

УДК 619: 614.31: 637

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.25>

АДАПТИВНІ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФЕРМЕНТІВ ПРИ РІЗНОМУ РІВНІ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Приліпко Т.М. – д.с.-г.н., професор,

завідувач кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції,

Подільський державний університет

Коваль Т.В. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін,

Подільський державний університет

Наведені результати досліджень на великій рогатій худобі щодо вивчення особливості зміни властивостей ферментів при різному рівні молочної продуктивності. Встановлено, що більше всього утримується залозою фосфатаза, активна при рН 5,3. Активність цієї фосфатази в молочній залозі в 72 рази вище, ніж в молоці. Менше всього затримуються в залозі фосфатази, активні при рН 3,2 і почасти при рН 9,64. Було встановлено наступне: значне утримання залозою кислих фосфатаз, активних при рН 4,13-5,3; позитивна їх кореляція в лактуючій молочній залозі з фосфором ліпідів і білків ($r = +0,73$ і $+0,36$ відповідно); чітка обернена залежність активності цих фосфатаз в молоці і надою; кисла реакція середовища в секреторних клітинах в молочній залозі. Молоко корів містить багато сполук фосфору. Особливо високий вміст фосфору в молозиві: в перші години після отелу він складає біля 230 мг%, упродовж наступних 10 днів кількість його хоч і децю падає, але все ще залишається на досить високому рівні (120-130 мг %). Майже половину цієї кількості (45-50%) складають в цей час органічні сполуки фосфору. Лужна фосфатаза молока, активна при рН 9,6, і кисла фосфатаза, яка проявляє активність при рН біля 3,2, поряд з деякими іншими ферментами (ліпаза, амілаза, протеаза тощо) можуть грати роль у травленні новонароджених, які вигодовуються молоком. Особливо високий вміст фосфору в молозиві: в перші години після отелу він складає біля 230 мг%, упродовж наступних 10 днів кількість його хоч і децю падає, але все ще залишається на досить високому рівні (120-130 мг %). Майже половину цієї кількості (45-50%) складають в цей час органічні сполуки фосфору. У відділах травного тракту з кислою реакцією середовища органічні сполуки фосфору молока розщеплюються при участі кислої фосфатази молока, активної при значенні рН біля 3,2. Молоко для новонародженого – джерело не тільки повноцінних, легкозасвійних речовин, але і ферментів, які сприяють перетравленню та більш повному засвоєнню їжі. Ферменти молока – це одне із пристосувань, набутих ссавцями в процесі еволюційного розвитку, яке сприяє підвищенню виживання новонароджених.

Ключові слова: фосфатаза, молоко, органічні сполуки, ферменти, молочна залоза, засвоєння, продуктивність.

Prylipko T.M., Koval T.V. Adaptive changes in the properties of enzymes at different levels of milk productivity

The results of research on cattle to study the peculiarities of changes in the properties of enzymes at different levels of milk productivity are presented. It was found that the most retained by the gland is phosphatase, active at pH 5.3. The activity of this phosphatase in the breast is 72 times higher than in milk. Phosphatases, active at pH 3.2 and partly at pH 9.64, are least retained in the gland. The following was found: significant iron content of acid phosphatases active at pH 4.13-5.3; their positive correlation in lactating breast with phosphorus lipids and proteins ($r = +0.73$ and $+0.36$, respectively); a clear inverse relationship between the activity of these phosphatases in milk and milk yield; acidic reaction medium in secretory cells in the breast. Cow's milk contains many phosphorus compounds. Especially high content of phosphorus is in colostrum: in the first hours after calving it is about 230 mg%, over the next 10 days, its amount, although falling slightly, but still remains at a fairly high level (120-130 mg%). Almost half of this amount (45-50%) is currently organic phosphorus compounds. Alkaline milk phosphatase, active at pH 9.6, and acidic phosphatase, which is active at pH about 3.2, along with some other enzymes (lipase, amylase, protease, etc.) may play a role in the digestion of the newborn.

Especially high content of phosphorus is in colostrum: in the first hours after calving it is about 230 mg%, over the next 10 days, its amount, although falling slightly, but still remains at a fairly high level (120-130 mg%). Almost half of this amount (45-50%) is currently organic phosphorus compounds. In parts of the digestive tract with an acidic reaction of the environment, organic compounds of milk phosphorus are broken down with the participation of acidic milk phosphatase, active at a pH value of about 3.2. Milk for the newborn is a source not only of complete, easily digestible substances, but also of enzymes that promote digestion and more complete assimilation of food. Milk enzymes are one of the devices acquired by mammals in the process of evolutionary development, which helps to increase the survival of newborns.

