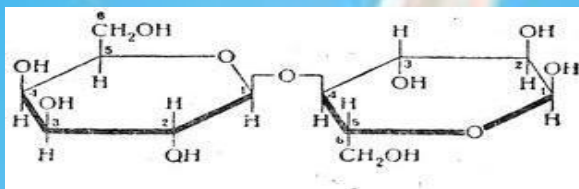


**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА
УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Славов В.П., Шубенко О.І., Ковальчук Т.І.

«Біохімія молока та молочних продуктів»



Видавництво ЖДУ ім. І. Франка

2014

УДК 577.1 : 637.1

ББК

В:

Друкується за рішенням вченої Ради Житомирського національного агроекологічного університету Протокол № 2 від 23 жовтня 2013 року для підготовки фахівців ОКР «Бакалавр» напряму підготовки 6.090102 «Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва» у вищих навчальних закладах III – IV рівнів акредитації.

Рецензенти:

Довгій Ю.Ю. – доктор ветеринарних наук, професор, зав. кафедри паразитології, ветеринарно-санітарної експертизи та зоогієни Житомирського національного агроекологічного університету.

Власенко В.В. – доктор біологічних наук, професор, зав. кафедри технології переробки м'яса, молока та мікробіології Вінницького національного аграрного університету.

В: Славов В.П., Шубенко О.І., Ковальчук Т.І.

Біохімія молока та молочних продуктів: Навчальний посібник. Житомир. – Вид-во ЖДУ

Ім. І.Франка 2013, - 208 с.

Навчальний посібник підготовлений відповідно програми з дисципліни «Біохімія молока та молочних продуктів» 2004 р.). У навчальному посібнику розкритий хімічний склад, фізико-хімічні властивості молока та фізико-хімічні зміни при зберіганні і технологічній обробці молока. Викладені біохімічні та фізико-хімічні процеси при виробництві кисломолочних продуктів, масла, сиру і молочних консервів.

Докладно описані біохімічні аспекти виникнення вад молочних продуктів, основні методи контролю якості молока та молочних продуктів, а також нормативні документи, які використовуються для визначення основних показників якості молока та молочних продуктів.

Славов В.П.
Шубенко О.І.
Ковальчук Т.І.

Вступ	4
1. Історія виникнення біохімії молока як науки	6
2. Загальна характеристика молока	8
2.1. Біологічна і харчова цінність молока та молочних продуктів	7
2.2. Загальний хімічний склад молока	9
2.3. Вода молока	12
3. Суха речовина молока	15
3.1. Загальне поняття про суху речовину молока та методи її визначення	15
3.2. Молочний жир	16
3.3. Білки молока	25
3.4. Молочний цукор	40
3.5. Мінеральні речовини молока	44
3.6. Ферменти молока	47
3.7. Вітаміни молока	49
3.8. Гормони, імунні тіла, пігменти та гази молока	52
4. Молоко як полідисперсна система	55
4.1. Фаза дійсного розчину молока	55
4.2. Колоїдна фаза молока	57
4.3. Фаза емульсії молока	58
5. Фізико-хімічні і органолептичні властивості молока	60
5.1. Кислотність, бактерицидні властивості та окисно-відновний потенціал молока	60
5.2. Густина, в'язкість та поверхневий натяг молока	65
5.3. Осмотичний тиск, температура замерзання і питома електропровідність	66
5.4. Теплофізичні властивості молока	67
5.5. Органолептичні властивості молока	68
5.6. Склад і властивості молока інших тварин	69
5.7. Вади молока та методи їх усунення	75
5.8. Мікрофлора молока	77
6. Зміни у молоці при технологічній обробці	80
6.1. Зміни у молоці при зберіганні і транспортуванні	80
6.2. Механічна обробка молока	81
6.3. Обробка молока низькими плюсовими температурами	83
6.4. Заморожування молока	85
6.5. Теплова обробка молока	87
6.6. Дія світла на молоко	91

