

<https://doi.org/10.53656/nat2025-3.27>

Олимпиади, състезания,
конкурси по природни науки
Olympiads, Competitions in Natural Sciences

ХИМИЯ НА МЛЕЧНИТЕ ПРОДУКТИ

Категория „Презентация“, възрастова група 8. – 10. клас

Пламена Боиклиева, 10 клас¹
Ръководител: Дафинка Юрчиева
Средно училище „Антим I“ – Златоград

Резюме. Химията на храните е основна дисциплина, която изучава състава и химичните реакции на хранителните компоненти по време на тяхната обработка, допринасяйки за създаването на по-качествени и безопасни продукти. Кравето мляко е богато на хранителни вещества: съдържа вода, белтъци (суроватъчни, казеини, млечни), мазнини (триглицериди, фосфолипиди, витамини А, D, E, K), въглехидрати (лактоза) и минерали (калций, натрий, калий, магнезий).

Млечнокиселата ферментация, осъществявана от бактерии като *Lactobacillus* и *Streptococcus*, превръща пирувата в млечна киселина. Този процес удължава срока на годност и подобрява вкуса на ферментиралите продукти. При производството на сирене млякото се подсирва с мая и калциев дихлорид, осигуряващ стабилна структура. Наличието на хлоридни йони в саламурата се доказва със сребърен нитрат. Ненаситените мазнини се доказват с йод, а казеинът се изолира и идентифицира чрез биуретова и кантопротеинова реакция.

Ключови думи: кравето мляко; млечнокисела ферментация; казеин; ненаситени мазнини; сирене

Въведение

Химията на храните е една от областите, включени в мултидисциплинарната област на хранителната наука. Тя изучава хранителните компоненти, като белтъци, въглехидрати, мазнини и вода, както и реакциите, които тези компоненти претърпяват по време на обработката и консервирането на храната (Potter, 1968).

Учените използват методи за статистически контрол на качеството, за да оценят хранителните компоненти и да определят аспектите на безопасността и качеството на хранителните продукти. Химията на храните обхваща различни понятия – от биохимикали до ензими и видове техники за обработка на храни, които предоставят знания за разработване на по-качествени, по-безопасни и питателни продукти за потребителите (Potter, 1968).

Състав на кравето мляко

Кравето мляко е богата на хранителни вещества храна, състояща се от различни количества въглехидрати, мазнини и белтъци. Основните съставки на кравето мляко са вода (87,4%) и млечни твърди вещества (12,6%), които включват белтъци, мазнини, въглехидрати, минерали и витамини. Млякото съдържа и следи от други вещества – пигменти, ензими, витамини и фосфолипиди (Taylor & Kabourek, 2003).

Белтъците в млякото се делят на следните групи: суроватъчни, казеини и млечни белтъчини, всяка с различен състав и свойства. Суроватъчните белтъци се предлагат като концентрат (25 – 89% белтък), изолат (90 – 95% белтък, почти без лактоза и мазнини) и хидролизат (80 – 90%, с разградени пептиди за лесно усвояване). Казеинът съдържа почти 100% белтък, а казеинатите са по-разтворими и използвани в храни. Млечните белтъчини са концентрат (42 – 85% белтък) и изолат (над 90%, почти без лактоза), със съотношение казеин/суроватка 80/20 – същото като в млякото².

Млечната мазнина е сложен липид, съществуващ като емулсия масло във вода, където малки капчици са диспенсирани в млечния серум (Taylor & Kabourek, 2003). Основният ѝ състав включва триглицериди, както и по-малки количества моно- и диглицериди, мастни киселини, стероли, каротеноиди (отговорни за жълтия ѝ цвят) и витамини А, D, Е и К (Bylund, 1995). Освен тях в състава на млечната мазнина присъстват фосфолипиди, стероли и восъци (Taylor & Kabourek, 2003).