Key words: *phosphatase, milk, organic compounds, enzymes, mammary gland, digestion, productivity.*

Постановка проблеми. Розкриття біохімічних процесів синтезу жирів і різноманітних білків (м'яса, молока, шерсті) в організмі високопродуктивних тварин не може базуватися тільки на знанні хімічного складу тканин та рідин організму (молока, сечі, крові).

Для вирішення цих питань необхідно вивчати проміжний обмін речовин у тварин різних видів продуктивності, при цьому повинні бути знайдені характерні риси обміну, які залежать від продуктивності, функціонального стану органів, що відповідають за синтез речовин, які складають продукцію, від особливостей годівлі тварин.

Висока продуктивність, безсумнівно, зумовлена діяльністю всього організму. При синтезі білку шерсті – кератину основні процеси, які забезпечують синтез, відбуваються у шкірі тварин. Синтез м'язових білків при м'ясній продуктивності зумовлений процесами проміжного обміну речовин в м'язах і печінці. Синтез основних складових частин молока проходить в молочній залозі із попередників, які виробляються самою залозою, різними органами, тканинами та мікрофлорою відділів травного тракту (рубця та ін.).

Висока, часто одностороння продуктивність різних видів сільськогосподарських тварин пов'язана із специфікою обміну речовин. Така продуктивність створюється в результаті особливої цілеспрямованості проміжного обміну за рахунок скорочення процесів розпаду і підвищення інтенсивності синтезів з використанням так званих кінцевих продуктів обміну в якості проміжних. Крім того, ймовірна і більш глибока якісна перебудова проміжного обміну [7, с. 26; 9, с. 85].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багаточисельними дослідженнями [3, с. 13]. підтверджується, що напруженість обміну речовин при високій продуктивності тварин призводить до посилення мінливості внутрішніх середовищ та лабільності процесів обміну речовин.

Ці особливості обміну речовин, властиві тваринам з високою продуктивністю, створені людиною в процесі штучного відбору. Відбираючи і залишаючи на плем'я тварин з продуктивністю вище середнього рівня, людина мимоволі селекціонувала і певні хімічні реакції, певні процеси проміжного обміну речовин.

В організмі проходять надзвичайно складні біохімічні процеси. Однак окремі процеси проміжного обміну речовин протікають взаємопов'язано, послідовно і надзвичайно точно. Така узгодженість обміну речовин в організмі досягається дією нервових і гуморальних регулюючих систем. До одних із найважливіших ланок цих систем відносяться ферменти, які не тільки зумовлюють направленість і швидкість протікання біохімічних процесів, але і створюють своєю лабільністю можливість адаптації процесів обміну речовин та організму до умов зовнішнього середовища.

В даний час не можна пояснити зміни проміжного обміну речовин, які спостерігаються при різних фізіологічних станах, напрямках продуктивності, типах годівлі без участі ферментів.

Пристосування організму до умов зовнішнього середовища залежить від лабільності ферментних систем, можливості змін активності та оптимумів дії ферментів, а також в деяких випадках від можливості синтезу нових ферментів [5, с. 21].

Постановка завдання. Визначення активності ферментів тільки при оптимальних величинах рН, температури, концентрації солей в середовищі не дає можливості встановити їх мінливість, не дозволяє зрозуміти пристосування процесів проміжного обміну речовин до високої продуктивності, до типу годівлі тощо. Тому важливим є розгляд питань мінливості властивостей ферментів при різних рівнях молочності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основні компоненти молока виробляються в молочній залозі, тому цікаво вивчити мінливість властивостей ферментів лактуючого вим'я (в порівнянні із станом функціонального спокою), що дозволяє молочній залозі інтенсивно синтезувати молоко. Було встановлено, що в лактуючій молочній залозі корів в порівнянні з нелактуючою окисно-відновні процеси протікають в два рази швидше [9, с. 31], про що свідчить порівняння активності ферментів загального дегідрування (рН 7,2). Однак визначення активності цих ферментів тільки при оптимальній величині рН не дозволяє виявити пристосування залози до інтенсивного синтезу молока. Вивчення залежності активності ферментів цієї системи від величини рН показує, що в лактуючій молочній залозі ферменти можуть бути високо активні навіть при зміні рН в досить широких межах. Ферменти системи загального дегідрування лактуючої молочної залози характеризуються більш широкою зоною оптимальної дії (в залежності від рН) в порівнянні з ферментами нелактуючих залоз.

