УДК 636.27.034:575:637.1

ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОЛОКА КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ ЧОРНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ ІЗ РІЗНИМИ ГЕНОТИПАМИ КАПА-КАЗЕЇНУ ЗА ВИГОТОВЛЕННЯ СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО

Полєва Ірина Олександрівна
молодший науковий співробітник
Інститут тваринництва НААН
ORCID: 0000-0003-3112-8077
E-mail: ir.polevaia@gmail.com

Корх Ігор Володимирович
кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Інститут тваринництва НААН
ORCID: 0000-0002-8077-895X
E-mail: dr.fox2011@ukr.net

У статті викладено експериментальний матеріал з дослідження сиропридатності молока корів української чорно-рябої молочної породи з різними генотипами капа-казеїну. Виділення геномної ДНК з індивідуальних зразків біологічного матеріалу, відібраного від піддослідних корів, здійснювали за допомогою комерційного набору реагентів «ДНК-сорб В» виробництва фірми AmpliSens. Біологічною сировиною слугували зразки волосся з цибулинами. Поліморфізм маркерних генів визначали методом ПЛР-ПДРФ. Оцінку сиропридатності молока за сичужною, бродильною та сичужно-бродильною пробами виконували згідно з вимогами ДСТУ 7357:2013 ДСТУ 7357:2013, активну кислотність молока в процесі скисання враховували портативним вимірювальним приладом pH-метром марки testo 206-pH1. За результатами попередніх досліджень установлено, що найактивнішим в напрямі зростання виходу сиру кисломолочного, особливо за підвищеного вмісту в молоці соматичних клітин та зниження тривалості утворення молочних згустків виявився сичужний фермент тваринного походження вітчизняного виробництва «Сичуг теляти». У цілому ж молоко усіх груп виявилось придатним для виготовлення сиру кисломолочного, так як час, витрачений на коагуляцію білків під дією експериментального сичужного ферменту, не перевершував діючі вимоги нормативної документації (40 хв). За цих умов спостерігали вірогідне пришвидшення утворення казеїнових згустків у зразках продукту корів із генотипом ВВ на 1,6 хв або 10,7 % щодо тварин із генотипом АА і скорочення тривалості часу його зсідання – на 1,2 хв або 8,2 % проти особин із генотипом АВ. У рамках візуального визначення стану молока корів усіх груп за класами якості одержаних білкових згустків відмічено, що за результатами сичужної проби їм притаманна щільна структура, легкість до віддавання сироватки та відсутність видимих порожнеч. За бродильною і сичужно-бродильною пробами молоко корів із генотипом АА відповідало ІІ класу сиропридатності за задовільної оцінки якості, тоді як молоко корів із генотипами АВ та ВВ належало до І класу сиропридатності з оцінкою добре. Концентрація вільних іонів гідрогену в молоці впродовж доби після доїння істотним чином не впливала на здатність білкових згустків до згортання. Зі збільшенням часу скисання при кімнатній температурі молоко незначно втрачало первинні властивості. Отже, молоко корів із різними генотипами за локусом капа-казеїну є придатним для виготовлення різних видів молочних продуктів, у тому числі й сиру кисломолочного. Водночас, найкращі технологічні властивості притаманні молоку корів із генотипами АВ і ВВ.

Ключові слова: *сиропридатність, генотип капа-казеїну, сир кисломолочний, згустки, сичужне зсідання, скисання, активна кислотність*

DOI: https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.3.17

Реалізація програм якісного покращення вітчизняних порід великої рогатої худоби за детермінантами, що формують високу біологічну і харчову цінність молока, залежить від рівня впливу багатьох генотипових та паратипових чинників, котрі суттєво змінюються в часі. Достеменно відомо, що в основі цих чинників лежить природна закономірність: зміна одного з них супроводжується відповідними зрушеннями інших, а сила впливу їх на організм тварини має різну значущість і спрямованість. У цьому плані використання молекулярно-генетичних методів за умов раннього прогнозування рівня й напряму продуктивності тварин сприятиме прискоренню темпів селекційного прогресу на 50 % і дасть змогу одержати суттєвий економічний ефект [1]. Про доцільність впровадження геномної селекції в племінну роботу з молочною худобою, зокрема за визначення і подальшого використання перспективних генотипів, у тому числі й капа-казеїну, зазначають окремі зарубіжні автори [2–4].

Чимало й інших учених розділяють позицію щодо позитивного функціонального зв'язку між частотою алеля В капа-казеїну в корів та їх молочною продуктивністю і якісним складом молока [5, 6]. Аналізом вивчення їх досвіду неодноразово підтверджено широкі можливості використання таких тварин для інтенсифікації галузі молочного скотарства. Крім того, багато фахівців притримуються думки про те, що молоко корів із алелем В або генотипом $CSN3^{BB}$ асоціюється з покращенням технологічних властивостей виготовлених сирів і молочних продуктів, так як якість сиру цілком природно залежить від вмісту масової частки білка в молоці [7–9].