7.Біохімічні процеси у основних складових молока	93
7.1.Бродіння молочного цукру	93
7.2.Гідроліз та окислення жирів молока	95
7.3.Розпад білків і зміна амінокислот молока	98
8.Біохімічні і фізико-хімічні процеси при виробництві кисломолочних продуктів	101
8.1.Коагуляція казеїну	101
8.2.Гелеутворення	101
8.3.Фактори, які впливають на властивості згустка молока	104
8.4.Формування біохімічних властивостей кисломолочних продуктів	107
9.Закваски для виготовлення кисломолочних продуктів	108
9.1.Загальна характеристика процесів бродіння	108
9.2.Бактеріальні закваски	110
9.3.Використання молочних заквасок для приготування найбільш поширених продуктів	112
10.Біохімічні і фізико-хімічні процеси при виробництві сиру	121
10.1.Механізм кислотного звертання молока	121
10.2. Процес сичужного звертання білків	121
10.3.Вплив окремих факторів на сичужне звертання білків молока	123
10.4.Біохімічні і фізико-хімічні процеси при обробці згустку сирної маси	125
10.5.Біохімічні зміни складових частин молока при дозріванні сиру	126
10.6. Формування консистенції і рисунку сиру	129
10.7. Особливості біохімічних процесів при виробництві окремих видів сирів	130
11.Фізико-хімічні процеси при виробництві масла і молочних консервів	133
11.1.Фізико-хімічні основи виробництва масла різними способами	133
11.2.Одержання масла шляхом перетворення високожирних вершків	136
11.3.Фізико-хімічні властивості і хімічний склад масла різних способів виробництва	138
11.4.Фізико-хімічні основи виробництва молочних консервів	140
12.Смак і запах молочних продуктів	144
12.1.Сенсорна оцінка молочних продуктів	144
12.2.Характеристика та механізм утворення смакових і ароматичних речовин	145
13.Вади молочних продуктів	146
13.1.Вади кисломолочних продуктів	146

13.2.Вади масла	148
13.2.1.Вади соління, кольору і упакування масла	157
13.3.Вади натуральних сичужних сирів	158
13.3.1.Вади смаку і запаху	158
13.3.2.Вади консистенції сирів	160
13.3.3.Вади рисунку сирів	161
13.3.4.Вади кольору і зовнішнього виду сиру	162
13.4.Вади молочних консервів	163
13.4.1.Вади згущених консервів	163
13.4.2.Вади сухого молока	166
14.Основні методи контролю якості молока і молочних продуктів	167
14.1.Основні методи контролю якості молока	167
14.2.Додаткові дослідження технологічних параметрів молока	175
14.3.Дослідження молочних продуктів на якість	178
14.4.Нормативні документи,які використовуються для визначення основних показників якості молока та молочних продуктів	187
Використана література	188

ВСТУП

Ринок молока і молочних продуктів є невід'ємною частиною всього сільськогосподарського виробництва, яке включає масовість споживання і соціальну значимість. Названі фактори роблять його особливим як на національному, так і глобальному рівнях господарських відносин.

Складний механізм взаємин між виробником, переробником і споживачем в умовах конкуренції роблять його непрозорим, саме тому він має низку прихованих проблем. На наш погляд їх вирішення, дасть змогу забезпечити населення високоякісними готовими молочними продуктами при низьких цінах на них. До поставленої мети можна іти шляхом використання сучасного обладнання, яке у деякій мірі вирішить поставлені завдання, але не повністю. Застосування знань по «Загальній біохімії» і «Технічній біохімії», тобто «Біохімії молока та молочних продуктів», а також спеціальних знань по виробництву «екологічно-чистої продукції» дозволить більш повно і з меншими затратами вирішити назрівші проблеми сьогодення.

Сучасний молокопереробний завод — це спеціалізоване підприємство, яке випускає широкий асортимент молокопродуктів із наповнювачами, добавками, ароматизаторами, барвниками, які за цінами та органолептичними показниками повинні відповідати найвищим вимогам. Тому і постає потреба переорієнтування підготовки спеціалістів переробних підприємств на повний цикл переробки сировини, з використанням харчових продуктів, які мають низьку ціну (порівняно із складовими молока). У той же час, добавки або наповнювачі не повинні впливати на молочну сировину, вступати із нею у реакцію, не псувати органолептичні показники готових продуктів, мати приємний смак або зовсім без нього, позитивно впливати на організм, проявляти нейтральність, не забруднювати навколишнє середовище.

Використання таких речовин дає можливість збільшити кількість товарної продукції, при суттєвому зниженні її собівартості не втрачаючи зовнішнього вигляду.

