Original researches

Changes in the physicochemical properties of whey and cottage cheese produced from the milk of Ukrainian black-and-white dairy cows with different genotypes of kappa-casein during storage

I. O. Polieva, I. V. Korh

Institute of Animal Science, NAAS, Kharkiv, Ukraine

Received: 17 August 2021
Revised: 31 August 2021
Accepted: 06 September 2021

Institute of Animal Science, NAAS, Kharkiv,
61026, Ukraine,
Tel.: +38-095-425-09-58
E-mail: dr.fox2011@ukr.net

Cite this article: Polieva, I. O., & Korh, I. V. (2021). Changes in the physicochemical properties of whey and cottage cheese produced from the milk of Ukrainian black-and-white dairy cows with different genotypes of kappa-casein during storage. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(3), 115–121. doi: 10.32819/2021.93018

Abstract. The article presents experimental materials on the study of changes in the whey and cottage cheese physicochemical properties which are made from the milk of Ukrainian black-and-white dairy cows with different kappa-casein genotypes during storage. The experimental part of the work was carried out in the conditions of a pedigree plant for breeding Ukrainian black-and-white dairy breed of the «Profintern» unit of the State Enterprise «Gontarivka» in the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Sciences (NAAS). Based on the analysis results of the chemical composition, there were no significant differences between the groups for most indicators during storage in the period from the first to the 15th day, although in absolute values they can be placed in the following order: cottage cheese made from milk of cows with the BB genotype, AB and AA. It was found that the concentration of active acidity, similar to most quality indicators of cottage cheese, was determined at the beginning of storage by a higher value in cows with genotype BB by 0.9 and 0.5% compared to animals with genotypes AA and AB. With the extension of the shelf life, the rate of acid formation tended to decrease and on the 15-th day was 3.8–3.1%, compared the initial values. In contrast, the difference between the samples from the representatives with the BB and AA genotype in terms of the activity of hydrogen ions during this period was 1.6% and the AB genotype – 0.9%. Despite the fact that the duration of storage had a negative effect on the hydrogen ions' concentration in cottage cheese, made from cow's milk with different genotypes of kappa-casein, its moisture-retaining properties, on the contrary, have improved. It was found that cottage cheese and whey, regardless of the cows' genotype at the kappa-casein locus, during storage have a relatively stable composition and meet the requirements of the current DSTU. The recommended shelf life is 15 days. The best combination of the studied parameters in the production of BB genotype cows reflects the higher course of metabolic processes in the body, which led to an improvement in its quality.

Keywords: cottage cheese; whey; chemical composition; kappa casein; genotype; shelf life

Особливості змін фізико-хімічних властивостей сироватки та сиру кисломолочного, вироблених із молока корів української чорно-рябої молочної породи з різними генотипами капа-казеїну в процесі зберігання

I. O. Полева, I. В. Корх

Інститут тваринництва НААН, Харків, Україна

Анотація. Викладено експериментальний матеріал з дослідження змін фізико-хімічних властивостей сироватки та сиру кисломолочного, вироблених із молока корів української чорно-рябої молочної породи з різними генотипами капа-казеїну в процесі зберігання. Експериментальну частину роботи виконували в умовах племінного заводу з розведення української чорно-рябої молочної породи відділення «Профінтерн» ДП ДГ «Гонтарівка» Інституту тваринництва НААН. Виходячи з результатів проведеного аналізу хімічного складу, суттєвих відмінностей між групами за більшістю показників під час зберігання у проміжку часу від першої до 15-ї доби не відмічали, хоча за абсолютними величинами їх можна розмістити в такому порядку: сир кисломолочний, виготовлений з молока корів із генотипом BB, AB і AA. Виявлено, що концентрація активної кислотності, аналогічно до більшості показників якості сиру кисломолочного, уже на початку зберігання визначалася вищою величиною у корів із генотипом BB на 0,9 і 0,5% щодо тварин із генотипами AA і AB. Із подовженням строку зберігання темпи кислотоутворення мали тенденцію до зниження і на 15-у добу становили 3,8–3,1%, проти вихідних показників. Натомість різниця між зразками від представниць із генотипом BB і AA за активністю гідрогенних іонів у цей період становила 1,6% і генотипом AB – 0,9%. Незважаючи на те що, тривалість зберігання негативно вплинула на концентрацію водневих іонів у сирі кисломолочному, виготовленому з молока корів із різними генотипами капа-казеїну, його вологостримуючі властивості, навпаки, покращилися. Встановлено, що сир кисломолочний і сироватка, незалежно від генотипу корів за локусом капа-казеїну, упродовж зберігання мають відносно стабільний склад та відповідають вимогам чинних ДСТУ. Як рекомендований можна визнати строк їх зберігання 15 днів. Найкраще поєднання досліджуваних показників у продукції корів із генотипом BB віддзеркалює вищий перебіг обмінних процесів у організмі, що зумовлював поліпшення її якості.

Ключові слова: сир кисломолочний; сироватка; хімічний склад; капа-казеїн; генотип; термін зберігання

Вступ

Кисломолочні продукти – незамінні складові для повноцінного харчування. Сир кисломолочний це дієтичний продукт, характеризується високою харчовою і біологічною цінністю, має у своєму складі майже всі есенціальні амінокислоти, жир, білок, мінеральні речовини, які сприяють швидкому перетравленню організмом людини. Наявність у сирі кисломолочному таких макроелементів як кальцій та фосфор сприяє розвитку та зміцненню кісток. Тому з кожним роком підвищується попит на молочнокислі продукти. Зокрема, за офіційними даними, які надано Головним управлінням статистики лише у Харківській області на 2020 рік свіжого неферментованого сиру виготовлено 9 120 тон, проте існує ще й імпорт. Нажаль на сьогодні Україна не є одним з основних виробників сиру, проте кожен рік підвищується вітчизняне виробництво, експорт і кількість переробленого молока. Натомість від якості вихідної сировини – молока, яке йде на переробку залежить вихід готового продукту. Загальновідомо, що на якісний склад молока корів впливає значна кількість чинників, у тому числі: генетичні особливості, порода, вік, технологія утримання та індивідуальні особливості тварин, тощо. Зокрема, фахівці Kosarev & Gromova (2013), і Razhina, (2019) прийшли до спільної думки про те, що молоко корів із генотипом CSN3BB асоціюється з покращенням технологічних властивостей виготовлених сирів і молочних продуктів, так як якість сиру природно залежить від вмісту масової частки білка в молоці.