У контексті зазначеного [10, 11] обґрунтовано наполягають на тому, що для корів із генотипом $CSN3^{BB}$ притаманна надшвидка коагуляція білків, порівняно з тваринами з генотипом $CSN3^{AA}$, міцний згусток, що легко віддає сироватку, а виготовлений сир відрізняється кращими органолептичними показниками, тоді як тваринам гетерозиготного генотипу $CSN3^{AB}$ властиві вищі технологічні характеристики

молока: білковомолочність і коагуляційні властивості. Звісно тому низка країн Євросоюзу за розробки селекційних програм розведення молочної худоби включила ідентифікацію тварин за геном капа-казеїну до обов'язкової процедури її оцінки.

Разом із цим наявні й інші матеріали [12] про те, що найбільш цінним за виходом якісного сиру було також молоко корів із генотипом $CSN3^{BB}$ на 11,1 %, порівняно з продукцією, виготовленою з молока тварин із генотипом $CSN3^{AA}$. Аналогічної думки додержується [13], який також пов'язує збільшення вмісту білка, підвищення виходу щільного згустку і зменшення тривалості зсідання молока під дією сичужного ферменту з наявністю у корів із генотипом $CSN3^{BB}$.

Результати досліджень [14] повністю узгоджуються з даними попереднього науковця. У цілому проведений авторами публікації аналіз одержаних результатів переконує в тому, що покращені технологічні властивості молока (підвищення сухого залишку і відсоткового вмісту жиру, зростання виходу і зменшення часу зсідання) обумовлюються генотипом корів за капа-казеїном. І якнайбільше це відноситься до тварин із генотипом $CSN3^{BB}$.

Всебічний і розширений спектр інформації з приводу цього питання було опубліковано у праці [15]. У рамках проведеної генетичної оцінки молока автори виявили важливу обставину, що принаймні у 85,7 % корів із генотипом ВВ за локусом капа-казеїну воно зсідалося за 15–40 хв, у вибірці тварин із генотипом $CSN3^{AB}$ питома частка яких становила 57,1 %, генотипом $CSN3^{AA}$ – 14,3 %.

Однак, питання розведення корів із бажаним генотипом за локусом капа-казеїну, пов'язаного з якістю та сироїдатністю молока, залишається відкритим і далеким від остаточного вирішення. Породні відмінності та внутрішньопородні коливання вітчизняної молочної худоби за цією ознакою вказують на необхідність подальшого поглиблення роботи в напрямі ширшого використання тварин носіїв генотипів АВ і ВВ капа-казеїну та підвищення придатності молока до виробництва сиру, зокрема кисломолочного.

Мета роботи – дослідити технологічні властивості молока корів української чорно-рябої молочної породи з різними генотипами капа-казеїну за виготовлення кисломолочного сиру.

Матеріали і методи дослідження. Експериментальну частину роботи виконували в умовах племінного заводу з розведення української чорно-рябої молочної породи відділення «Профінтерн» державного підприємства дослідного господарства «Гонтарівка» Інституту тваринництва НААН Вовчанського району Харківської області. Опрацювання одержаних результатів та аналітичну частину проводили на дослідній базі Випробувального центру Інституту тваринництва НААН, акредитованого національним агентством з акредитації України, відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025: 2006.

Для проведення науково-господарського досліду відібрали 95 голів дійних корів української чорно-рябої молочної породи. За результатами ДНК-тестування за геном капа-казеїну відібране поголів'я розподілили на три групи корів із генотипами: АА; АВ і ВВ. Групи комплектували за принципом пар-аналогів за породною належністю, живою масою та часом останнього отелення.

Виділення геномної ДНК з індивідуальних зразків біологічного матеріалу, відібраного від піддослідних корів, здійснювали за допомогою комерційного набору реагентів «ДНК-сорб В» виробництва фірми AmpliSens (Російська Федерація). Біологічною сировиною слугували зразки волосся з цибулинами. Поліморфізм маркерних генів визначали методом ПЛР-ПДРФ.

Виходячи з сучасних уявлень про широкий спектр використання молокозсідальних ферментних препаратів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва на етапі пошукових досліджень провели оцінку ефективності застосування двох ферментних препаратів рослинного походження («Meito» виробництва Японії і «Ідеал» виробництва Румунії) та одного тваринного походження («Сичуг теляти» виробництва України) в рамках визначення сироїдатності збірного молока з різним вмістом соматичних клітин. Оцінку сироїдатності молока за сичужною, бродильною та сичужно-бродильною пробами виконували згідно з вимогами ДСТУ 7357:2013 ДСТУ 7357:2013 «Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання». На підставі опрацювання результатів аналізу молоко відносили до трьох класів.

Активну кислотність молока в процесі скисання враховували портативним вимірювальним приладом pH-метром марки testo 206-pH1 для рідких середовищ з електродною системою, згідно з вимогами до експлуатації та інструкції, що додається до приладу.

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

Результати досліджень. Слід звернути увагу на те (табл. 1), що за попереднього опрацювання показників сироїдатності молока прослідковувалась особливо чітка і загальна для усіх молокозсідальних ферментних препаратів тенденція щодо підвищення виходу сиру кисломолочного у такій зростаючій послідовності: «Meito»>«Ідеал»>«Сичуг теляти» та його зниження за вмісту соматичних клітин: 600<400<300 тис. $см^3$, хоча відмінність між показниками не мала статистично вірогідних значень. За цих технологічних умов молоко відповідало нормативним вимогам ДСТУ 3662-97 (зі змінами від 01.08.2007) і відносилось до ґатунків «екстра», вищого та першого, а за сичужною пробою – до II і III класів. Проте, досліджені концентрації соматичних клітин у молоці не позначились негативно на показниках титрованої і активної кислотності, величини яких варіювали в незначних межах відповідно від 16,67 ºТ до 19,00 ºТ та від 6,62 од. pH до 6,86 од. pH.

