвищим у коров'ячого молока: 6,2 В до титрування і збільшується після титрування до 6,7 В. Мінімальні значення має жіноче молоко 20 діб лактації: 4,2 В до титрування і зменшується до 3,8 В після титрування, що відповідає оптимальним значенням для людського організму ($rH_2 = 4-5$ В), однак після корекції сироваткою коров'ячому молоку притаманні набагато менші значення rH_2 від 3,1 В до 4,8 В.

При цьому, на титрування коров'ячого молока витрачається 25 мл на 100 мл, жіночого молока – 8 мл на 100 мл 0,1 Н розчину HCl

для досягнення $\text{pH} = 4$ (рівень кислотності шлунку), тобто в три рази більше, що зумовлено більшою буферною ємністю коров'ячого молока за кислотністю.

Встановлено, що максимум буферної ємності за кислотністю для коров'ячого молока знаходиться в інтервалі $\text{pH} = 6,0-5,4$, що зумовлюється буферною дією білків [3].

Вважаємо за необхідне дослідити також і редокс-буферність коров'ячого і жіночого молока, тобто залежність зміни E_h від зміни pH системи. Для більш детального аналізу було проведено дослідження зміни E_h від зміни концентрації іонів гідрогену (H^+) в системі. Результати відповідних досліджень зображено на рисунках 4-5.

В результаті досліджень встановлено, що ємність редокс-буферності коров'ячого молока є значно більшою ніж жіночого. Так, при зміні pH коров'ячого молока на 2 одиниці (зміна концентрації іонів гідрогену на 40 мг/моль*екв), E_h змінилось лише на 10 мВ, а загалом при зміні pH на 3 одиниці (зміна концентрації іонів гідрогену на 75 мг/моль*екв), E_h змінюється на 30 мВ. Для жіночого молока при зміні pH на 3 одиниці (зміна концентрації іонів гідрогену на 20 мг/моль*екв), E_h змінюється на 105 мВ.