Всі перераховані цілі закладені у книзі «Біохімія молока та молочних продуктів», яка складається із 14 розділів у яких послідовно, логічно викладені теоретичні аспекти хімічного складу молока і молочних продуктів. Обґрунтовані технологічні параметри виробництва молочних продуктів та визначення якості сировини та готових продуктів. У книзі показано вплив факторів зовнішнього і внутрішнього середовища на якість сировини та готової продукції при зберіганні, переробці та реалізації.

Слід зазначити, що наукові положення і практичні пропозиції викладені у підручнику базуються на експериментальному матеріалі. Наводяться конкретні приклади застосування знань хімічного складу сировини у технологічному процесі.

Вивчення дисципліни дає змогу студентові (майбутньому спеціалістові) поєднати здобуті теоретичні знання з практичним навичкам, при самостійному вирішенні низки технологічних питань і проблем.

Метою даного підручника є закріплення теоретичних знань, на основі пошуку інформативних даних та виконання розрахункових і описових розділів. При цьому спеціаліст набуває навичок практичного застосування одержаних знань у технологічному процесі молокопереробних підприємств, опановує методиками визначення якості сировини, добавок, наповнювачів і готової продукції.

Даний підручник допоможе не лише студентові, але і практичному працівникові знайти відповіді на питання пов'язані із технологічними процесами переробки молока, зміною властивостей його складових при переробці та у процесі зберігання і взаємодії з іншими речовинами. Проаналізувати вплив різних факторів зовнішнього і внутрішнього середовища на якість готової продукції.

1. Історія виникнення біохімії молока як науки.

Великий вплив на розвиток біохімії молока як науки про молоко мали дослідження великих російських вчених І.П.Павлова і І.І.Мечнікова. І.П.Павловим (1849–1936) вперше дано пояснення легкого перетравлення та засвоюваності складових частин молока та молочних продуктів. Йому належить вираз: «Молоко – продукт приготований самою природою», що підкреслює харчову цінність молока.

І.І.Мечніков (1845 – 1916) займаючись питаннями довголіття, першим звернув увагу на лікувальні та дієтичні властивості кисломолочних продуктів, які знайшли підтвердження і в даний час.

Початок систематичного вивчення властивостей молока та молочних продуктів поклав Ав.А.Калантар (1859 – 1937), який по праву вважається основоположником вітчизняної молочної справи. Першу в Росії молочну лабораторію при Євдокимівській молочної школі організував Ав. Калантар. Він займався вивченням процесу виготовлення швейцарського сиру, використанням при його виробництві солей кальцію, розробив формули для розрахунку сухих речовин молока і ін.. Ав. А. Калантар вів велику педагогічну роботу у Московській с.-г. академії ім. Тімірязєва, а потім в Єреванському зооветеринарному інституті.

У Радянський час біохімія молока (хімія молока) як наука була створена проф. Г.С. Ініховим і Я.С. Зайковським. Першому належить чисельні дослідження складу і властивостей молока та молочних продуктів, розроблені методики контролю якості сировини та готових молочних продуктів. Г.С. Ініховим написані (1922 – 1926 рр.) перші підручники «Хімія молока» і «Аналіз молока». У подальшому підручники по біохімії молока і молочних продуктів та практичне керівництво по методах аналізу молока і молочних продуктів перевидавались багато разів. Він педагогічну роботу вів у Вологодському молочному інституті та Московському технологічному інституті м'ясної і молочної промисловості.

Я.С. Зайковський науково-педагогічну діяльність почав у Вологодському молочному інституті, потім багато років працював у Омському с.-г. інституті. Його праці присвячені вивченню складу, фізико-хімічних властивостей молока, хімізму сичужного звертання білків молока, розвитку теорії масла утворення і ін.. Праці Я.С. Зайковського одержали широку відомість, а книга «Хімія і фізика молока та молочних продуктів» видана в 1930 році, перевидавалась в 1938 і 1950 рр.

Великий внесок у справу розвитку біохімії молока вніс професор С.В. Паращук (1873 – 1950). Він вивчав вплив кормів на склад і властивості молока і масла, властивості сичужного ферменту і пепсину. Він перший розробив основи технологій дитячих лікувальних і дієтичних молочних продуктів та організував їх виробництво вперше в СРСР. З 1931 по 1949 рр. завідував кафедрою Ленінградського інститута молочної промисловості.