Основният въглехидрат в млякото е лактозата – дизахарид, съставен от молекула глюкоза и молекула галактоза. Кравето мляко съдържа около 4,8% лактоза (12 – 12,5 g лактоза на чаша). Вкисването на млякото се дължи на ферментацията на лактозата до млечна киселина. В малки количества се съдържат и глюкоза, галактоза и олигозахариди (Taylor & Kabourek, 2003).

Млякото съдържа редица минерали с обща концентрация под 1%. Най-важните соли са на калция, натрия, калия и магнезия. Те се срещат като фосфати, хлориди, цитрати и казеинати. Калиеви и калциеви соли са най-изобилни в нормалното мляко (Bylund, 1995).

Млечнокисела ферментация

Млечнокиселата ферментация е форма на анаеробно дишане, при която бактерии като *Lactobacillus* и *Streptococcus* превръщат пирувата в млечна киселина ($C_3H_6O_3$). Така се регенерира NAD^+ и се осигурява продължаване на гликолизата за производство на АТФ при ниско съдържание на кислород. Ферментационният капацитет на тези бактерии често се оценява чрез способността им да разграждат сурово картофено нишесте – източник на хранителни вещества за микроорганизмите (Taylor & Kabourek, 2003).

Съществуват два основни типа млечнокисела ферментация – млечна и гъбично-млечна, в зависимост от участващите микроорганизми. При гъбично-млечната ферментация се използват и дрожди, които заедно с млечнокиселите бактерии създават продукти като кефир и кумис с алкохолно съдържание (Taylor & Kabourek, 2003).

Производството на ферментирани млечни продукти преминава през няколко етапа: пастеризация на млякото, поддържане на оптимална температура, добавяне на специфична закваска, инкубиране при контролирани условия, охлаждане и опаковане (Taylor & Kabourek, 2003).

Ферментиралото мляко има редица предимства: по-дълъг срок на годност, подобрени вкусови и ароматни качества и множество здравословни ползи. Сред тях са противоракови, антидиабетни и антизатлъстяващи ефекти, което прави тези продукти ценна част от балансираното хранене (Taylor & Kabourek, 2003).

Направа на сирене

Сиренето е един от най-предпочитаните млечни продукти, а приготвянето му в домашни условия е лесно и достъпно.

В дълбока тенджерата се наливат три литра прясно мляко и се поставя на котлона (фиг. 1). След като млякото достигне температура 35°C, с помощта на пипета се добавят 15 капки мая за сирене (по 5 капки на литър). Тенджерата се сваля от котлона и се покрива с капак, след което се завива с две кухненски кърпи – за да се осигури постоянна температура. Подсиреното мляко се оставя да престои два часа.



Фигура 1



Фигура 2

След този период тенджерата се отвива, а полученото сирене се нарязва с нож на малки калъпчета. Отново се поставя капак, за запазване на температурата, и се оставя за още един час, за отделяне на суроватката. След това подсиреното мляко се изсипва в леко навлажнен тензух, който се завързва и

се оставя да се отцеди (фиг. 2). На следващия ден сиренето се изважда, овалва се в морска или готварска сол, завива се в торбичка и се поставя в хладилник. След 5 – 6 часа солта се разтапя, а сиренето се стяга.

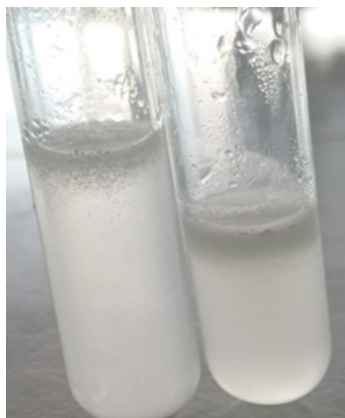
Доказване на калциев дихлорид в сиренето

Калциевият дихлорид (CaCl_2) е необходим при производството на сирене, тъй като възстановява естествения баланс между калция и белтъците в млякото. Това гарантира стабилна и неронлива структура на сиренето. При липса на калций структурата на казеина би била нестабилна, което би затруднило производството не само на сирене, но и на други млечни продукти.

