

Р.В. Плотнікова, асп.
Н.Г. Гринченко, канд. техн. наук
П.П. Пивоваров, д-р техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СОРБЦІЇ ІОНІВ КАЛЬЦІЮ ІЗ РОЗЧИНІВ КАЛЬЦІЄВМІСНИХ СОЛЕЙ У РАМКАХ ОТРИМАННЯ МОЛОКА З РЕГУЛЬОВАНИМ СОЛЬОВИМ СКЛАДОМ

Наведено результати дослідження впливу технологічних факторів (концентрація та джерело іонів кальцію, концентрація сорбенту, площа сорбції, температура) на процес адсорбції іонів кальцію сорбентом на основі альгінату натрію із розчинів кальцієвмісних солей. Установлено найоптимальніші параметри проведення процесу.

Приведены результаты исследований влияния технологических факторов (концентрация и источник ионов кальция, концентрация сорбента, площадь сорбции, температура) на процесс адсорбции ионов кальция сорбентом на основе альгината натрия с растворов кальцийсодержащих солей. Установлены наиболее оптимальные параметры проведения процесса.

There are results of researches of influence technological factors (concentration and source of calcium ions, concentration of sorbent, area sorption, temperature) to process absorption calcium ions of sorbent on the basis of Na alginate from solution salts with calcium in this article. Most optimal parameters of process were established.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Молоко та продукти на його основі є незамінними в харчовому раціоні, що, з одного боку, обумовлено їх високою харчовою та біологічною цінністю, а з іншого – можливістю створення широкого асортименту харчової продукції за рахунок реалізації функціональних властивостей білкових речовин, що містяться у сировині.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведені аналітичні дослідження [1-3] вказують на можливість регулювання технологічних властивостей молока за умов використання різних способів обробки молочної сировини (іонообміну, ультрафільтрації) або шляхом введення харчових добавок, наслідком чого є стабілізація білкових речовин та харчової системи в цілому.

Відомо, що основний білок молока – казеїн, вміст якого коливається в межах 2,1...2,9%, знаходиться переважно у вигляді самоасоці-

юючих (за наявністю кальцію) міцел, частка яких складає близько 95% [4]. Усі фракції казеїну (α_{s1} , α_{s2} , β та γ) є фосфопротеїдами. Вміст залишків фосфорної кислоти (серинфосфату) в поліпептидних ланцюгах казеїну визначає його чутливість до іонів кальцію. Найбільш чутливими є α_{s2} - та β -казеїни, які за наявності іонів кальцію утворюють кальцієві містки та випадають у вигляді осаду.

Джерелом кальцію, вміст якого у складі молока коливається в межах 100...140 мг%, є переважно малорозчинні солі – фосфати та цитрати кальцію. Згідно з даними [4] кальцій в молоці наявний у трьох формах – вільний або іонізований кальцій (8,5...11,5 мг%, що складає 10%), фосфати і цитрати кальцію (68%) та кальцій, зв'язаний з казеїном (близько 22% всього кальцію). У роботах [4; 5] відзначено, що фосфати кальцію знаходяться у молоці у вигляді тризаміщеного ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), двозаміщеного (CaHPO_4), однозаміщеного ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) та інших більш складних солей.

Відомо, що більша частина вищезазначених солей знаходиться у колоїдному стані (70...80%), а решта (20...30%) – у вигляді істинного розчину. Співвідношення цих форм впливає на кількість іонізованого кальцію у молоці, що, у свою чергу, визначає ступінь дисперсності та гідратації білкових молекул, стабільність під час зберігання та переробці.

Натомість з літературних джерел [1; 4] відомо, що зменшення кількості іонів кальцію спричиняє підвищення негативного заряду міцел казеїну та попереджає їх з'єднання в агрегати, що забезпечує стабілізацію функціонально-технологічних властивостей молока. Тому в межах вирішення певних технологічних завдань властивості молока можуть бути скореговані за рахунок регулювання його сольового складу шляхом вилучення іонів кальцію сорбентами на основі альгінату натрію. Можна прогнозувати, що результатом цього стане руйнування міцелярної та субміцелярної структури казеїнаткальційфосфатного комплексу, і, як наслідок, підвищення термо- та кислотостійкості, поверхневої активності та агрегативної стійкості харчових систем на основі молока.

Мета та завдання статті. Метою наших досліджень є визначення закономірностей адсорбції іонів кальцію сорбентом на основі альгінату натрію із розчинів кальцієвмісних солей ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), що входять до складу молока. Дослідження проводилися на модельних системах (розчинах солей); як сорбент використано альгінат натрію, який є слабокислотним іонообмінником, обмінна здатність якого залежить від концентрації, значення рН, температури та інших факторів.