Розвитку біохімії молока як науки сприяли праці: А.П. Білоусова, Н.П. Брію, Д.А. Граннікова, Р.Б. Давидова, З.Х. Диланяна, П.Ф. Дьяченко, М.М. Казанського, І.І. Клімовського, М.С. Коваленко, А.І. Овчинникова, А.І. Чеботарева і ін..

Плідно працює в Україні над проблемами розвитку питань біохімії колектив Інституту продовольчих ресурсів Української академії аграрних наук (колишній Український НДІ м'ясної і молочної промисловості, який довгий час працював під керівництвом академіка Г.О. Єреська).

Близько чверті століття присвятив вивченню проблем молока, доктор ветеринарних наук В.І.Хоменко. Він здійснив фундаментальний науковий аналіз проблем виробництва молока і молочних продуктів високої санітарної якості. Розробив понад 50 нормативно-технічних документів.

2. Загальна характеристика молока

2.1. Біологічна і харчова цінність молока та молочних продуктів.

Харчування є основним фактором, який забезпечує фізичний і розумовий розвиток та стійкість людського організму до негативних дій, його працездатність, тривалість життя і т.п.. Давні філософи, вчені називали молоко «криницею здоров'я», «соком життя», «білою кров'ю». Дійсно, в природі не існує іншого продукту, крім молока, який містив би таку кількість поживних речовин, які мають високу засвоюваність і позитивний вплив на живий організм.

На сьогоднішній день відомо, що харчування повинно бути раціональним. Сучасна уява про раціональне харчування розроблена АМ наук під керівництвом проф. А.А. Покровського. Під раціональним харчуванням розуміють, не лише забезпеченість організму достатньою кількістю енергії, білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин, вітамінів та інших незамінних факторів живлення, але і надходження цих речовин у певних збалансованих співвідношеннях. Згідно формули збалансованого харчування оптимальним рахується співвідношення між білками, жирами і вуглеводами 1:1:4 (або 1 : 0,8 : 3,5-4), між рослинними

і тваринними жирами 1:3, між кальцієм і фосфором 1:1,5 – 1,8, між кальцієм і магнієм 1:0,6, між білком і вітаміном С 1:1000 (тобто на 1 г білку повинно поступати 1 мг вітаміну С) і т. д.

Тобто харчова цінність любого продукту тим вища, чим більше вона задовольняє потреби організму у поживних речовинах. Найбільше в харчовому і біологічному відношенні, серед всіх продуктів харчування (за винятком яєць) – *є молоко та молочні продукти.*

По перетравності і збалансованості амінокислотного складу білки молока відносяться до найбільш біологічно цінних. Їх засвоєння складає 96 – 98%, показник чистої утилізації – 82%. Важливо зазначити, що головний білок молока – казеїн – легко «атакується» і перетравлюється в нативному неденатурованому стані за допомогою протеолітичних ферментів травного тракту.

Біологічну цінність білків визначають по амінокислотному показнику «СКОР» - процентний вміст кожної амінокислоти в досліджуваному білку по відношенню їх вмісту в «ідеальному» білку за шкалою ФАО/ВОЗ (прийнятою в 1973 році).

Для казеїну молока спостерігається деякий дефіцит сірковмісних амінокислот, в основному цистину, але ними багаті сироваточні білки молока, особливо на лізин і триптофан.

Тому введення сироватки у харчові продукти, особливо рослинного походження, різко збільшують їх біологічну цінність, завдяки покращенню ступеня збалансованості амінокислотного складу.

Крім білків, велику цінність у харчуванні людини має жир молока, коефіцієнт перетравності якого становить 97 – 99%. Він всмоктується у організмі людини набагато краще інших жирів тваринного походження завдяки тому, що відносно низька його температура плавлення і знаходиться він у молоці у тонко диспергованому стані. Присутність у молочному жирі дефіцитної арахідонової кислоти, жирних кислот з коротким ланцюгом, а також значної кількості фосфоліпідів та вітамінів (А, Д, Е) підвищують його біологічну цінність. Крім того, співвідношення жиру і білка в молоці близько до оптимального.