За рекомендаціями Ziyad & Fawzi, (2014); Suchkova, (2015); Soboleva et al. (2016), для виробництва кілограма твердого сиру від корів із генотипом CSN3BB необхідно значно менше молока, ніж від інших генотипів. За наявності білка на рівні 2,83% витрати молока на виготовлення сиру становили 12,4 кг, а якщо кількісний склад білків зростає до 3,0%, то вони скорочувались до 11,2 кг. Однак кількісні зміни білків молока справляють як позитивний вплив, так і негативний на технологічні властивості молока. Зокрема, вміст білка в молоці на рівні 2,4–2,6% призводить до гіршого зсідання під дією сичужного ферменту, із нього утворюється в'ялий згусток або ж він зовсім не утворюється, структура його не відповідає технологічному процесу, зростають втрати поживних речовин, сповільнюється інтенсивність біохімічних процесів за дозрівання сиру, погіршуються органолептичні властивості. І як кінцевий результат – витрати молока за виробництва одного кілограма сиру збільшуються на 0,2–3,2 кг. Зважаючи на це, як радять науковці, для виробництва твердих сирів доцільніше використовувати молоко з вмістом казеїну на рівні 2,71–2,80% і білків сироватки – не більше 0,65%.

Kokoeva, (2011) аргументує, що максимальний ступінь зрілості властивий сиру, виготовленому з молока корів генотипу CSN3BB, утім для молока корів із генотипом CSN3AA одержано гірший результат, за міжгруповою різниці 33,1%. У цьому автор статті вбачає посилену активізацію перебігу біохімічних процесів саме в молоці корів із генотипом CSN3AA, на відміну від послабленої реакції у тварин із генотипом CSN3BB.

Разом із цим наявні й інші матеріали про те, що більш цінним за виходом якісного сиру було також молоко корів із генотипом CSN3BB на 11,1%, порівняно з продукцією, виготовленою з молока тварин із генотипом CSN3AA (Goncharenko et al., 2013).

Водночас, у межах проведеного літературного пошуку щодо визначення змін фізико-хімічних властивостей сироватки та сиру кисломолочного з різними генотипами капа-казеїну в процесі зберігання виявлено обмежену кількість даних з обґрунтування строку придатності цієї продукції до споживання, що й стало підставою для проведення досліджень.

Мета роботи – виявити особливості змін фізико-хімічних властивостей сироватки та сиру кисломолочного, вироблених із молока корів української чорно-рябої молочної породи з різними генотипами капа-казеїну в процесі зберігання.

Матеріал і методи досліджень

Експериментальну частину роботи виконували в умовах племінного заводу з розведення української чорно-рябої молочної породи відділення «Профінтерн» ДП ДГ «Гонтарівка» Інституту тваринництва НААН Вовчанського району Харківської області. Для проведення науково-господарського дослідження відібрали 95 голів дійних корів. За результатами ДНК-тестування за геном капа-казеїну (CSN3) відібране поголів'я розподілили на три групи корів: AA; AB і BB. Групи комплектували за принципом пар-аналогів за породною належністю, живою масою та часом останнього отелення.

Для більш повної характеристики незбираного молока, як сировини для перероблення і харчування, з однієї партії профільованого, неконсервованого продукту, одержаного під час ранкового доїння від трьох корів четвертого місяця лактації із кожної підгрупи (по п'ять літрів від однієї тварини), відбирали зразки. В подальшому проводили роботу з виготовлення сиру кисломолочного за традиційною технологією кислотним способом.

З метою мотивації терміну придатності сиру кисломолочного виготовлені контрольні зразки (600 г кожний) від трьох корів кожного з піддослідних генотипів фасували в пергаментний папір і поміщали в пластиковий контейнер. Запакований продукт охолоджували в холодильнику за температури +6 °C та зберігали упродовж 15 діб. Такий період обирали з урахуванням гарантованого терміну зберігання кисломолочних продуктів. У процесі зберігання періодично досліджували масові частки вологи, сухої речовини, білка, жиру, Кальцію, Фосфору, активну кислотність, мікробіологічні показники, вологоутримуючу здатність та органолептичні властивості. Аналогічним дослідженням, за винятком визначення вмісту Кальцію, Фосфору, рівня вологоутримуючої здатності та оцінки органолептичних властивостей, піддавали й виділену із кожного зразка сиру кисломолочного сироватку.

За математичного опрацювання результатів використовували ліцензійне програмне забезпечення Microsoft Office Excel 2007 із вбудованими статистичними функціями.

Результати

Із метою визначення гарантованого терміну придатності сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із різними генотипами за локусом капа-казеїну, дослідили мінливість якісних його змін у процесі зберігання (табл. 1).

