

Р.В. Плотнікова, асп.

Н.Г. Гринченко, канд. техн. наук

П.П. Пивоваров, д-р техн. наук

ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМОСТАБІЛЬНОСТІ МОЛОКА ШЛЯХОМ РЕГУЛЮВАННЯ ЙОГО СОЛЬОВОГО СКЛАДУ

Визначено поняття термостабільності молока. Запропоновано підвищення термостабільності за рахунок регулювання сольового складу молока шляхом декальцинування сорбентом на основі альгінату натрію. Наведено результати досліджень впливу технологічних чинників (концентрації сорбенту, рН) на термостабільність молока. Запропоновано шляхи впровадження отриманих результатів.

Определено понятие термостабильности молока. Предложено повышение термостабильности за счет регулирования солевого состава молока путем декальцинирования сорбентом на основе альгината натрия. Приведены результаты исследований влияния технологических факторов (концентрация сорбента, рН) на термостабильность молока. Предложены пути внедрения полученных результатов.

The concept of stability of thermomilk is defined. Increase of thermostability at the expense of regulation of salt structure of decalcified of sorbent on the basis of Na alginate is offered. Results of researches of influence of the technological are resulted factors (concentration of sorbent, рН) on thermostability of milk. Ways of realisation of the received results are offered.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Молоко являє собою складну колоїдно-дисперсну систему, властивості якої визначаються його хімічним складом та агрегатним станом фаз. Хімічний склад молока зумовлюється наявністю води (87...89%), білків (2,8...3,4%), ліпідів (3,1...4,3%), вуглеводів (4,5...4,7%), мінеральних речовин (0,6...0,8%), ферментів, вітамінів, гормонів та інших компонентів [1], що формують його поживну цінність та технологічні властивості. Стосовно агрегатного стану основних складових молока слід відзначити наявність колоїдних часточок, які представлені казеїном, сироватковими білками та фосфатами кальцію, грубодисперсних часточок жирової фази та істинним розчином, у якому міститься солі мінеральних речовин, молочний цукор, водорозчинні вітаміни, небілкові азотисті речовини, органічні кислоти, ароматичні речовини. Саме наявність вищевказаних фаз визначає стабільність молока як цілісної системи під час зберігання та переробки.

У технології харчової продукції, зокрема, солодких страв (морозиво, креми, тощо) за умов використання молока як основного інгредієнта важливим є його технологічні властивості, до яких відносять здатність до піноутворення та емульгування, швидкість сичугової коагуляції, термостабільність тощо. Слід зазначити, термостабільність визначає колоїдну цілісність та стабільність системи за умов підвищення температури, що набуває особливої важливості в технології страв, де технологічним процесом передбачається теплова обробка (пастеризація) сумішей. При цьому до складу останніх входить як молоко, так і інші компоненти (цукор, плодово-ягідна сировина), які можуть призвести до зміни термостабільності молока та функціонально-технологічних властивостей основних речовин сировини. З урахуванням зазначеного визначення шляхів підвищення термостабільності молока є важливим технологічним завданням, яке потребує вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними [2] термостабільність (чи термостійкість, теплостабільність) – це технологічна властивість молока витримувати дію високих температур без коагуляції білкової складової. З літературних джерел [1; 2] відомо, що на даний показник впливають такі чинники, як рН, концентрація іонів Ca, Mg, P і цитратів, вміст сухого знежиреного залишку, загального білка (у т.ч. окремих білків), ступінь дисперсності та гідратації білкових часточок та ін.

Питанню визначення термостабільності молока присвячено праці багатьох вчених [1; 2-5]. На сьогоднішній день з метою підвищення термостабільності молока широко застосовується хімічна стабілізація – внесення додаткових інгредієнтів (солі натрію бікарбонату, цитрату або двозаміщеного фосфату), які підвищують стійкість системи під час нагрівання [3]. Проте за цих умов постає певне коло питань, що потребує вирішення: безпека харчових продуктів, необхідність використання додаткових матеріалів та можливість використання цих способів не лише для молока, а й систем на його основі.

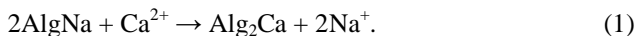
Поряд з хімічною стабілізацією за даними [3; 4] перспективним з точки зору підвищення термостабільності молока є застосування іонообмінних процесів, що дозволяє цілеспрямовано впливати на властивості сировини за рахунок зміни її сольового складу. Процес іонообміну традиційно проводять за умов використання іонообмінних смол, серед яких найбільш поширеними вважають синтетичні. В основу процесу іонообміну покладено реакцію іонообміну: $RNaK + Ca^{2+}, Mg^{2+} \rightarrow RCaMg + Na^+ + K^+$, внаслідок якої з

дисперсійного середовища виводяться катіони (що є одним із чинників стабільності молока під час теплової обробки) й одночасно молоко збагачується калієм та натрієм.