Вміст іонів кальцію визначали за допомогою селективного кальцієвого електроду. Постійним параметром була початкова концентрація іонів кальцію (0,126; 0,007; 0,004%), змінними – концентрація альгінату натрію, поверхня сорбції.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою моделювання процесу адсорбції іонів кальцію отримували насичені розчини фосфатів кальцію за температури $t = 18...19^{\circ}\text{C}$, концентрація іонів кальцію в розчинах одно-, дво- та тризаміщеного фосфату кальцію становила 0,126; 0,007 та 0,004% відповідно. З урахуванням вищенаведених вихідних даних було здійснено декальцинування надосадочної рідини з насичених розчинів фосфатів кальцію за різної концентрації сорбенту (альгінату натрію).

Експериментальними дослідженнями встановлено, що за умов адсорбції іонів кальцію із розчинів дво- та тризаміщеного фосфату кальцію отримували в'язку систему, що унеможливило процес вимірювання зв'язаного кальцію з огляду на метод, що використовувався під час досліджень. Ймовірно останнє пов'язано з досить низькою концентрацією іонів кальцію в системі, внаслідок чого утворюється не гель, а в'язкий розчин. Отже, дослідження закономірностей адсорбції іонів кальцію з вищевказаних сполук на цьому етапі недоцільно з урахуванням їх низької розчинності.

Результати експериментальних даних щодо адсорбції іонів кальцію з надосадочної рідини насиченого розчину однозаміщеного фосфату кальцію наведено на рис. 1 (а, б), 2 (а, б).

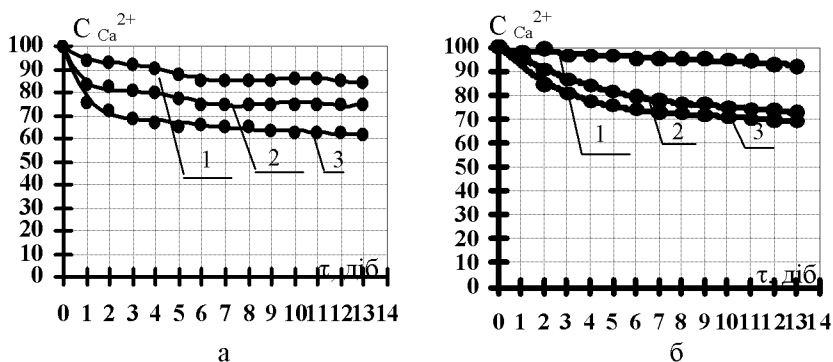


Рисунок 1 – Динаміка зміни вмісту іонів кальцію в розчині однозаміщеного фосфату кальцію ($C_{Ca^{2+}}$ початкове = 0,126%) у часі за умов їх сорбції AlgNa ($C = 5,25\%$): а) 1, 2, 3 – альгінат натрію вводився у вигляді гранул (30; 50 та 70 г) відповідно; б) 1, 2, 3 – альгінат натрію вводився у вигляді пласта (30; 50 та 70 г) відповідно

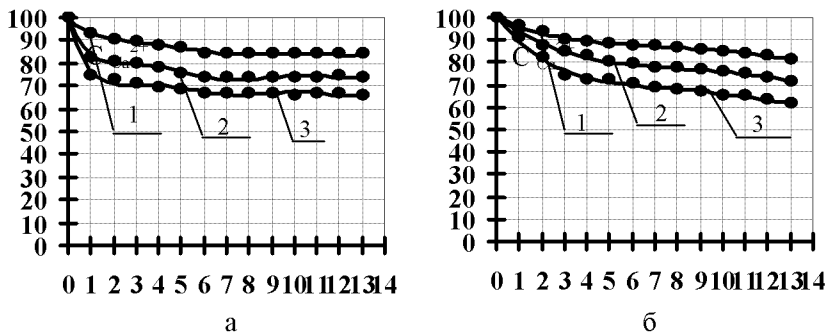


Рисунок 2 – Динаміка зміни вмісту іонів кальцію в розчині однозаміщеного фосфату кальцію ($C_{Ca^{2+}}$ початкове = 0,126%) у часі за умов їх сорбції AlgNa ($C = 10,5\%$): а) 1, 2, 3 – альгінат натрію вводився у вигляді гранул (15; 25 та 35 г) відповідно; б) 1, 2, 3 – альгінат натрію вводився у вигляді пласта (15; 25 та 35 г) відповідно

Аналіз експериментальних даних, наведених на рис. 1; 2, дозволяє константувати, що процес адсорбції іонів кальцію проходить у часі з максимальною швидкістю у перші $24 \cdot 60^2$ с. Причиною гальмування процесу, вірогідно, є структура водного розчину альгінату натрію й альгінат натрію – альгінат кальцію системи, що ускладнює дифузію іонів кальцію в об'ємі реагуючої суміші.

Експериментально доведено, що площа сорбції впливає на швидкість адсорбції іонів кальцію із розчинів. Так, введення альгінату натрію у вигляді гранул дозволяє збільшити питому поверхню адсорбції, наслідком чого є інтенсифікація процесу та більш високі значення сорбованого кальцію.