Використання ферментного препарату рослинного походження «Ідеал» за мінімального вмісту соматичних клітин у молоці (300 тис/$см^3$) супроводжувалось зростанням виходу сиру кисломолочного на 27 % за статистично високовірогідної різниці ($p<0,01$) щодо вмісту максимальної кількості соматичних клітин 600 тис/$см^3$. Тоді як підвищення забруднення молока соматичними клітинами до 400 тис/$см^3$ спричинило зниження виходу сиру лише на 16 %. Водночас, активність ферментного препарату тваринного походження «Сичуг теляти» за цих рівнів забруднення, незважаючи на менший (на 4 %) вихід сиру за вмісту в молоці 300 тис/$см^3$ соматичних клітин, посилювалася, що підвищувало на 8 і 12 % вихід сиру проти ферментного препарату «Ідеал» за зменшення лише на 4 і 11 % його частки у зразках із вмістом 300 тис/$см^3$. За дії обох ферментів молоко згорталося в середньому впродовж 15 хв ($p<0,05$) із коливаннями від 13

хв до 19 хв і казеїнові згустки на виході мали щільну зернисту структуру. Швидкість згортання молока з вмістом 400 тис/см³ соматичних клітин за використання цих ферментних препаратів у середньому становила 20 хв із коливанням від 15 хв до 27 хв. Зовні сичужні згустки характеризувалися рихлою структурою і швидко розвалювалися. За вмісту в молоці 600 тис/см³ соматичних клітин сирна маса утворювалась у середньому за 35 хвилин із коливаннями від 22 хв до 54 хв. Білкові згустки мали м'яку структуру, не до кінця були сформованими і нагадували своєю консистенцією густий кефір.

Таблиця 1

Сиропридатність молока за використання різних молокозсідальних ферментних препаратів, (M±m, n = по 3 зразка у кожній групі)

Показник	Параметри оцінки		
Уміст соматичних клітин, тис/см³	300±49,69#	400±49,94#	600±50,16
Ґатунок молока	екстра	вищий	перший
Клас молока за сичужною пробою	II	II	III
Титрована кислотність, °Т	16,67±0,88	17,00±0,58	19,00±0,58
Активна кислотність, од. pH	6,62±0,03	6,68±0,04	6,86±0,02
«Meito»			
Тривалість сичужного зсідання молока, хв	20,0±2,08	26,0±3,61	32,0±4,36
Вихід сиру, %	80,0±3,61*	71,0±7,23	57,0±3,79
«Сичуг теляти»			
Тривалість сичужного зсідання молока, хв	16,0±1,53*	22,0±2,52	41,0±6,93
Вихід сиру, %	96,0±3,06	92,0±5,29	85,0±4,93
«Ідеал»			
Тривалість сичужного зсідання молока, хв	14,0±0,58*	18,0±2,08	29,0±3,61
Вихід сиру, %	100,0±0,00**	84,0±6,08	73,0±5,86

*Примітка. *p<0,05; **p<0,01 – вірогідність різниці розраховано щодо корів із вмістом у молоці 600 тис/см³ соматичних клітин; #p<0,05 – щодо корів із вмістом 300 тис/см³ соматичних клітин*

Попри позитивні наслідки щодо покращення процесу зсідання молока ферментними препаратами «Ідеал» і «Сичуг теляти», норма його реагування на ферментний препарат «Meito» зі зменшенням забруднення молока соматичними клітинами, незважаючи на всі передбачення, виявилась не такою ефективною. При тому що вихід сиру з вмістом 300 тис/см³ соматичних клітин у молоці зростав на 9,0 % порівняно з забрудненим на рівні 400 тис/см³, далі знижувався на 23 % (p<0,05) щодо зразків із вмістом соматичних клітин 600 тис/см³, воно не змогло досягти аналогічних величин сиропридатності за використання решти ферментних препаратів. Прискорення виходу сиру кисломолочного з молока, в якому містилось 300 тис/см³ соматичних клітин, не стало впливовим чинником й зменшення часу на утворення казеїнових згустків, який тривав 20 хв із коливаннями від 17 хв до 24 хв, що довше відповідно на 6 і 4 хв або 42,9 і 25,0 %. Ці зміни проявлялись на тлі зростання забруднення молока соматичними клітинами на рівні 400 і 600 тис/см³. Натомість, зразки менш забрудненого продукту (400 тис/см³) володіли гіршою здатністю до згортання, яка тривала 26 хв із коливаннями від 21 хв до 33 хв (більше відповідно на 8 і 4 хв або 44,4 і 18,2 %), а в разі зростання забруднення до максимального (600 тис/см³) відбувалось подовження часу на утворення згустків до 34 хв (на 3 хв або 10,3 %) із коливаннями від 28 хв до 37 хв проти використання молокозсідального ферментного препарату рослинного походження «Ідеал» за одночасного незначного скорочення (на 9 хв або 22,0 %) щодо результатів за верифікації ферментного препарату тваринного походження, але ці величини були також найвищі серед досліджених. Під час огляду всіх зразків якість білкових згустків також була гіршою, але за рівня забрудненості 300 тис/см³ згусток легко віддавав сироватку, був щільним, без наявності порожнеч. Забрудненість молока 400 тис/см³ соматичних клітин спричинила швидке відшаровування сироватки, проте згусток за структурою суттєво не відрізнявся від заявленого в регламенті. Інші результати мали місце за рівня забрудненості молока 600 тис/см³: згустки характеризувалися значною кількістю пластівців, що плавали в молоці, без відділення з нього сироватки.