Важливим харчовим компонентом молока є лактоза. На відміну від інших цукрів, вона відносно погано розчинна у воді, повільно всмоктується у кишечнику і тому стимулює розвиток у ньому молочнокислих паличок, які утворюють молочну кислоту, знищують гнильну мікрофлору і сприяють кращому всмоктуванню кальцію і фосфору. *Особливо важлива роль лактози в харчуванні грудних дітей.*

Велике значення у харчуванні людини мають мінеральні речовини. Перш за все у молоці багато міститься кальцію і фосфору.

Молоко і молочні продукти є постійним джерелом вітамінів. Крім того, біологічну цінність молока доповнюють різнобічні ферменти, гормони, антитіла і інші біологічно активні речовини.

Таким чином, харчова та біологічна цінність молока безсумнівна і воно повинно являтися незамінним продуктом харчування людини в усі періоди її життя.

Кисломолочні продукти поряд з великою харчовою та біологічною цінністю мають важливі дієтичні властивості, тому рекомендується їх споживати в першу чергу дітям, хворим та людям похилого віку.

2.2. Загальний хімічний склад молока

Молоко — це біологічна рідина, яка виробляється молочною залозою самок ссавців. Воно є повноцінною і незамінною їжею для новонароджених тварин, а також необхідне для харчування людини будь-якого віку, оскільки містить усі необхідні для життєдіяльності організму речовини.

Хімічний склад молока не постійний. Він залежить від породи худоби, періодів лактації тварин, умов годівлі, утримання і інших факторів. Найбільшим змінам піддається кількість і якість молочного жиру. У період масових розтелів корів молоко має знижений вміст білку і жиру, а у жовтні – листопаді – максимальний вміст. Слід зазначити, що ці фактори впливають і на технологічні властивості молока: склад і розмір жирових кульок, міцел казеїну, термостабільність, швидкість сичужного звертання молока.

Як наслідок, вихід і якість молочних продуктів (сиру, масла, сухих молочних продуктів тощо) знаходяться у великій залежності від технологічних факторів. В окремих випадках, ці зміни можуть бути настільки великими, що молоко стає непридатним для переробки на молочні продукти. Наприклад: стародійне молоко, молозиво, молоко одержане від хворих тварин, молоко із різкими присмаками, запахами тощо.

Коров'яче молоко має білий з жовтуватим відтінком колір, своєрідний, злегка солодкуватий смак і слабкий приємний запах. Молоко містить воду і сухі речовини (сухий залишок). Сухий залишок молока складається з жиру, білків, молочного цукру, мінеральних солей та інших речовин, які знаходяться в незначній кількості, проте мають важливу харчову цінність (вітаміни, ферменти, імунні тіла тощо).

Сухі речовини молока утворюють з водою складну полідисперсну систему, яка класифікується за середнім розміром часточок дисперсної

фази. Найбільшу ступінь дисперсності мають молекулярні та іонодисперсні розчини. Розрізняють моно- і полідисперсні системи. *Монодисперсні системи* складаються із часточок приблизно однакового розміру, а *полідисперсними* називають дисперсні системи, які складаються із часточок різного ступеня дисперсності.

У молоці, як полідисперсній системі, окремі компоненти сухих речовин знаходяться у різному стані. Так, молочний цукор і значна частина мінеральних солей розчинені у водній частині молока у вигляді дрібненьких часточок розміром 1-0,5 мкм і менше та утворюють молекулярні й іонодисперсні розчини. Ці часточки не відокремлюються після фільтрування, відстоювання чи центрифугування.

Білки знаходяться у колоїдному стані і мають часточки розміром 5-100 мкм. Крім того, білки у розчині набухають. Завдяки малій величині колоїдні часточки після набухання рівномірно розподіляються у розчиннику. В спокійному стані молока вони не відстоюються і не відокремлюються простим центрифугуванням та фільтруванням, їх можна відокремити лише за допомогою ультрацентрифуги.

Жир розподілений у молоці у вигляді жирових кульок розміром 1-20 мкм і утворює емульсію (окремі жирові кульки у теплому молоці) або суспензію (жирові кульки в твердому стані в охолодженому молоці). Жирові кульки досить легко відокремлюються під час відстоювання або центрифугування у вигляді вершків. Отже, молоко — це складна суміш хімічних речовин, розподілених у водній частині, які мають різну ступінь дисперсності.