Виходячи з результатів проведеного аналізу суттєвих відмінностей між групами за більшістю показників під час зберігання у проміжку часу від першої до 15-ї доби не відмічали, хоча за абсолютними величинами їх можна розмістити в такому порядку: сир кисломолочний, виготовлений з молока корів із генотипом BB, AB і AA. За розгляду вмісту масової частки вологи в сирі кисломолочному в усі часові проміжки зберігання встановлено, що найбільш виразний її рівень реєстрували у свіжовиготовленому продукті, коли він становив 67,19% у тварин із генотипом BB, 69,96% – у особин із генотипом AB та 71,14% – у представниць із генотипом AA. Проте вже до 5-ї доби зберігання він поступово знижувався на 0,10–1,35% щодо вихідних величин зразків і найбільш інтенсивно цей процес відмічався в сирі кисломолочному, виготовленому з молока корів із генотипом BB. У подальшому це зниження продовжувало наростати на 0,36–3,0%. На 15-у добу зберігання зниження масової частки вологи у зразках, виготовлених із молока корів із генотипом AA, досягло більших на 1,29%, AB – 0,63% і BB – 4,68% величин, порівняно з вихідним продуктом. На цьому фоні тварини з генотипом AA переважали за відповідним показником особин із генотипами AB і BB відповідно на 0,52 і 7,3%.

Таблиця 1 – Якість сиру кисломолочного, одержаного від корів із різними генотипами капа-казеїну впродовж зберігання, ($M \pm m$, $n =$ по 3 зразки з кожної групи)

Показник	Свіжовиготовлений сир кисломолочний			5 діб			10 діб			15 діб		
	AA	AB	BB	AA	AB	BB	AA	AB	BB	AA	AB	BB
Вміст масової частки, %:												
Вологи	71,14 ± 0,62	69,96 ± 0,74	67,19 ± 1,83	71,04 ± 0,67	69,86 ± 0,69	65,84 ± 2,82	70,78 ± 0,58	69,76 ± 0,71	64,22 ± 3,26	69,85 ± 0,74	69,33 ± 0,49	62,51 ± 3,17
Сухой речовини	28,86 ± 0,65	30,04 ± 0,67	32,81 ± 1,66	28,96 ± 0,88	30,14 ± 0,72	34,16 ± 2,16	29,22 ± 0,61	30,24 ± 0,79	35,78 ± 2,81	30,15 ± 1,11	30,67 ± 0,50	37,49 ± 1,08 ^{###000}
Сирого жиру	7,63 ± 0,21	7,66 ± 0,40	8,70 ± 0,70	7,73 ± 0,32	7,76 ± 0,15	8,90 ± 0,67	7,95 ± 0,360	8,05 ± 0,22	9,37 ± 0,50 ^{#0}	8,01 ± 0,37	8,10 ± 0,48	9,38 ± 0,62
Концентрація, %												
Загального азоту	2,47 ± 0,05	2,46 ± 0,04	2,47 ± 0,05	2,48 ± 0,08	2,49 ± 0,03	2,52 ± 0,07	2,54 ± 0,07	2,57 ± 0,04	2,59 ± 0,10	2,58 ± 0,11	2,61 ± 0,07	2,65 ± 0,06
Сирого протеїну	15,76 ± 0,33	15,69 ± 0,32	15,76 ± 0,32	15,82 ± 0,49	15,89 ± 0,19	16,08 ± 0,42	16,20 ± 0,43	15,91 ± 0,27	16,52 ± 0,66	16,46 ± 0,67	16,65 ± 0,43	16,91 ± 0,37
Небілкового азоту	0,134 ± 0,01	0,126 ± 0,01	0,113 ± 0,00	0,143 ± 0,01	0,134 ± 0,00	0,119 ± 0,00 ^{#0}	0,149 ± 0,00	0,139 ± 0,01	0,121 ± 0,00 ^{###}	0,162 ± 0,01	0,149 ± 0,00 [#]	0,132 ± 0,00 ^{###0}
Карбаміду	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Золи	1,22 ± 0,15	1,27 ± 0,11	1,36 ± 0,21	1,65 ± 0,09	1,70 ± 0,07	1,77 ± 0,05	1,78 ± 0,07	1,88 ± 0,08	1,93 ± 0,21	2,10 ± 0,18	2,12 ± 0,18	2,20 ± 0,15
Кальцію	0,131 ± 0,00	0,142 ± 0,01	0,147 ± 0,01 [#]	0,146 ± 0,01	0,147 ± 0,00	0,150 ± 0,01	0,156 ± 0,00	0,158 ± 0,01	0,167 ± 0,00 [#]	0,163 ± 0,01	0,178 ± 0,01	0,186 ± 0,01
Фосфору	0,145 ± 0,01	0,155 ± 0,01	0,156 ± 0,01	0,158 ± 0,01	0,162 ± 0,00	0,165 ± 0,01	0,161 ± 0,00	0,167 ± 0,01	0,169 ± 0,01	0,173 ± 0,01	0,183 ± 0,01	0,190 ± 0,01
Співвідношення Ca : P	0,90	0,92	0,94	0,92	0,91	0,91	0,97	0,98	0,99	0,94	0,97	0,98

Примітка: [#] $P < 0,05$; ^{###} $P < 0,01$; ^{###0} $P < 0,001$ – вірогідність різниці розраховано щодо корів із генотипом AA; ⁰ $P < 0,05$; ⁰⁰⁰ $P < 0,001$ – щодо корів із генотипом AB

Дещо по-іншому виглядала ситуація з формування масової частки сухої речовини в сирі кисломолочному, а саме вона змінилася на оберненопропорційну щодо вмісту масової частки води тенденцію. Більш того на 15-у добу дослідження зразки сиру кисломолочного, виготовленого із молока корів із генотипом BB статистично вірогідно різнилися за накопиченням масової частки сухої речовини проти тварин із генотипом AA на 7,3% ($P < 0,01$) і генотипом AB – на 6,8% ($P < 0,001$).