Аналогічні дослідження проведено й за зіставлення цих молокозсідальних ферментних препаратів при різній контамінації молока мезофільними аеробними і факультативно-анаеробними мікроорганізмами. Одержані залежності підтвердили попередні результати.

Зважаючи на теоретичні підґрунтя і враховуючи позитивні наслідки пошукових досліджень перевагу надали найактивнішому в напрямі зростання виходу сиру кисломолочного, особливо за підвищеного вмісту в молоці соматичних клітин та зниження тривалості утворення молочних згустків сичужному ферменту тваринного походження вітчизняного виробництва «Сичуг теляти». Саме його як найбільш перспективного з технологічної точки зору використали, виконуючи базові дослідження з оцінки сиропридатності молока корів із різними генотипами капа-казеїну.

У процесі опрацювання матеріалів лабораторної оцінки молока корів усіх груп (табл. 2) не встановлено статистично вірогідної переваги за більшістю показників його придатності до виробництва сиру кисломолочного, за винятком тривалості сичужного зсідання.

Таблиця 2

Технологічні властивості молока корів із різними генотипами капа-казеїну, (n = по 3 голови в кожній групі)

Показник	Генотип капа-казеїну		
	AA	AB	BB
Кількість молока, кг	5,15	5,15	5,15
Витрати сичужного ферменту, г/голову	0,09	0,09	0,09
Тривалість сичужного зсідання молока, хв	15,0±0,45	14,6±0,81	13,4±0,51#
Витрати молока на виробництво 1 кг сиру кисломолочного, кг	6,18±0,18	5,81±0,34	5,54±0,26
Маса сиру кисломолочного, кг	0,834±0,02	0,887±0,04	0,929±0,04
Вихід сиру кисломолочного, %	16,2±0,57	17,2±1,02	18,0±0,85
Кількість сироватки, кг	4316±22,86	4263±41,25	4221±3726
Вихід сироватки, %	83,8±0,44	82,8±0,80	82,0±0,72
Клас молока:			
за сичужною пробою	II	II	II
за бродильною пробою	II	I	I
за сичужно-бродильною пробою	II	I	I
Група молока за термостійкістю, %	II	II	II

Примітка. #p<0,05 – вірогідність різниці розраховано щодо корів із генотипом AA

Натомість незначно кращими виявилися технологічні властивості продукту, одержаного від тварин із генотипами AB і BB. У цілому ж молоко усіх груп виявилось придатним для виготовлення сиру кисломолочного, так як час, витрачений на коагуляцію білків під дією експериментального сичужного ферменту, не перевершував діючі вимоги нормативної документації (40 хв). За цих умов спостерігали вірогідне пришвидшення утворення казеїнових згустків у зразках продукту корів із генотипом BB на 1,6 хв або 10,7 % (p<0,05) щодо тварин із генотипом AA і скорочення тривалості часу його зсідання – на 1,2 хв або 8,2 % проти особин із генотипом AB.

Поступаючись тваринам із генотипом BB за швидкістю зсідання білків, утворення казеїнових згустків під дією експериментального сичужного ферменту в зразках молока корів із генотипом AB відбувалося скоріше за представниць із генотипом AA на 0,40 хв або 2,7 %, хоча одержані дані статистично не різнилися.

Тобто наявність у геномі корів алеля B капа-казеїну зумовлює покращення молокозсідальної активності в напрямі утворення казеїнових згустків за рахунок нижчого вмісту в молоці соматичних клітин, вищих масових часток сухого знежиреного залишку, білка і жиру та кількісного збагачення основними життєво необхідними амінокислотами.

Цю залежність підтверджує і розподіл зразків за загальною тривалістю часу сичужного зсідання молока. Зокрема, у трьох (60 %) із п'яти піддослідних корів із генотипом AA цей процес тривав 14–15 хв і у двох (40,0 %) голів – довше 15 хв. Тоді як казеїновий згусток у зразках молока чотирьох (80 %) корів із генотипом AB формувався впродовж 12–15 хв і в однієї (20 %) голови на його утворення витрачалося більше 15 хв. Найкращу зсідальність зафіксовано у зразках молока корів із генотипом BB, які стовідсотково досягли утворення казеїнових згустків до 15 хв.

На етапі технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного з молока корів різних генотипів за локусом капа-казеїну витрати експериментального сичужного ферменту були рівнозначними – 0,09 г. Утім узагальнення одержаних результатів дало змогу виявити певні особливості: зі збільшенням масової частки білка в молоці корів із генотипами AB і BB інтенсивність його витрат на виготовлення 1 кг сиру кисломолочного знижувалася відповідно на 6,0 і 10,3 %, у той же час як абсолютна маса – відповідно на 53 і 95 г або 6,4 і 11,4 %, так і вихід сирної маси, вирахуваний у відсотках по відношенню до середніх величин загального об'єму молока переведеного в кілограми, навпаки, зростали відповідно на 1,0 і 1,8 %.