Наличието на калциев дихлорид в саламурата от сиренето може да бъде доказано чрез химичен анализ. В епруветка се налива част от саламурата, която съдържа разтворени соли, включително евентуално калциев дихлорид. За да се докаже наличието на хлоридни йони (Cl^-), към разтвора се добавят няколко капки сребърен нитрат (AgNO_3) при внимателно разбъркване. Ако в разтвора има хлоридни йони, се наблюдава образуване на бяла, светлочувствителна утайка от сребърен хлорид (AgCl) (фиг. 3). Този тест потвърждава, че в саламурата присъстват хлоридни йони, които могат да произхождат както от калциевия дихлорид, така и от добавения натриев хлорид.



Фигура 3



Фигура 4

Калциевите йони (Ca^{2+}) могат да се докажат по два начина. При първия метод към саламурата се добавя оксалова киселина ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), която реагира с калциевы йони и образува утайка, показваща наличието им, но и други двувалентни йони образуват оксалатни утайки (фиг. 4).

Опитът, който еднозначно доказва калциевы йони, е оцветяването на пламъка (фиг. 5). За него използвахме спирт, порцеланова ладийка и саламура.

В съда се смесват спирт и саламура, след което течността се запалва. Ако пламъкът се оцвети в керемидено червен цвят, това доказва наличието на калциеви йони в саламурата.



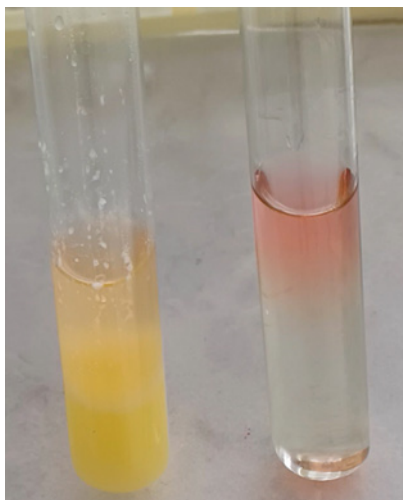
Фигура 5

Доказване на ненаситени мазнини в маслото

Ненаситените мазнини са жизненоважни за организма, тъй като намаляват риска от сърдечносъдови заболявания, подпомагат усвояването на мастноразтворимите витамини и са основен източник на есенциални мастни киселини като омега-3 и омега-6. За да се докаже наличието на ненаситени мазнини в различни продукти, може да се проведе качествена реакция за доказване на сложна връзка. Достъпно в лабораторни условия е опит с йод.

Първо се приготвя разтвор на йод в органичен разтворител – хексан. Йодът, като неполярна молекула, се разтваря преимуществено в неполярния разтворител, който се оцветява в розово-виолетово.

В една епруветка се налива олио, а в друга се поставя твърдо масло, което се разтопява. С помощта на пипета към всяка от мазнините се добавя от разтвора на йод в хексан. Наблюдава се обезцветяване на йодния разтвор, признак че е протекла присъединителна реакция. Обезцветяването на йода е качествен тест за откриване на ненаситени мазнини (фиг. 6).



Фигура 6

Този експеримент доказва, че както олиото, така и маслото съдържат ненаситени мастни киселини. Степента на обезцветяване може да варира в зависимост от вида и количеството на ненаситените връзки в различните мазнини.

Извличане на казеин от мляко и доказване на белтъчната му природа

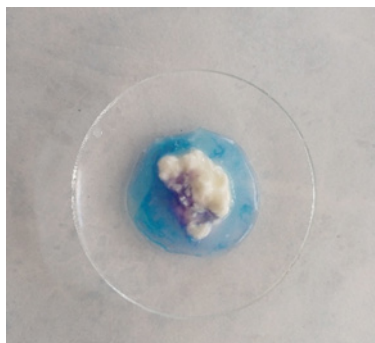
Казеинът е основен млечен белтък и един от главните алергени в млякото. При хора с млечна алергия (различна от лактозна непоносимост), имунната система реагира на млечните протеини, включително казеина. Затова доказването на неговото наличие е важно при производството на безмлечни продукти и при идентифициране на алергени в храни.