Наочну демонстрацію висушених зразків сиру кисломолочного, підготовлених до подальшого хімічного аналізу та екстракцію жиру зображено на рис. 1.

Масова частка сухої речовини сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із генотипом BB була досить багата на вміст масової частки сирого жиру. Наочна відмінність між групами простежувалася в усі періоди зберігання. Зокрема, у свіжовиготовленому продукті вона становила 1,07 і 1,04%, через

Рис. 1. Загальний вигляд ємностей з висушеними зразками сиру кисломолочного та процесу екстракції жиру

5 діб – 1,17 і 1,14%, 10 діб – 1,42% ($P < 0,05$) і 1,32% ($P < 0,05$) та 15 діб – 1,37 і 1,28%. Утім, корови з генотипом BB зберегли своє лідируюче положення за нарощуванням вмісту масової частки жиру в зразках впродовж загального періоду зберігання, що проходило на рівні 0,68%, утім як у сирі кисломолочному, виготовленого з молока тварин із генотипом AA відмічено схожі наслідки – 0,38% і АВ – 0,44%.

За вмістом загального азоту і сирого протеїну в процесі зберігання зразків сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із різними генотипами капа-казеїну, спостерігалася відносна стабільність їх концентрацій, що знаходилася в межах одного відсотка наприкінці досліджень, порівняно з початком.

На противагу цього, динаміка концентрації небілкового азоту хоча й до завершення двотижневого строку зберігання сиру кисломолочного поступово зростала, але все ж таки на більш низькому рівні перебувала в зразках сиру кисломолочного, виробленого з молока корів із генотипом BB, що підтверджує високу їх якість. І вже через 5 діб після початку та в наступні цикли на 10-у і 15-у доби результативність параметрів зберігання сиру кисломолочного між групами на їх користь виглядала достатньо показово й констатовано найбільш значущі статистично вірогідні зміни цього показника щодо представниць із генотипом АВ ($P < 0,05$) та з генотипом AA ($P < 0,05-0,001$).

Відмічено неоднозначні зміни й за концентрацією золи впродовж строку зберігання: у свіжовиготовленому сирі з молока корів із генотипом BB її рівень був більшим за решту груп відповідно на 0,14 і 0,09%, через 5 діб – на 0,12 і 0,07%, 10 діб – на 0,15 і 0,05% і 15 діб – на 0,10 і 0,08%. У міру циклічного підвищення концентрації золи в сирі з молока цих тварин зафіксовані розбіжності між групами за загальний період дослідів нівелиювалися і знаходилися на рівні 0,84–0,88%.

Незважаючи на невисокі індивідуальні коливання мінеральних речовин у сирі, виготовленому з молока корів усіх груп, вдалося все ж таки виявити окремі характерні відмінності за їх концентрацією у зв'язку з тривалістю зберігання. Зокрема, концентрація кальцію в сирі, виготовленому з молока корів із генотипом AA, поступово зростала упродовж періоду зберігання на 0,02–0,03%, із генотипом АВ – на 0,01–0,04% і з генотипом BB – на 0,03–0,04%; фосфору – відповідно на 0,01–0,03%, 0,01–0,03% та 0,01–0,03%, порівняно з вихідними параметрами. Натомість різниця за концентрацією кальцію на користь корів із генотипом BB, стосовно тварин із генотипом AA наприкінці строку зберігання становила 0,02% і фосфору – 0,01%, утім як до представниць із генотипом АВ вона була на рівні 0,01% в обох випадках порівняння. Варто вказати, що ці розходження в динаміці вмісту кальцію уже початково та на 10-у добу зберігання сиру кисломолочного між генотипами AA і BB позначи-

лися на статистичній вірогідності в обох випадках порівняння ($P < 0,05$). У той час як концентрації кальцію і фосфору в сирі, виготовленому з молока корів із генотипами АВ і BB, під час зберігання перебували у найбільш сприятливому для засвоєння співвідношенні, що наближалось найщільніше до одиниці.

У цьому контексті, зменшення концентрації кальцію у сирі усіх груп порівняно з фосфором, ймовірно спричинене тим, що в період відбору зразків він гірше засвоювався з кормів коровами, так як вони перебували на одній і тій же стадії фізіологічного розвитку, тобто були вагітними і активно продукували. При тому що структурні процеси перетворень в їх організмі відбувалися активніше, і, як результат, витрати кальцієвмісних сполучень зростали.

Вплив тривалості зберігання на динаміку змін активної кислотності та вологоутримуючої здатності сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із різними генотипами капа-казеїну, наведено на рис. 2.

Концентрація активної кислотності, аналогічно до більшості показників якості сиру кисломолочного, уже на початку зберігання визначалася вищою величиною у корів із генотипом BB на 0,9 і 0,5% щодо тварин із генотипами AA і АВ. Із подовженням строку зберігання теми кислотоутворення мали тенденцію до зниження і на 15-у добу становили 3,8–3,1%, проти вихідних показників. Натомість різниця між зразками від представниць із генотипом BB і AA за активністю гідрогенних іонів у цей період становила 1,6% і генотипом АВ – 0,9%.