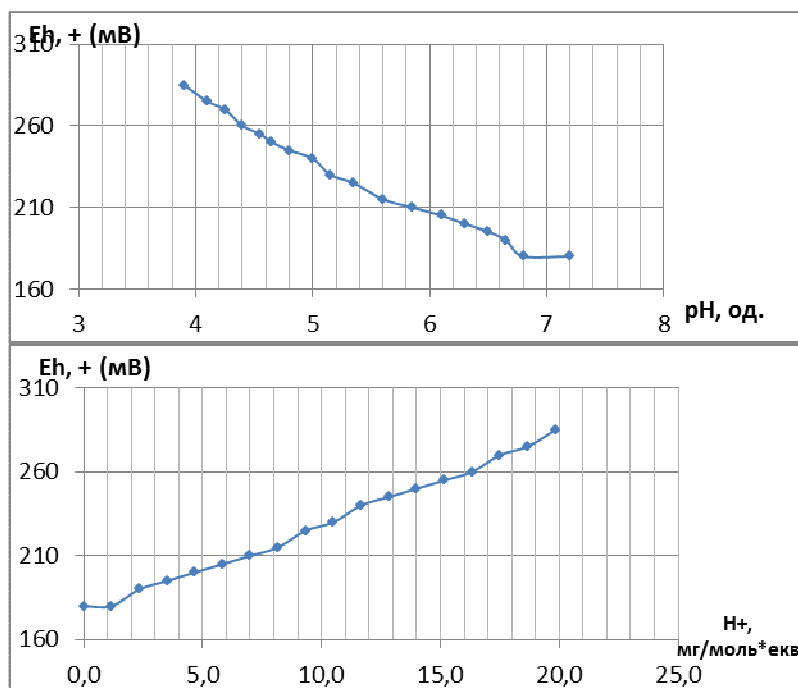


Рис. 4. Дослідження редокс-буферності жіночого молока

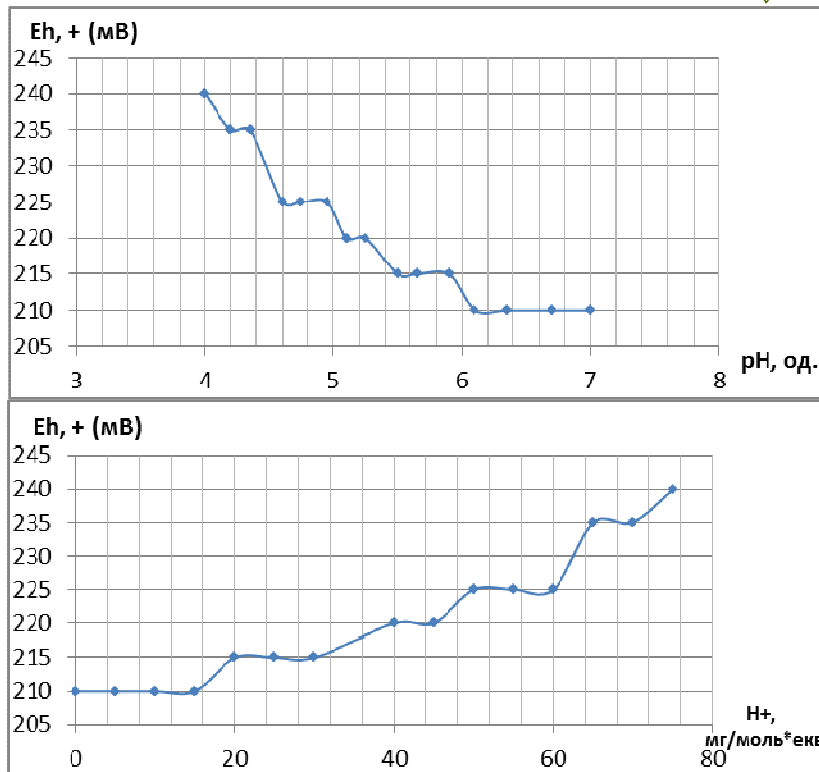


Рис. 5. Дослідження редокс-буферності коров'ячого молока

Встановлено, що інтервал $\text{pH} = 7,0-6,1$ відповідає порогу редокс-буферності. Максимум редокс-буферності припадає на інтервал $\text{pH} = 6,0-5,4$, що співпадає з максимум буферної ємності за кислотністю. Тому можна вважати, що буферна ємність за кислотністю та редокс-буферність коров'ячого молока пов'язані і зумовлені дією білкової системи.

Відомо, що при виробництві дитячих молочних сумішей необхідно зменшити буферну ємність коров'ячого молока, адже вона має важливе значення у фізіології процесів травлення [4].

При виробництві дитячих молочних продуктів, для зміни кількісного та якісного складу білків і зменшення мінеральних речовин в продукті, що впливає на зменшення буферної ємності, використовується натуральна чи знесолена сироватка. Знесолення сироватки здійснюється методом іонообміну і електродіалізу. Згідно відомих наукових досліджень, необхідна ступінь знесолення становить 50–90%. Існуючі способи корекції білкового і мінерального складу коров'ячого молока з використанням сироваткових концентратів дозволяють наблизити молочні суміші за хімічним складом до жіночого молока.

Було виявлено можливість зменшення буферної ємності знесо-

леного коров'ячого молока шляхом корекції білкового складу з використанням УФ-концентрату. Використання УФ-концентрату дозволяє отримати молочну суміш з меншою буферною ємністю, аніж при використанні інших добавок, адже використання цієї добавки дозволяє більшою мірою збагатити молочну суміш сироватковими білками при зменшенні загального вмісту білка.

Дослідним шляхом було встановлено, що найбільш близькою до жіночого молока є молочна суміш, отримана з використанням знесоленого коров'ячого молока після корекції білкового складу УФ-концентратом та сироватки, знесоленої на 50%. Ці заходи дозволяють зменшити буферну ємність коров'ячого молока на 50-60%.