Отримані експериментальні дані за співвідношенням вихідних речовин - альгінат натрію:кальцій = 3,6:0,288 (рис. 1; 2, крива 1) відрізняються меншими кількісними значеннями незв'язаного кальцію в системі порівняно з іншими, що супроводжується отриманням гелю, структурно-механічні показники якого характеризують його як слабкий гель, унеможливаючи цим процес видалення його на завершальному етапі процесу. Це пояснюється низькою масовою концентрацією альгінату натрію, що згідно з аналітичними дослідженнями не залежно від проміжку часу не призведе до повного декальцинування системи.

Використання співвідношення альгінат натрію:кальцій = 7,2:0,288 в процесі адсорбції іонів кальцію з надосадочної рідини насиченого розчину фосфату кальцію, що наведені на рис. 1; 2 крива 3, з одного боку, призводить до зростання темпів гелеутворення, що може

привести до бажаної інтенсифікації процесу, а, з іншого, – не є ефективним з точки зору матеріальних витрат на проведення процесу. Натомість використання концентрацій реагуючих речовин за співвідношенням альгінат натрію:кальцій = 6:0,288 (рис. 1; 2, крива 2) приводить до отримання системи, що за кількістю та швидкістю сорбції має оптимальні показники відносно інших, крім того забезпечує максимальну реалізацію хімічного потенціалу реагуючих речовин (рис. 1; 2).

Одним з параметрів, що досліджувався, була в'язкість розчину альгінату натрію. Експериментально доведено (рис. 1; 2), що з підвищенням в'язкості відбувається зниження інтенсивності (швидкості) процесу. Так, у випадку використання альгінату натрію, концентрація якого в системі складає 5,25%, максимальна кількість декальцинованого кальцію складає 38%, а за концентрації 10,5...30% сорбованого кальцію.

Експериментальні дослідження щодо впливу температури на процес, вказують на те, що процес залежить від температурних умов. Так, за температури 16...20⁰ С процес йде інтенсивніше майже в 1,4 рази ніж за температури 4...6⁰ С, що обумовлюється більшою рухливістю молекул у розчинах за збільшених температур.

Висновки. Результатом проведених експериментальних досліджень на модельних системах стало визначення закономірностей проведення процесу адсорбції іонів з розчину фосфатів кальцію:

- найбільш інтенсивно процес адсорбції іонів кальцію альгінатом натрію здійснюється протягом (18...24)·60² с (від 60 до 65% від загальної кількості сорбованого кальцію протягом всього часу експериментальних досліджень);

- швидкість сорбції залежить від концентрації AlgNa: за інших рівних умов з підвищенням площі сорбції кількість кальцію, що сорбується альгінатом натрію, збільшується;

- підвищення концентрації альгінату натрію супроводжується збільшенням швидкості сорбції;

- з підвищенням температури процес адсорбції іонів кальцію з розчинів проходить інтенсивніше, проте необхідно враховувати, що молоко являє собою систему, для якої за підвищених температур характерна мікробіологічна нестабільність.

Отримані закономірності є експериментальним підґрунтям для визначення параметрів декальцинування молока та регулювання його сольового складу.

Список літератури

1. Донская, Г. А. Использование ионнообменных процессов для регулирования состава и свойств молочного сырья и получения экологически чистой продукции [Текст] / Г. А. Донская, Г. П. Тихомиров // Переработка молока. – 2004. – № 9. – С. 27–29.
2. Грошев, И. П. Мембранные технологии в молочной промышленности [Текст] / И. П. Грошев, С. В. Зверев // Переработка молока. – 2004. – № 12. – С. 20–21.
3. Пономарев, А. Н. Питьевое пастеризованное молоко с увеличенным сроком хранения [Текст] / А. Н. Пономарев, М. А. Барбашина // Молочная промышленность. – 2005. – №5. – С. 44–45.
4. Горбатова, К. К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] : учеб. пособие для студентов техникумов / К. К. Горбатова. – М. : Колос, 1997. – 287 с.
5. Состав и свойства молока как сырья для молочной промышленности [Текст] : справочник / Н. Ю. Алексеева [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1986. – 239 с.

Отримано 30.09.2009. ХДУХТ, Харків.

© Р.В. Плотнікова, Н.Г. Гринченко, П.П. Пивоваров, 2009.

УДК 637.358.073:539.376

П.В. Гурський, канд. техн. наук, доц. (*ХНТУСГ, Харків*)

Д.О. Бідок, асп. (*ХДУХТ, Харків*)

Ф.В. Перцевой, д-р техн. наук, проф. (*ХДУХТ, Харків*)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АГАРУ НА РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАСТ ЗАКУСОЧНИХ

Досліджено вплив концентрації агару на реологічні характеристики паст закусочних. Встановлено залежність відносної еластичності, пластичності та пружності продукту від вмісту агару в рецептурі.

Исследовано влияние концентрации агара на реологические характеристики паст закусочных. Определена зависимость относительной эластичности, пластичности и упругости продукта от содержания агара в рецептуре.

The effect of concentration of agar on the rheological characteristics of pastes eateries. The dependence of the relative elasticities, plasticity and plasticity of the product from the content of agar in the recipe.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Реологічні дослідження в сукупності з іншими науковими дослідженнями дозволя-