Найбільша кількість сироватки на 53 і 95 г або 1,3 і 2,3 % після самопресування виділилась із казеїнових згустків молока корів із генотипом AA, ніж у ровесників із генотипами відповідно AB і BB, тоді як її вихід суттєво не змінювався і варіював у межах піддослідних груп від 82,0 % до 83,8 %.

У рамках візуального визначення стану молока корів усіх груп за класами якості одержаних білкових згустків відмічено, що за результатами сичужної проби їм притаманна щільна структура, легкість до віддавання сироватки та відсутність видимих порожнеч.

За результатами бродильної проби молоко корів із генотипом AA відповідало II класу сиропридатності за задовільної оцінки якості. Казеїнові згустки мали дрібнозернисту структуру зі слабким відшаровуванням сироватки та незначною кількістю порожнеч, заповнених нею, проте це не знижує їх значення і вирішальну роль у процесі виробництва якісного кисломолочного сиру. Молоко корів із генотипами AB та BB належало до I класу сиропридатності з оцінкою добре. Початкову стадію зсідання молока, без видимого відшаровування сироватки, більш щільну структуру білкових згустків, без розривів та бульбочок газу на розрізі в зразках цих тварин, зафіксовано після 24 годин експозиції.

Молоку, відібраному від корів із генотипом AA, за сичужно-бродильню пробою присвоєно II клас сиропридатності з оцінкою якості задовільно.

Утім казеїнові згустки характеризувалися солом'яножовтим кольором сироватки, пластичною на дотик консистенцією з одиничними вічками, які були розміщені впродовж всієї довжини сирної смужки (8,5 см). За органолептичними показниками зразки не мали стороннього присмаку та запаху. Зразки молока корів із генотипом AB виявилися кращими за генотип AA і відповідали I класу сиропридатності з оцінкою добре. Згустки володіли гладкою, глянцевою, суцільною поверхнею, були пружні на дотик, без бульбочок газу на розрізі, довжина сирної смужки становила 11,0 см, їх покри-

вала прозорого кольору сироватка, пластівців сиру на стінках або ж осад на дні лабораторного посуду не спостерігали. Молоко, одержане від корів із генотипом ВВ, також було оцінене за якістю як добре і зараховано до І класу сиропридатності, при цьому згустки характеризувалися гладкою поверхнею, більш щільною структурою, без вічок і розривів, плавали у прозорій не тягучій сироватці, довжина сирної смужки становила 12,5 см. Крім зазначених властивостей згустки з молока тварин із генотипами АВ і ВВ формувалися з властивими кисломолочним продуктам запахом, смаком та кольором.

Молока оціненого за критеріями як дуже погане (IV клас) і погане (III клас) за бродильною пробою і погане (III клас) за сичужно-бродильною пробою не виявлено. Причому за здатністю витримувати високотемпературну теплову обробку в процесі технологічної переробки ефект проявився не настільки виражено як за бродильною і сичужно-бродильною пробами, і тому молоко корів усіх генотипів капа-казеїну віднесено до ІІ групи сиропридатності. Тобто білки молока корів усіх груп виявилися стабільними і не утворювали пластівців за дії водного розчину етилового спирту з об'ємною його часткою 75 %.

Концентрація вільних іонів гідрогену в молоці впродовж доби після доїння істотним чином не впливала на здатність білкових згустків до згортання. Зі збільшенням часу скисання при кімнатній температурі молоко незначно втрачало первинні властивості (рис. 1).