Необхідною умовою регулювання сольового складу молока згідно з технологією, що передбачає проведення процесу в спеціальних приладах (іонообмінниках), є використання молока лише за певних умов (рН, температура). Саме останнє і унеможливило проведення процесу в багатокомпонентних системах. Слід зазначити, що застосування іонообміну з використанням синтетичних іонітів має й інші недоліки, зокрема, можливість потрапляння до молока речовин, які використовувалися під час синтезу іоніту, продуктів їх розпаду, що накопичуються під час експлуатації та регенерації сорбенту. З огляду на зазначене перспективним є використання для іонообмінної обробки молока та сумішей на його основі сорбентів природного походження, зокрема, альгінату натрію.

Мета та завдання статті. Метою наших досліджень є визначення впливу технологічних чинників (рН, концентрація альгінату натрію) на термостабільність декальцинованого молока.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами висунута гіпотеза про можливість регулювання сольового складу молока шляхом його декальцинування сорбентом на основі альгінату натрію [5]. Як вказувалось раніше, кількість іонного кальцію в молоці є одним з чинників, що впливає на стабільність молока під час теплової обробки. Необхідно зазначити, що кількість іонізованого кальцію може збільшуватись за рахунок введення до молока інших інгредієнтів, які здатні корегувати рН, із метою формування сумішей. Останнє може призвести до зниження активної кислотності, а отже – збільшення вільного кальцію, що по відношенню до білкової складової виконує дестабілізуючу функцію. Передумовою доцільності використання як сорбенту альгінату натрію є здатність його до іонообмінної реакції, яка у загальному вигляді описується рівнянням 1:



Введення сорбенту до молока проводять крапельним шляхом, процес декальцинування здійснюють за температури $4 \dots 8^{\circ}\text{C}$ протягом $(90 \dots 100) \cdot 60 \text{ C}$, після чого сорбент видаляють. Експериментально встановлено можливість зниження кальцію до 10% від його початкового вмісту за використання альгінату натрію як сорбенту.

Експериментальними дослідженнями визначено вплив технологічних чинників на термостабільність молока в межах температур $0 \dots 100^{\circ}\text{C}$, декальцинованого сорбентом на основі

альгінату натрію. Декальцинування здійснювалось за наступних параметрів: $t = 4...8^{\circ}\text{C}$, $C_{\text{AlgNa}} = 1,0...2,0\%$, $\text{pH} = 5,0...5,5$, співвідношення сорбент на основі альгінату натрію : молоко = 1:2. Показник термостабільності встановлювали шляхом визначення оптичної густини систем на основі молока за співвідношення молоко : вода = 1:50 в діапазоні температур $10...100^{\circ}\text{C}$ та за алкогольною пробою.

Результати дослідження термостабільності декальцинованого молока за умов декальцинування сорбентом за різної концентрації альгінату натрію та різних значень pH наведено на рисунку (а, б).

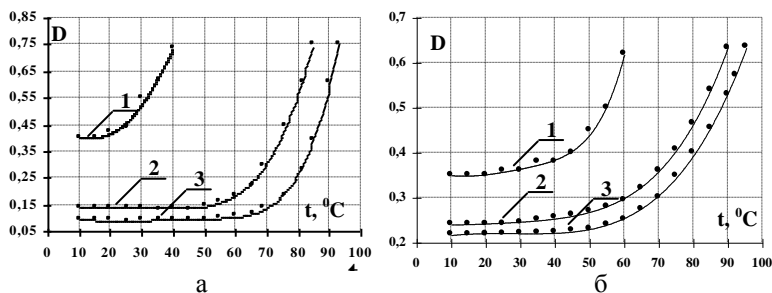


Рисунок – Залежність оптичної густини від температури молочних систем на основі молока (1), молока декальцинованого за $C_{\text{AlgNa}} = 1,0\%$ (2), молока декальцинованого за $C_{\text{AlgNa}} = 2,0\%$ (3): а, б – за pH 5,0 та 5,5 відповідно

Аналіз отриманих даних свідчить, що всім зразкам притаманний загальний характер підвищення оптичної густини за умов підвищення температури. З рисунка а (крива 1) видно, що підвищення оптичної густини для систем на основі недекальцинованого молока спостерігається вже за температури 25°C , систем на основі декальцинованого за концентрації в сорбенті альгінату натрію $1,0\%$ та $2,0\%$ (крива 2, 3) – відповідно за 60°C та 70°C . Натомість використання $1,0\%$ розчину альгінату натрію як іонообмінника (крива 2) призводить до збільшення оптичної густини системи за температури 60°C , що вказує на дестабілізацію білкової складової молочної сировини за подальшого нагрівання.