Подібне визначення компонентів молока певною мірою умовне, тільки у присутності всіх компонентів у молоці створюються умови для утворення відносно стійкої колоїдної системи. Наприклад, при відсутності білка у молоці жир і вода можуть легко розділитися на дві фази, а при відсутності деяких мінеральних солей білок може випадати в осад. Молоко як колоїдну систему і хімічну суміш подано в таблиці 2.2.1.

Слід зазначити, що молочні продукти є дієтичними, лікувально-профілактичними. Вони засвоюються легше і швидше, ніж саме молоко. Кисломолочні продукти поліпшують апетит, позитивно впливають на фізіологічні процеси в організмі і мають бактерицидні властивості.

Виявлено також позитивний вплив молока при захворюваннях серцево-судинної системи, легень, нирок, печінки.

Великий інтерес для молочної промисловості представляє так звана вторинна сировина. Раніше від 20 до 30% відвіток використовували для годівлі молодняка тварин. З переходом виробництва молока до приватних підприємств, годівля тварин відвітками відпала. На всіх

переробних підприємствах запроваджена поглиблена переробка молока, яка дає змогу значно здешевити вартість готової продукції. Тому відвійки і сколотини є сировиною для молочної промисловості і більш правильно буде називати цю супутну сировину – *молочним білком*.

2.2.1. Середній хімічний склад свіжонадосного молока

Компонент	Містить-ся, %	Компонент	Містить-ся, %
Вода	860-880	Мінеральні речовини	0,6-0,7
Молочний жир	3,0 – 5,0	Водорозчинні вітаміни	0,035
Казеїн	2,5	Жиророзчинні вітаміни	0,0011
Сироваточні білки	0,56	Азотисті речовини	0,25
Білки оболонок жирових Кульок	0,02	Гази	0,125
Ферменти	Сліди	Інші компоненти	0,01
Молочний цукор (лактоза)	4,5-5,0		

Зміна хімічного складу молока, яке поступило на переробку, у залежності від пори року, таблиця 2.2.2.

2.2.2. Хімічний склад молока в різну пору року

Пора року	Вміст у молоці, %								
	Суша речов.	СОМО	Жир	Білок	Казеїн	Са, мг/%	Р мг/%	M _g	Лимонна к-та, мг/%
Зима	12,49	8,69	3,8	3,26	2,68	124,7	92,6	10,4	232,4
Весна	12,1	8,47	3,63	3,14	2,54	118,8	93,5	9,8	207,6
Літо	12,25	8,49	3,76	3,34.	2,73	117,8	94	8,2	193,2
Осінь	12,65	8,65	3,96	3,36	2,75	121,1	86	8,9	230,1

Знежирене молоко використовують безпосередньо для виробництва сухого знежиреного молока, кисломолочного сиру, кисломолочних напоїв, нормалізації молочної суміші при виготовленні питного молока, сирів і ін.. Загальна характеристика відвіюк та сколотин приведена у таблиці 2.2.3.

2.2.3.Хімічний склад відвійок та сколотин

Продукт	А ⁰ гус- тина	Вміст, %						Вміст Са, мг/%
		Сухий Залиш.	Жир	СЗМЗ	Загал. білок	Зола	СаО	
Осінь								
Сколотини	1,032	9,63	0,43	9,2	3,42	0,72	0,156	111,9
Відвійки	1,034	9,38	0,03	9,35	3,81	0,77	0,175	126,2
Весна								
Сколотини	1,031	9,23	0,53	8,7	3,1	0,62	0,125	90,22
Відвійки	1,033	8,69	0,05	8,64	3,31	0,62	0,150	106,91

Вторинний продукт – сироватка, яку отримують при виробництві сирів і казеїну. Хімічний склад сироватки наведений в таблиці 2.2.4.

2.2.4.Хімічний склад сироватки

Сироватка	Вміст сух. реч. г/100мл	Вміст, % від сухих речовин				
		Жиру	Білко- вих реч	Молоч. цукру	Мінер. речов.	Інші комп.
Підсирна	6,5	5,7	14	71,7	7,7	0,9
Кисломолочного сиру:						
Жирного	5,8	5,2	11,3	72,4	10,3	0,7
Знежиреного	5,6	0,5	13,5	75	10,7	0,3
Казеїнова	5,4	0,5	10	75,2	13,1	0,9

Як видно із таблиці 2.2.4., хімічний склад сироватки має велику кількість поживних речовин, а тому останнім часом сушіння сироватки є перспективним напрямком її переробки.