Досить добрий перебіг процедури зберігання зразків зареєстровано у розрізі часових періодів щодо величин вологоутримуючої здатності. Незважаючи на те що, тривалість зберігання негативно вплинула на концентрацію водневих іонів у сирі кисломолочному, виготовленому з молока корів із різними генотипами капа-казеїну, його вологоутримуючі властивості, навпаки, покращилися. Зокрема, зберігання сиру, незалежно від генотипу корів, супроводжувалося прискоренням у часі змін здатності утримувати вологу розпочинаючи з першої та до 15-ї доби включно і в цей період її величини визначено як максимальні за увесь період спостереження: наразі після 5-добового строку різниця становила 3,7–3,3% щодо вихідних показників, через 10 діб – 7,3–6,7% і на 15-у добу інтенсивність цього процесу досягла – 10,0–10,2%. У той час як виготовлення сиру кисломолочного з молока корів із генотипом BB забезпечило підтримку відповідного показника на вищому рівні упродовж зберігання, ніж від тварин із генотипом AA, у яких він був нижчий на 6,9%, і генотипом АВ – на 3,5%. Попри це відмінність за загальний період зберігання за швидкістю вологоутримання в сирі тварин із генотипами AA і АВ перебувала на рівні 3,4% на користь останніх, а в розрізі окремих добових циклів – не перевищувала 4%.

Рис. 2. Динаміка сповільнення концентрації активної кислотності та нарощування вологоутримуючої здатності в сирі кисломолочному, виготовленому з молока корів із різними генотипами капа-казеїну впродовж зберігання: 1 – свіжовиготовлений, 2 – 5 діб, 3 – 10 діб, 4 – 15 діб

Враховуючи те, що сироватка є вторинною сировиною за виготовлення сиру кисломолочного і цінним біологічно повноцінним продуктом для харчових цілей важливо було докладно дослідити динаміку її відшаровування в процесі самопресування та зміну хімічного складу в корів із різними генотипами капа-казеїну за аналогічного періоду зберігання (табл. 2).

Як видно з представлених у таблиці результатів, під час зберігання в сироватці проходили складні біохімічні процеси, що супроводжувалися підвищенням майже всіх показників хімічного складу та точки замерзання. Масова частка вологи, навпаки, мала тенденцію щодо періодичного сповільнення зневоднення, досягнувши мінімальних величин наприкінці зберігання. Зокрема, у сироватці з сиру кисломолочного від корів із генотипом АА за період зберігання вони знизилися на 0,23% щодо вихідної точки, з коливаннями від 0,09 до 0,12%, тварин із генотипом АВ – на 0,22%, з коливаннями від 0,06 до 0,09%, і особин із генотипом ВВ – на 0,28%, з коливаннями від 0,07% до 0,12%, що пов'язано з процесом всихання сиру. Утім, незначна періодичність гальмування втрат масової частки вологи в сироватці зумовлювалася наявністю гідрофільних центрів на поверхні білкових згустків, що забезпечували мінімізацію відповідного процесу. Зростання в сироватці з сиру кисломолочного, виготовленого від корів усіх груп масової частки вологи супроводжувалося зниженням масової частки сухої речовини.

Інтенсивність змін масової частки жиру пліннула протилежно масовій частці вологи, а саме: найбільші її величини реєстрували наприкінці періоду зберігання, найменші – на його початку. Хоча межі її коливань у підсумку не проявилися істотними специфічними перетвореннями, проте у сироватці, виділеній з сиру кисломолочного корів із генотипом ВВ, вони завжди були більшими. Зокрема, зростання величин масової частки жиру в сироватці, виділеній з сиру кисломолочного цих тварин, розпочалося

у вихідних зразках на 0,10 і 0,04%, проти особин відповідно з генотипами АА і АВ, далі на 5-у і 10-у доби таких розбіжностей між групами не одержали оскільки вони відносно стабілізувалися щодо вихідних зразків, з подовженням тривалості зберігання до 15 діб її вміст знову-таки відновився і збільшився на 0,10–0,18%. Нагромадження масової частки жиру в зразках сироватки, виділеній з сиру кисломолочного корів із генотипом ВВ, у цей період зросло до різниці між ними і тваринами з генотипом АА на рівні 0,11% і представницями з генотипом АВ – на 0,07%.

Найбільш глибоких структурних змін зазнав показник масової частки білка в сироватці. Зокрема, із самого початку зберігання відмінності за цим показником між коровами з генотипами ВВ і АА стрімко досягли 0,18% і генотипом АВ – 0,11% і на 15-у добу відповідно – 0,14 і 0,11% на користь перших. Проте зауважимо, що цей процес у сироватці усіх груп тварин плінув за рахунок сталого підвищення величин вмісту масової частки білка на 5-у добу зберігання на 0,06–0,02%, 10 добу – на 0,15–0,10% і 15-у добу – на 0,22–0,18%.

Аналіз вмісту масової частки лактози в сироватці, виділеній із сиру кисломолочного корів із різними генотипами капа-казеїну, свідчить про незначні її коливання у межах піддослідних груп як упродовж зберігання від 0,03 до 0,14% у тварин із генотипом АА, від 0,05 до 0,13% – генотипом АВ, від 0,07 до 0,20% – генотипом ВВ, так і між власно групами наприкінці досліду – 0,15% ($P < 0,05$) щодо особин із генотипами АА і 0,10% – проти представниць із генотипом АВ.