Аналіз даних рисунка б свідчить, що процес регулювання сольового складу молока шляхом декальцинування призводить до отримання більш термостабільних систем, як і за pH 5,0. Так, за умов декальцинування молока розчином альгінату натрію за концентрації $2,0\%$ молоко витримує нагрівання без коагуляції білкової складової до

95...97⁰ С. Крім того, термостабільність цього зразка визначали також за алкогольною пробою, отримані результати свідчать, що вищевказана молочна сировина за умов додавання 68% спирту не коагулює.

Аналіз отриманих даних (рисунок а, б) свідчить, що системи на основі недекальцинованого молока (криві 1) характеризується більшим значенням показника оптичної густини. Імовірно, за умов зниження рН в молочній сировині до 50% колоїдного кальцію переходить у розчинний стан і може осаджатись на казеїнат-кальцій-фосфатному комплексі, внаслідок чого утворюються міцели з більшим діаметром, що здатні до агрегації. Імовірно, видалення кальцію з комплексу супроводжується розпадом на невеликі часточки казеїнатів кальцію, що сприяє отриманню розчинних комплексів казеїнової фракції, внаслідок чого оптична густина систем на основі декальцинованого молока менше порівняно з контрольним зразком. У рамках вищевказаного необхідно зазначити, що зменшення діаметра казеїну, імовірно, повинно призводити до більшої гідратації казеїнових часточок, бо відомо, що казеїн-кальцій-фосфатні часточки зв'язують значну кількість води. Зв'язана вода на поверхні електрично заряджених часточок утворюється внаслідок полярності молекул води, в результаті чого, імовірно, біля часточки може утворюватись зв'язана дифузійна водна сфера. Проте її зовнішній шар слабо зв'язаний з поверхнею колоїду та легко може відокремлюватись від неї за умов підвищення температури.

Співставлення оптичної густини систем на основі молока за рН 5,0 та рН 5,5 дозволяє стверджувати, що її зміна є закономірним явищем. Під час нагрівання відбувається кальцій-індуційоване осадження казеїну, що, скоріш за все, відбувається наступним чином. У процесі нагрівання вільний кальцій, концентрація якого збільшена за рахунок зниження рН молока, осаджується на поверхні міцел і агрегує казеїнові часточки.

Проте за умов чіткого розуміння поставлених завдань в технології виробництва солодких страв можливе використання як молочної сировини за рН 5,0, так і за рН 5,5, коригуючи лише параметри теплової обробки. Крім того, згідно з літературних даних [1] використання попередньої теплової обробки дозволяє отримати більш стабільну молочну сировину, а отже, з одного боку, спростити теплову обробку, виключаючи необхідність чіткого контролю та певних параметрів теплової обробки, а, з іншого, – вводити в технологічний процес додаткову операцію з попереднього нагрівання молока до температур пастеризації.

Висновки. Проведені дослідження термостабільності декальцинованого молока дозволяють зробити наступні висновки:

– декальцинування сприяє отриманню молочної сировини, що залишається стабільною в значно більшому діапазоні температур, ніж недекальциноване;

– використання як сорбенту альгінату натрію в процесі декальцинування є ефективним з точки зору сорбції іонів кальцію з дисперсійного середовища молока;

– концентрація альгінату натрію впливає на термостабільність молока: за збільшеної концентрації молоко є більш термостабільним;

– значення активної кислотності впливає на термостабільність, і за однакових інших умов системи на основі молока за рН 5,5 мають більш низьке значення оптичної густини, що вказує на отримання більш термостабільного молока, що витримує нагрівання за температури 95...97⁰ С.

Процес декальцинування може використовуватись як для молока безпосередньо, так і для сумішей, до складу яких входять і інші інгредієнти, що можуть вплинути на термостабільність. Одним із очевидних напрямів впровадження отриманих результатів є розробка технологій сумішей на основі молока та плодово-ягідної сировини, що потребує спільної теплової обробки.

Список літератури

1. Тепел, А. Химия и физика молока [Текст] / А. Тепел. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 624 с.
2. Состав и свойства молока как сырья для молочной промышленности [Текст] : справочник / Н. Ю. Алексеева [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1986. – 239 с.
3. Щедушнов, Д. Е. Термоустойчивость молока и экономика [Текст] / Д. Е. Щедушнов // Переработка молока. – 2005. – № 8. – С. 22.
4. Донская, Г. А. Способы повышения термостабильности молока [Текст] / Г. А. Донская, Г. П. Тихомирова. – М. : Агропромиздат, 1982. – 165 с.
5. Плотнікова, Р. В. Дослідження закономірностей сорбції іонів кальцію із розчинів кальційвміщуючих солей в рамках отримання молока з регульованим сольовим складом [Текст] / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Харків, 2009 – Вип. 2 (10) – С. 573.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

© Р.В. Плотнікова, Н.Г. Гринченко, П.П. Пивоваров, 2010.