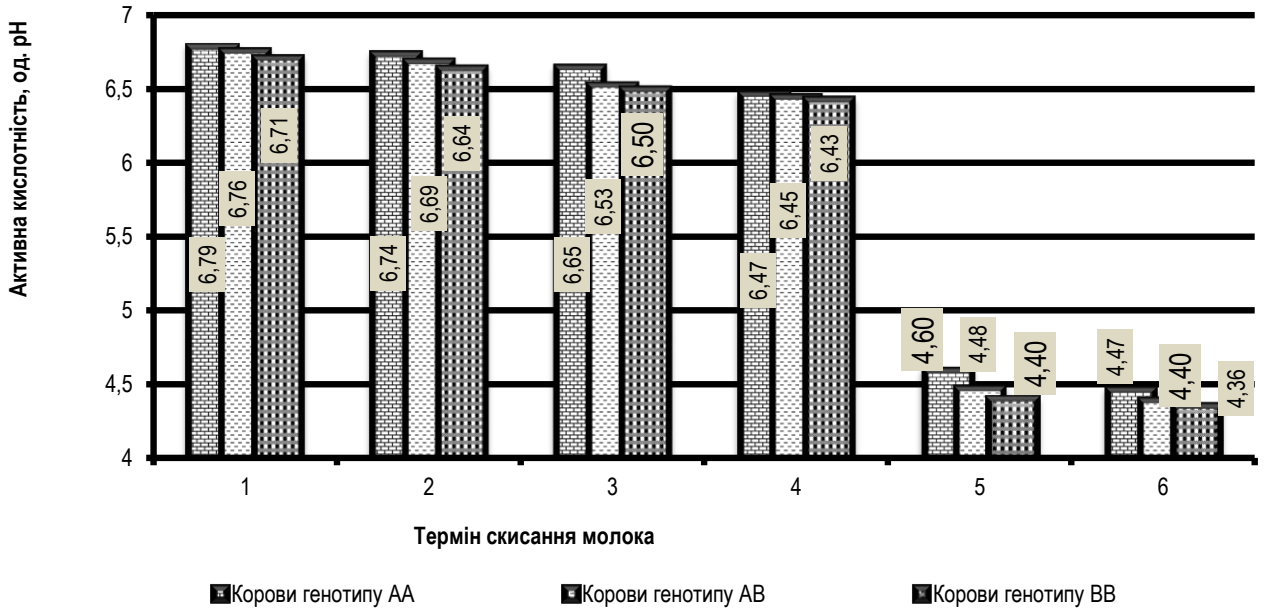

Рис. 1 Залежність змін активної кислотності молока корів із різними генотипами капа-казеїну від терміну скисання молока: 1 – щойно видоєне, 2 – через 6 годин, 3 – 12 годин, 4 – 24 години скисання, 5 – перед розрізанням згустків, 6 – після розрізання згустків

Графічна демонстрація спектра величин активності гідрогенних іонів у молоці корів із різними генотипами капа-казеїну виявила загальну спрямованість динаміки кількісних змін: від плавного зниження впродовж доби після доїння, подальшого падіння у міру утворення і уже різкого, відносно вихідних значень, перед розрізанням та до найінтенсивнішого – після розрізання казеїнових згустків. На тлі цього найбільший рівень активної кислотності в молоці відмічався в перші дві хвилини після доїння корів та варіював від 6,63 од. до 6,85 од., утім після розрізання згустків він набував мінімальних значень із коливаннями в діапазоні від 4,27 од. до 4,55 од. або 64,4 і 66,4 % до вихідних значень і в обох випадках знаходився в межах допустимих норм, без суттєвої різниці між групами упродовж загального часу експерименту.

Максимальний рівень активної кислотності в молоці (6,79–6,71 од. pH) спостерігався відразу після доїння і він відповідав нормативним показникам. Загальною тенденцією змін активної кислотності в зразках молока корів різних генотипів за локусом капа-казеїну впродовж періоду скисання є її уповільнення. Проте цей процес мав хвилеподібний характер перерозподілу величин pH в окремі проміжки часу. Зокрема, найменш активний перебіг біохімічних реакцій реєстрували в молоці тварин із генотипом АА, у якому за перші шість годин після доїння величини pH знизились на 0,7 %, на дванадцяту годину різниця за цим показником становила 2,1 % і через добу вона досягла 4,7 %. Натомість до моменту розрізання згустків величини кислотоутворення продовжили падати надто відчутно на 32,3 %, а в подальшому після їх розрізання набули максимальних значень – 34,2 %. Проміжне рангове місце за циклічністю перетворень концентрації вільних іонів гідрогену в процесі скисання та формування згустків займало молоко корів із генотипом АВ у яких відповідні зміни дорівнювали: 1,0; 3,4; 4,6; 33,7 і 34,9 % проти вихідних значень, встановлених у щойно видоєному молоці, тоді як у молоці особин із генотипом ВВ превалювала схожа динаміка зсувів цього показника – на 1,0; 3,1; 4,2; 34,4 і 35,0 %.

Відмітною особливістю щойно видоєного молока корів із генотипом АА проти генотипів АВ і ВВ є посилений відповідно на 0,5 і 1,2 % ступінь його насиченості вільними іонами гідрогену. Через шість годин різниця між групами у

бік підвищення показника активної кислотності залишилася практично незмінною відповідно 0,7 і 1,5 % на користь перших. Із подовженням тривалості часу скисання до дванадцяти годин відбулося незначне її збільшення відповідно на 1,8 і 2,3 %. Хоча після добового у режимі поступового скисання і сичужного зсідання молока відмінності між групами стабілізувалися і виявилися мінімальними – відповідно лише 0,3 і 0,6 %. Далі, перед розрізанням згустків, розбіжності знову зросли – відповідно до 2,7 і 4,5 %, тоді як на час їх розрізання, навпаки, зменшилися – відповідно на 1,6 і 2,5 %.

Висновок. Молоко корів із різними генотипами за локусом капа-казеїну є придатним для виготовлення різних видів молочних продуктів, у тому числі й сиру кисломолочного. Водночас, найкращі технологічні властивості притаманні молоку корів із генотипами АВ і ВВ.

Список використаної літератури:

1. Селионова М. И., Айбазов А. М. Геномные технологии в селекции сельскохозяйственных животных : сб. науч. тр. Всеросс. науч.-исслед. ин-та овцеводства и козоводства. Ставрополь, 2014. Т. 1. № 7 (1). С. 140–145.

2. Erbe M., Hayes B. J., Matukumalli L. K., Goswami S., Bowman P. J., Reich C. M., Mason B. A., Goddard M. E. Improving accuracy of genomic predictions within and between dairy cattle breeds with imputed high-density single nucleotide polymorphism panels. *J. of Dairy Science.* 2012. Vol. 95. P. 4114–4129.