Відповідну залежність параметрів зберігання відзначали й за формування масової частки сухого знежиреного залишку молока в сироватці. Пропорційно незначному збільшенню різниці між її вмістом у свіжовиділеній сироватці корів із генотипом ВВ на 0,04 і 0,02%, порівняно з тваринами з генотипом АА і АВ, її величини до завершення зберігання залишилися майже сталими

Таблиця 2 – Зміни хімічного складу сироватки, виділеної з сиру кисломолочного корів із різними генотипами капа-казеїну в процесі зберігання ($M \pm m$, $n = 3$ зразки з кожної групи)

Показник	Свіжовиділена сироватка			5 діб			10 діб			15 діб		
	АА	АВ	ВВ	АА	АВ	ВВ	АА	АВ	ВВ	АА	АВ	ВВ
Вміст масової частки, %:												
Вологи	91,29 ± 0,11	91,23 ± 0,11	91,19 ± 0,17	91,2 ± 0,13	91,14 ± 0,17	91,10 ± 0,18	91,17 ± 0,08	91,08 ± 0,10	91,03 ± 0,18	91,06 ± 0,13	91,01 ± 0,17	90,91 ± 0,20
Сухої речовини	8,71 ± 0,11	8,77 ± 0,12	8,81 ± 0,16	8,80 ± 0,12	8,86 ± 0,17	8,90 ± 0,18	8,83 ± 0,08	8,92 ± 0,09	8,97 ± 0,17	8,94 ± 0,13	8,99 ± 0,16	9,09 ± 0,19
Жиру	1,79 ± 0,11	1,80 ± 0,12	1,82 ± 0,17	1,84 ± 0,13	1,85 ± 0,12	1,87 ± 0,14	1,87 ± 0,11	1,89 ± 0,10	1,90 ± 0,16	1,89 ± 0,12	1,93 ± 0,15	2,00 ± 0,11
Білка (Tru)	1,44 ± 0,07	1,51 ± 0,08	1,62 ± 0,03	1,50 ± 0,09	1,55 ± 0,13	1,64 ± 0,02	1,59 ± 0,08	1,63 ± 0,07	1,72 ± 0,09	1,66 ± 0,09	1,69 ± 0,08	1,80 ± 0,14
Лактози	4,30 ± 0,05	4,36 ± 0,02	4,39 ± 0,03	4,33 ± 0,06	4,41 ± 0,04	4,46 ± 0,02	4,39 ± 0,04	4,45 ± 0,05	4,49 ± 0,02	4,44 ± 0,05	4,49 ± 0,03	4,59 ± 0,04 [#]
СЗМЗ	6,92 ± 0,06	6,97 ± 0,09	6,99 ± 0,06	6,96 ± 0,06	7,01 ± 0,08	7,03 ± 0,07	6,96 ± 0,02	7,03 ± 0,07	7,07 ± 0,10	7,05 ± 0,07	7,06 ± 0,09	7,09 ± 0,10
Кількість протеїну (Pro. Total), %	1,77 ± 0,07	1,88 ± 0,05	1,90 ± 0,02	1,85 ± 0,03	1,90 ± 0,07	1,94 ± 0,05	1,93 ± 0,08	1,95 ± 0,14	1,97 ± 0,10	1,95 ± 0,11	1,97 ± 0,14	1,99 ± 0,13
Активна кислотність, од. рН	4,70 ± 0,06	4,72 ± 0,03	4,74 ± 0,02	4,32 ± 0,02	4,36 ± 0,03	4,39 ± 0,05	4,26 ± 0,03	4,29 ± 0,04	4,32 ± 0,05	4,23 ± 0,03	4,26 ± 0,04	4,28 ± 0,03
Точка замерзання, °С	-0,472 ± 0,00	-0,476 ± 0,00	-0,478 ± 0,00	-0,474 ± 0,00	-0,480 ± 0,00	-0,482 ± 0,00	-0,476 ± 0,00	-0,483 ± 0,00	-0,486 ± 0,00	-0,486 ± 0,00	-0,488 ± 0,00	-0,493 ± 0,00 [#]
Співвідношення МЧЖ до МЧБ, %	1,24:1	1,19:1	1,12:1	1,23:1	1,19:1	1,14:1	1,18:1	1,16:1	1,10:1	1,14:1	1,14:1	1,11:1

Примітка: [#] $P < 0,05$ – вірогідність різниці розраховано щодо корів із генотипом АА

Рис. 3. Процес відшаровування сироватки з сиру кисломолочного корів із різними генотипами капа-казеїну: 1 – через 10 хв, 2 – 20 хв, 3 – 40 хв, 4 – 60 хв, 5 – 80 хв

0,04 і 0,03%. На тлі цього за перші 5 діб зберігання масова частка сухого знежиреного залишку молока у сироватці, виділеній з сиру кисломолочного корів із генотипами AA, AB і BB щодо вихідних зразків помірно підвищилася на 0,04% в усіх випадках порівняння, за 10 діб – на 0,04–0,08% і 15 діб – лише на 0,09–0,13%.

Поряд із відносною однорідністю динаміки змін масової частки сухого знежиреного залишку, сироватку, виділену з сиру кисломолочного корів із генотипом BB, вирізняло серед інших за вмістом протеїну (Pro. Total), як одного з маркерів харчової цінності білка молока. Зокрема після закладання зразків на холодинне зберігання вона до 5-ї доби плавно підвищилася на 0,04%, проте далі з наступним періодом (10 діб) – на 0,07% і в міру наближення до завершального строку (15 діб) зросла ще більше – на 0,09% щодо вихідного рівня. У часовому інтервалі зберігання сироватки від корів із генотипом AA ці зрушення відбувалися суттєвіше – відповідно на 0,08, 0,16 і 0,18%. Накопичення у складі сироватки корів із генотипом AB протеїну (Pro. Total) проходило повільніше і через 5 діб зберігання воно становило 0,02, 10 діб – 0,07%, 15 діб – 0,09% порівняно з початковим. При тому що різниця за величиною цього показника між групами у свіжовиділеній сироватці зафіксована на рівні 0,13 і 0,02% на користь тварин із генотипом BB проти представниць решти груп, а на 15-у добу вона зменшилась до 0,04 і 0,02%.

Зберігання сироватки, виділеної з сиру кисломолочного корів усіх груп упродовж 15 діб, односпрямовано впливало на показник активності кислотності pH.