Висновки:

- При виробництві дитячих молочних продуктів важливим є регулювання факторів, що зумовлюють харчову та біологічну цінність продукту, зокрема – фактора здатності навантаження, який за кислотно-основним балансом, необхідно розглядати у комплексі з окисно-відновною рівновагою.

- Моделювання кислотно-основних та окисно-відновних процесів, що відбуваються в органах травлення дитини, при потраплянні молочної сировини показало, що на коров'яче молоко витрачається 25 мл на 100 мл, на жіноче молоко – 8 мл на 100 мл 0,1N розчину HCl для досягнення $pH = 4$ (рівень кислотності шлунку), тобто в три рази більше, що зумовлено більшою буферною ємністю коров'ячого молока за кислотністю.

- В результаті досліджень встановлено, що ємність редокс-буферності коров'ячого молока є значно більшою ніж жіночого. Так, при зміні pH коров'ячого молока на 2 одиниці (зміна концентрації йонів гідрогену на 40 мг/моль \times екв), Eh змінилось лише на 10 мВ, а загалом при зміні pH на 3 одиниці (зміна концентрації йонів гідрогену на 75 мг/моль \times екв), Eh змінюється на 30 мВ. Для жіночого молока при зміні pH на 3 одиниці (зміна концентрації йонів гідрогену на 20 мг/моль \times екв), Eh змінюється на 105 мВ.

- Встановлено, що буферна ємність за кислотністю та редокс-буферність коров'ячого молока пов'язані і зумовлені дією білкової системи.

- Необхідно зменшити буферну ємність коров'ячого молока при виробництві дитячих молочних сумішей, адже вона має важливе значення у фізіології процесів травлення.

- Було встановлено, що найбільш близькою до жіночого молока є молочна суміш, отримана з використанням знесоленого коров'ячого молока після корекції білкового складу УФ-концентратом та сироватки, знесоленої на 50%. Ці заходи дозволяють зменшити буферну ємність коров'ячого молока на 50-60%.



1. Чеботарьова В. Д. Пропедевтична педіатрія. Навчальний посібник / Чеботарьова В. Д., Майданник В. Г. – К., 1999. – 578 с. 2. Воронцов В. М. Довідник по дитячій дієтетиці / Воронцов В. М., Мазурін А. В. – Л. : Медицина, 1980. – 416 с. 3. Корчик Н. М. Буферна ємність дитячих молочних продуктів і способи її регулювання. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук / Корчик Н. М. – Л., 1983. – С. 62. 4. Клиорин А. И. Буферные свойства некоторых молочных продуктов и деятельность пищеварительного тракта ребенка грудного возраста / А. И. Клиорин, Н. Г. Алексеев, Н. М. Шугайлова (Корчик) // Вопросы охраны материнства и детства. – Москва, 1983. – № 3. – С. 37–38.

Рецензент: к.т.н., доцент Гаращенко В. І. (НУВГП)

Yatskov M. V., Candidate of Engineering, Associate Professor, Senior Research Fellow, Korchyk N. M., Candidate of Engineering, Associate Professor, Besediuk V. Y., Senior Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

RESEARCH OF pH, Eh AND BUFFER CAPACITY OF MILK RAW MATERIALS IN THE PRODUCTION OF CHILD DAIRY PRODUCTS

The results of studies on the impact of redox and acid-based balance and buffer capacity of raw milk materials in the nutritional and biological value of child dairy products in the context of concept of a balanced diet.

Keywords: milk, factor, ORP, Eh, pH, rH₂, buffer capacity.

Яцков Н. В., к.т.н., с.н.с., Корчик Н. М., к.т.н., доцент, Беседюк В. Ю., студент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИССЛЕДОВАНИЕ pH, Eh И БУФЕРНОЙ ЕМКОСТИ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТСКИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Приведены результаты исследований влияния окислительно-восстановительного и кислотно-основного равновесия и буферной емкости молочного сырья на пищевую и биологическую ценность детских молочных продуктов в контексте концепции сбалансированного питания.

Ключевые слова: молоко, фактор, ОВП, Eh, pH, rH₂, буферная емкость.