3. Thomasen J. R., Sorensen A. C., Lund M. S., Guldbrandtsen B. Adding cows to the reference population makes a small dairy population competitive. *J. of Dairy Science.* 2014. Vol. 97. P. 5822–5832.

4. Su G., Ma P., Nielsen U. S., Aamand G. P., Wiggans G., Guldbrandtsen B., Lund M. S. Sharing reference data and including cows in the reference population improve genomic predictions in Danish Jersey. *Animal.* 2015. Vol. 2. P. 1–9.

5. Гончаренко Г. М., Горячева Т. С., Медведева Н. С. Полиморфизм гена к- казеина и технологические свойства молока у коров симментальской породы в Республике Алтай. *Сельскохозяйственная биология.* 2013. № 6. С. 123–126.

6. Горячева Т. С., Гончаренко Г. М. Генетические варианты к- казеина и пролактина в связи с молочной продуктивностью коров черно-пестрой породы. *Сельскохозяйственная биология*. 2010. № 4. С. 51–54.

7. Глотова Г. Н. Молочная продуктивность и качество молока коров холмогорской породы разных генотипов по каппа-казеину и бета лактоглобулину : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.02.04. Рязань, 2007. 23 с.

8. Косарев А. П., Громова Т. В. Сыропригодные качества молока коров, разводимых в Алтайском крае. *Сыроделие и маслоделие.* 2013. № 5. С. 13–15.

9. Часовщикова М. А. Влияние гена каппа-казеина на технологические качества молока, состав и выход сыра. *Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья.* Тюмень, 2013. № 3 (22). С. 30–33.

10. Мысик А. Т. Развитие животноводства в мире и России. *Зоотехния.* 2015. № 1. С. 2–5.

11. Meyer, F., Erhardt, G., Failing, K., Senft, B. (1990), Untersuchungen über Zusammenhande zwixhen Milchleistung, Eutergesundheit, Milchprotein und Blut-proteinpolymorhismen bei Rindern, *Zuchtungs-Kunde,* Vol. 62 (1), P. 3–14.

12. Гончаренко Г. М., Горячева Т. С., Медведева Н. С., Гришина Н. Б., Акулич Е. Г., Кононенко Е. В. Полиморфизм гена к-казеина и сыродельческие признаки молока коров симментальской породы. *Достижения науки и техники АПК.* 2013. № 10. С. 45–46.

13. Тельнов Н. О. Влияние генотипа каппа-казеина на молочную продуктивность и технологические свойства молока коров красно-пестрой породы в республике Мордовия. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.* Ульяновск, 2016. № 2 (34). С. 160–163.

14. Legarová V., Kouřimská L. The effect of k-casein genotype on the quality of milk and fresh cheese. *Scientia Agriculturae Bohemica.* 2010. Vol. 41 (4). P. 213–217.

15. Ефремов А. А., Карамаев С. В., Соболева Н. В. Технологические свойства молока коров разных генотипов по каппа-казеину. *Известия оренбургского государственного аграрного университета.* Оренбург, 2011. № 4 (32). С. 157–160.

References:

1. Selionova, M. I., Aybazov, A. M. (2014), Genomic technologies in breeding farm animals [Genomnye tekhnologii v selektsii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh], *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*, Vol. 1, № 7 (1), Stavropol', pp. 140–145.

2. Erbe, M., Hayes, B. J., Matukumalli, L. K., Goswami, S., Bowman, P. J., Reich, C. M., Mason, B. A., Goddard, M. E. (2012), Improving accuracy of genomic predictions within and between dairy cattle breeds with imputed high-density single nucleotide polymorphism panels, *J. of Dairy Science*, Vol. 95, pp. 4114–4129.

3. Thomasen, J. R., Sorensen, A. C., Lund, M. S., Guldbrandtsen, B. (2014), Adding cows to the reference population makes a small dairy population competitive, *J. of Dairy Science,* Vol. 97, pp. 5822–5832.

4. Su, G., Ma, P., Nielsen, U. S., Aamand, G. P., Wiggans, G., Guldbrandtsen, B., Lund, M. S. (2015), Sharing reference data and including cows in the reference population improve genomic predictions in Danish Jersey, *Animal,* Vol. 2, pp. 1–9.

5. Goncharenko, G. M., Goryacheva, T. S., Medvedeva, N. S. (2013), Polymorphism of the κ-casein gene and technological properties of milk in Simmental cows in the Altai Republic, [Polimorfizm gena κ-kazeina i tekhnologicheskie svoystva moloka u korov simmental'skoy porody v Respublike Altay], *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, № 6, pp. 123–126.

6. Goryacheva, T. S., Goncharenko, G. M. (2010), Genetic variants of κ-casein and prolactin in relation to milk production of black-and-white cows [Geneticheskie varianty κ- kazeina i prolaktina v svyazi s molochnoy produktivnost'yu korov cherno-pestroy porody], *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, № 4, pp. 51–54.

7. Glotova, G. N. (2007), *Milk productivity and milk quality of Kholmogory cows of different genotypes for kappa-casein and beta-lactoglobulin: avtoreferat of the dissertation [Molochnaya produktivnost' i kachestvo moloka korov kholmogorskoy porody raznykh genotipov po kappa-kazeinu i beta laktoglobulinu : avtoref. dis. … kand. s.-kh. nauk],* Ryazan', 23 p.