Оцінюючи одержаний масив експериментальних даних з'ясовано, що на початку зберігання найбільше нарощування концентрації активності іонів гідрогену виявлено в сироватці, виділеній з сиру кисломолочного корів із генотипом BB, що на 0,9 і 0,4% більше, ніж у особин із генотипами відповідно AA і AB. Зі збільшенням діапазону часу зберігання до 5 діб головні зміни між відповідними показниками відбулися серед тварин із генотипами AA і AB і становили відповідно 8,1 і 7,6% до його початку, через 10 діб вони знизились ще на 9,4 і 9,1% та 15 діб набули 10,0 і 9,7%, тоді як крива мінливості величин кислотоутворення в сироватці, виділеній з сиру кисломолочного корів із генотипом BB, проявилася незначно меншими величинами: відповідно – 7,4; 8,5 і 9,7%. Крім того, наприкінці строку зберігання розбіжності між ними і тваринами з генотипами капа-казеїну AA і AB зросли на 1,2 і 0,5%, на користь особин із генотипом BB.

Величини точки замерзання сироватки, виділеної з сиру кисломолочного корів усіх груп, практично не змінювалися як відносно початкового рівня, так і впродовж зберігання та варіювали в межах від $-0,472^{\circ}\text{C}$ до $-0,486^{\circ}\text{C}$, хоча на 15-у добу по-

зитивна різниця між тваринами із генотипом AA і BB на рівні 1,4% виявилася вірогідною при $P < 0,05$.

Водночас, незначно ширшими співвідношеннями масової частки жиру до білка характеризувалася сироватка, виділена з сиру кисломолочного корів із генотипами AA і AB.

Визначення якісних показників сироватки не може бути повним без дослідження динаміки її відшаровування з сиру кисломолочного. Графічне відображення результативності цього процесу за певний проміжок часу в корів із різними генотипами капа-казеїну представлено на рис. 2.

Наведені графічні залежності щодо характеру часових змін рівня сироватки, виділеної з казеїнових згустків, одержаних з сиру кисломолочного від корів із різними генотипами капа-казеїну, дають наочне уявлення про те, що найінтенсивніший перебіг цього процесу відбувався у перші 10 і 20 хв, на 40-у хв він незначно сповільнився і через годину, за збереженої загальної тенденції подальшого зменшення, різко знизився щодо попереднього строку, набувши мінімальних значень на завершальній стадії. Попри це, під час виділення сироватки з сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із генотипом капа-казеїну AB і BB, виявили наступне: підвищений вміст масової частки жиру в їх молоці зумовив гальмування цього процесу в перші 10 хв і вони поступалися тваринам з генотипом AA відповідно на 1,5 і 3,6%, тоді як сироватка тварин із генотипом AB відділялася швидше, ніж із сиру кисломолочного, одержаного з молока корів із генотипом BB – на 2,1%. Із подовженням тривалості часу спостереження до 20-и і 40-а хв кількість відшаровуваної сироватки із сиру кисломолочного, виготовленого з молока корів із генотипом BB, навпаки, виявилася найбільшою: відповідно на 3,2 і 2,2% та на 0,31 і 0,09 проти особин із генотипами AA і AB. Через одну годину зневоднення сиру кисломолочного кількісні величини сироватки в розрізі піддослідних груп майже зрівнялися і на 80-у хв вона виділилася повністю.

Обговорення

Обґрунтування строку зберігання для продуктів перероблення молока, зокрема сиру кисломолочного є пріоритетною проблемою, яку намагаються вирішити шляхом введення до його складу широкого спектру консервантів, оптимізації температурного чинника, пастеризації та стерилізації. Проте за використання такого різностороннього впливу чинників на кисломолочний сир варто враховувати зміни його якості в процесі зберігання (Ishevskij & Davydov 2017; Bujanova et al., 2018; Pershina et al., 2018). Виготовлення сиру це складний багатостадійний процес у результаті якого виділяється інший продукт – підсирна сиро-

ватка, що на відміну від сиру не є продуктом цілком придатним до реалізації, так як її об'єм значно більший, ніж попит. У молочній промисловості питання переробки та зберігання сироватки не є остаточно вирішеним та болочим. Оскільки значну кількість виділеної сироватки після виготовлення сиру не переробляють, а зливають у каналізаційні стоки, тим самим завдають значну шкоду довкіллю (Kruchinin & Shilova, 2020). З точки зору низки авторів переробка молочної сировини повинна бути безвідходною, бо з сироватки можна також виготовляти різні продукти харчування (Smith et al., 2016, Bergamaschi et al., 2016, De Kruif et al., 2012). Чого тільки вартий норвезький сир Брюнуст, що виготовляється з сироватки з додаванням жирних вершків або сметани.

Слід відзначити й те, що фізико-хімічний склад та біологічні властивості сиру кисломолочного залежать від якості вихідної сировини, дотримання технологічних процесів, умов зберігання та температурних режимів. У своїх дослідженнях Onga & Shahb, (2009); Perveen et al. (2011); Oh et al. (2014); Ukraintseva et al. (2017); Bolhova et al. (2019), прийшли до висновку, що протягом зберігання виробів із сиру кисломолочного знижується активна кислотність, що повністю узгоджується з власно проведеними дослідженнями. Тоді як за результатами інших досліджень при виготовленні та зберіганні Суданського білого сиру, встановлено, що кількісний склад білків та золи в процесі його зберігання зростали від початку до 120 доби, потім знижувалися (Osman et al., 2008). Подібного заключення дійшли Altuner et al. (2020) за дослідження Турецького білого сиру, які стверджують про підвищення у виготовленому продукті кількісного складу білків на 68 добу зберігання.

Отже процес зберігання має істотний вплив на фізико-хімічний склад виготовленого сиру кисломолочного, що обумовлює обґрунтування гарантованого строку його придатності.