За да се изолира казеин от мляко, се загряват 200 мл прясно мляко до 40°C, така се избягва бързото пресичане и образуването на нежелани съсиреци. При достигане на нужната температура се добавят няколко капки оцетна киселина и сместа се разбърква внимателно. Киселината предизвиква утаяване на казеина, който се отделя като бели частици.

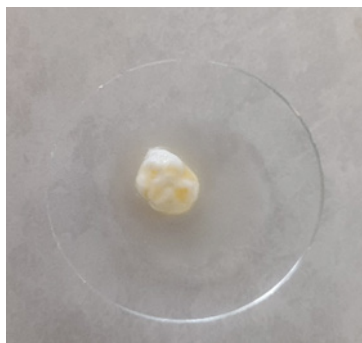
Получената смес се прецежда през филтърна хартия или тензук, за да се отдели твърдата утайка (казеин) от суроватката. След това казеинът се подлага на качествен анализ за белтъци чрез две класически реакции.

При първата се добавят капки меден сулфат (CuSO_4) и натриева основа (NaOH) към казеина. Образуването лилаво оцветяване е признак за наличие на белтъци (наличие на пептидна връзка) и е известно като биуретова реакция (фиг. 7). Във втория опит се капват няколко капки концентрирана азотна киселина (HNO_3) – появата на жълто оцветяване е признак за наличие на ароматни

аминокиселини в молекулата на белтъците, известен като ксантопротеинова реакция (фиг. 8).



Фигура 7



Фигура 8

Направените опити доказват:

- 1) в домашно приготвеното сирене има калциев дихлорид (доказани и калциеви, и хлоридни йони);
- 2) в кравето масло има и ненаситени мазнини;
- 3) казеинът има белтъчна природа и може да бъде извлечен от млякото и доказан с качествените реакции за белтъци.

БЕЛЕЖКИ

1. Втора награда в категория „Презентация“, възрастова група 8. – 10 клас и специална награда „Млад експериментатор“
2. <https://www.agropur.com/us/news/proteins-from-milk>

REFERENCES

- Bylund, G. (1995). *Dairy Processing Handbook*. Tetra Pak.
- Potter, N. (1968). *Food science*. AVI Publishing Co.
- Taylor, S. L. & Kabourek, J. (2003). Food Intolerance: Milk Allergy. In: B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (2th Ed.) (pp. 2631 – 2634). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00510-1>.

DAIRY CHEMISTRY

Abstract. Food chemistry is a fundamental discipline that studies the composition and chemical reactions of food components during processing, contributing to the development of safer, higher-quality products. Cow's milk is rich in nutrients: containing water, proteins (whey, casein, milk), fats (triglycerides, phospholipids, vitamins A, D, E, K), carbohydrates (lactose) and minerals (calcium, sodium, potassium, magnesium).

Lactic acid fermentation, carried out by bacteria such as *Lactobacillus* and *Streptococcus*, converts pyruvate into lactic acid. This process extends the shelf life and improves the taste of fermented products. In cheese production, milk is curdled with yeast and calcium dichloride, which provides a stable structure. The presence of chloride ions in the brine is proven with silver nitrate. Unsaturated fats are proven with iodine, and casein is isolated and identified by Biuret and Xanthoproteic reactions.

Keywords: cow's milk; lactic acid fermentation; casein; unsaturated fats; cheese

✉ **Plamena Mitkova Boiklieva, 10th grade**

Secondary School "Antim I"

Zlatograd, Bulgaria

✉ **Supervisor: Dafinka Yasenova Yurchieva**

Chemistry and Environmental Protection Teacher

Secondary School "Antim I"

Zlatograd, Bulgaria

E-mail: d.yurchieva@su-antim1-zlatograd.com