8. Kosarev, A. P., Gromova, T. V. (2013), Cheese quality of milk of cows bred in the Altai Territory [Syroprigodnye kachestva moloka korov, razvodimykh v Altayskom krae], *Syrodelie i maslodelie*, № 5, pp. 13–15.

9. Chasovshchikova, M. A. (2013), The influence of the kappa-casein gene on the technological qualities of milk, the composition and yield of cheese [Vliyanie gena kappa-kazeina na tekhnologicheskie kachestva moloka, sostav i vykhod syra], *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya*, № 3 (22), Tyumen', pp. 30–33.

10. Mysik, A. T. (2015), Livestock development in the world and in Russia [Razvitie zhivotnovodstva v mire i Rossii], *Zootekhniya,* № 1, pp. 2–5.

11. Meyer, F., Erhardt, G., Failing, K., Senft, B. (1990), Untersuchungen über Zusammenhande zwixhen Milchleistung, Eutergesundheit, Milchprotein und Blut-proteinpolymorhismen bei Rindern, *Zuchtungs-Kunde,* Vol. 62 (1), P. 3–14.

12.Goncharenko, G. M., Goryacheva, T. S., Medvedeva, N. S., Grishina, N. B., Akulich, E. G., Kononenko, E. V. (2013), Polymorphism of the k-casein gene and cheese-making characteristics of milk of Simmental cows [Polimorfizm gena k-kazeina i syrodel'cheskie priznaki moloka korov simmental'skoy porody], *Dostizheniya nauki i tekhniki APK,* № 10, pp. 45–46.

13. Tel'nov, N. O. (2016), Influence of the kappa-casein genotype on milk productivity and technological properties of milk of red-and-white cows in the Republic of Mordovia [Vliyanie genotipa kappa-kazeina na molochnuyu produktivnost' i tekhnologicheskie svoystva moloka korov krasno-pestroy porody v respublike Mordoviya], *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii,* № 2 (34), Ul'yanovsk, pp. 160–163.

14. Legarová, V., Kouřimská, L. (2010), The effect of k-casein genotype on the quality of milk and fresh cheese, *Scientia Agriculturae Bohemica,* Vol. 41 (4), pp. 213–217.

15. Efremov, A. A., Karamaev, S. V., Soboleva, N. V. (2011), Technological properties of milk of cows of different genotypes for kappa-casein [Tekhnologicheskie svoystva moloka korov raznykh genotipov po kappa-kazeinu], *Izvestiya orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, № 4 (32), Orenburg, pp. 157–160.

***Polieva Iryna Oleksandrivna**, Junior Research Fellow,*
***Korkh Ihor Volodymyrovych**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow*
Institute of Animal Husbandry NAAS
(Kharkiv, Ukraine)

Technological properties of milk of Ukrainian cows black-and-white dairy breed with different genotypes of kappa-casein for manufacture of fermented milk cheese

The article presented experimental material on the study of cheese suitability of milk from cows of the Ukrainian Black-and-White dairy breed with different genotypes of kappa-casein. Isolation of genomic DNA from individual samples of biological material taken from experimental cows was carried out using a commercial kit of reagents "DNA sorb B" manufactured by AmpliSens. Biological raw materials were samples of hair bulbs. Polymorphism of marker genes was determined by PCR-RFLP. Evaluation of the cheese suitability of milk by rennet, fermentation and rennet-fermentation samples was carried out in accordance with the requirements of DSTU 7357: 2013 DSTU 7357: 2013, the active acidity of milk during the souring process was taken into account with a portable measuring instrument testo 206-pH1 pH meter. According to the results of previous studies, it was found that the active in the direction of growth the yield of fermented milk cheese, especially with an increased content of somatic cells in milk and a reduce in the duration of the formation of milk clots, appeared the rennet of animal origin of domestic production "Calf abomasum". In general, milk of all groups turned out to be suitable for making cottage cheese, since the time spent on coagulation of proteins under the influence of the experimental rennet did not exceed the current requirements of the regulatory documentation (40 min). Under these conditions, a probable acceleration of the formation of casein clots in the product samples of cows with the BB genotype by 1.6 min or 10.7% relative to animals with the AA genotype was observed and a decrease in the duration of its clotting time - by 1.2 min or 8.2%, in contrast from individuals with the AB genotype. As part of the visual determination of the state of milk of cows of all groups according to the quality classes of the obtained protein clots, it was noted that, according to the results of the rennet test, they are characterized by a dense structure, ease in the release of whey and the absence of visible voids. According to fermentation and rennet-fermentation tests, the milk of cows with the AA genotype corresponded to the II cheese suitability class according to a satisfactory quality assessment, while the milk of cows with the AB and BB genotypes belonged to the I cheese suitability class with an assessment "good". The concentration of free hydrogen ions in milk during the day after milking did not significantly affect the ability of protein clots to coagulate. With an increase in the souring time at room temperature, the milk slightly lost its original properties. So, milk from cows with different genotypes at the kappa-casein locus was suitable for the manufacture of various types of dairy products, including cottage cheese. At the same time, the best technological properties are inherent in the milk of cows with genotypes AB and BB.

***Key words:** cheese suitability, kappa-casein genotype, cottage cheese, clots, rennet, sourness, active acidity*

Дата надходження до редакції: 09.09.2021 р.