Висновки

Встановлено, що сир кисломолочний і сироватка, незалежно від генотипу корів за локусом капа-казеїну, упродовж зберігання мають відносно стабільний склад та відповідають вимогам чинних ДСТУ. Як рекомендацій можна визнати строк їх зберігання 15 діб. Найкраще поєднання досліджуваних показників у продукції корів із генотипом ВВ віддзеркалює вищий перебіг обмінних процесів у організмі, що зумовлював поліпшення її якості.

References

Altuner, E. M., & Eljagmani, S. (2020). Changes in the chemical composition of Turkish White Cheese according to storage temperature. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*, 77(2), 34.

Bergamaschi, M., Cipolat-Gotet, C., Stocco, G., Valorz, C., Bazzoli, I., Sturaro, E., Ramanzin, M., & Bittante G. (2016). Cheesemaking in highland pastures: Milk technological properties, cream, cheese and ricotta yields, milk nutrients recovery, and products composition. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 9631–9646.

Bolhova, N. V., Huba, S. O., Kazantsev, Y. V., & Yeres, I. O. (2019). The research of the processes occurring in products made from cottage low fat cheese while being stored. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 3(2), 58–62.

Buyanova, I., Lupinskaya, S., & Lobacheva, E. (2019). Technological aspects of cold storage of protein dairy products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 48(4), 5–11.

De Kruif, C. G., Huppertz, T., Urban, V. S., & Petukhov, A. V. (2012). Casein micelles and their internal structure. *Advances in Colloid and Interface Science*, 171–172, 36–52.

Goncharenko, G. M., Gorjacheva, T. S., Medvedeva, N. S., Grishina, N. B., Akulich, E. G., & Kononenko, E. V. (2013). Polimorfizm gena k-kazeina i syrodel'cheskie priznaki moloka korov simmental'skoj porody [Polymorphism of the k-casein gene and cheese-making characteristics of milk of Simmental cows]. *Dostizheniya Nauki i Tehniki APK*, 10, 45–46.

Ishevskiy, A. L., & Davydov, I. A. (2017). Freezing as a method of food preservation. *Theory and Practice of Meat Processing*, 2(2), 43–59.

Kosarev, A. P., & Gromova, T. V. (2013). Syroprigodnye kachestva moloka korov, razvodimyh v Altajskom krae [Cheese quality of milk from cows bred in the Altai Territory]. *Syrodelie i Maslodelie*, 5, 13–15 (in Russian).

Kokoeva, A. T. (2011). Vliyanie tehnologicheskikh svoystv moloka na ego syroprigodnost' [Influence of technological properties of milk on its cheese suitability]. *Izvestiya Gorskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. Vladikavkaz*, 48(1), 82–84 (in Russian).

Kruchinin, A. G., & Shilova, E. E. (2020). The investigation of the process of cheese whey and quark whey barometric filtration. *Actual Issues of the Dairy Industry, Intersectoral Technologies and Quality Management Systems*, 1(1), 298–305.

Oh, N. S., Lee, H. A., Myung, J. H., Joung, J. Y., Lee, J. Y., Shin, Y. K., & Baick, S. C. (2014). Effects of temperature and supplementation with skim milk powder on microbial and proteolytic properties during storage of cottage cheese. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(6), 795–802.

Ong, L., & Shah, N. P. (2009). Probiotic Cheddar cheese: Influence of ripening temperatures on survival of probiotic microorganisms, cheese composition and organic acid profiles. *LWT - Food Science and Technology*, 42(7), 1260–1268.

Osman, A. O., El Owni, & Omer, I. A. Hamid (2008). Effect of storage period on weight loss, chemical composition, microbiological and sensory characteristics of Sudanese White Cheese (Gibna Bayda). *Pakistan Journal of Nutrition*, 7, 75–80.

Pershina, E. I., Reznichenko, I. Ju., Popova, D. G., & Zhukova, O. V. (2018). Obosnovanie i razrabotka receptur solenyyh tvorozhnykh mass s prjanostyami [Justification and development of recipes for salted curd masses with spices]. *Polzunovskiy Vestnik*, 1, 59–64 (in Russian).

Perveen, K., Alabdulkarim, B., & Arzoo, S. (2011). Effect of temperature on shelf life, chemical and microbial properties of cream cheese. *African Journal of Biotechnology*, 10(74), 16929–16936.

Razhina, E. (2019). Kappa-casein influence on yield and quality of cottage cheese. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Digital Agriculture – Development Strategy" (ISPC 2019)*.

Soboleva, N. V., Bakaeva, L. N., Karamaev, S. V., & Karamaeva, A. S. (2016). Vliyanie soderzhanija kazeina v moloche korov na kachestvo syra. [Influence of casein content in milk of cows on the quality of cheese]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Orenburg*, № 6(62), 160–162 (in Russian).

Suchkova, E. P. (2015). *Tehnologiya moloka i molochnykh produktov [Milk and dairy products technology] Chast' 4. Tehnologiya syra: ucheb.-metod. posob. Sankt-Peterburg (in Russian)*.

Smith, S., Smith, T. J., & Drake, M. A. (2016). Short communication: Flavor and flavor stability of cheese, rennet, and acid wheys. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3434–3444.

Ukraineva, Y., Tkachenko, N., Avershina, A., & Pavlenko, O. (2017). Thermostatic production technology is the guarantee of long-storage period of protein pastes for infant food. *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New Solutions in Modern Technologies*, 0(32(1254)), 123–132.

Ziyad, A. K., & Fawzi, A.-R. (2014). Analysis of selected milk traits in Palestinian Holstein-Friesian cattle in relation to genetic polymorphism. *Journal of Cell and Animal Biology*, 8(5), 74–85.