Подібні дані ми отримали при вивченні аргінази у лактуючому вим'ї. Присутність аргінази у вим'ї жуйних описана давно [1, с. 49; 2, с. 17; 6, с. 96]. Відомо, що активність її у вим'ї в порівнянні з печінкою невелика. Синтетична діяльність молочної залози корів супроводжується наростанням активності аргінази в тканині залози. Ми дослідили, що при рН, оптимальному для дії аргінази, активність ферменту лактуючого вим'я на 40% вища, ніж нелактуючого. В той же час при дослідженні активності аргінази молочних залоз з різним рівнем синтетичних процесів в залежності від величини рН виявлені деякі цікаві особливості цього ферменту в функціонуючих залозах. Характер залежності активності аргінази від рН дає можливість припустити присутність у вим'ї деяких ферментів, які розрізняються оптимальною величиною рН. Було показано, що у лактуючих молочних залоз активність аргінази підвищувалась при рН 8,9; 9,7 і 10,5 в той час як для ферменту нелактуючих залоз не було помічено оптимумів при рН менше 10,5. Крім того, найбільші розходження (більше ніж в два рази) у величині активності ферментів залоз з різним фізіологічним станом відмічені при значеннях рН, найбільш віддалених від того оптимального показника рН, при якому фермент розвиває максимальну активність. Таким чином, і на прикладі аргінази показано, що вивчення мінливості властивостей фермента, а не тільки активності при так званому оптимальному значенні рН, дозволяє виявити адаптацію обміну речовин молочної залози до синтезу молока.

Ще більш різкі зміни властивостей ферментів залози під час лактації можна показати на прикладі фосфатаз. При порівнянні властивостей фосфатаз молочних залоз корів з різним рівнем синтетичної діяльності виявилось, що під час лактації зростає активність як лужної, так і кислої фосфатаз (на 350 і 14% відповідно). Однак зміна властивостей ферментів виражається не тільки в ступені їх

активності. Встановлено, що в молочній залозі під час лактації з'являється додаткова адаптивна фосфатаза, активна при рН 8, що особливо чітко виявляється на початку і середині лактації.

Для більш повного в'ясування ролі ферментів молочної залози були вивчені ферменти, які виділяються із залози в молоко. При цьому треба відмітити, що молоко є внутрішнім середовищем залози, відображає у відомій мірі процеси, які відбуваються в ній, і служить кінцевим продуктом діяльності залози.

Порівняльне вивчення властивостей ксантинооксидази і фосфатаз молока у корів з різним рівнем молочної продуктивності (від 2000 до 7500 л річного надою) показало, що ферменти, які виділяються з молоком у високопродуктивних тварин, відрізняються рядом властивостей. Так, нами було виявлено, що в молоці цих корів питома активність ксантинооксидази вища в порівнянні з молоком менш продуктивних тварин і що активність, яка зростає у всіх корів упродовж лактації, у високопродуктивних тварин наростає повільніше. Особливо цікаві відмінності властивостей ферментів молока високопродуктивних корів відмічені при вивченні впливу рН і температури на активність ксантинооксидази. Ці дослідження показали, що ксантинооксидаза молока високопродуктивних корів відрізняється розширеною зоною оптимальної дії в залежності від рН і температури. Такі відмінності особливо чітко виражені на початку лактації, коли ще не помітний вплив нової тільності і не проявляються особливості лактації окремих тварин. Встановлене нами розширення зони оптимальної дії ферменту в залежності від рН, температури і, можливо, від інших факторів пояснює можливість інтенсивної роботи ферментів при значних коливаннях складу і властивостей середовища молочної залози.

Якщо для ксантинооксидази молока відмічена пряма кореляція активності і продуктивності (величина добового надою, кількість білка, що виводиться з молоком), то активність фосфатаз молока була обернено пропорційна величині надою. Фосфатази молока високопродуктивних корів відрізняються меншою питомаю активністю; залежність їх активності від рН була однаковою у всіх корів незалежно від їх продуктивності.

Ферменти проникають в молоко при зміні адсорбційних властивостей клітин молочної залози [4, с 32]. Яким би шляхом не потрапляли ферменти в молоко, процес цей здійснюється вибірково. Не всі ферменти молочної залози необхідні для синтезу і для процесів життєдіяльності самої залози, і не всі вони в однаковій мірі виводяться в молоко. Ми вивчали зміну властивостей (залежність від величини рН) фосфатаз молочних залоз і молока, яке виділили перед забом корів. В результаті встановлено, що більше всього утримується залозою фосфатаза, активна при рН 5,3. Активність цієї фосфатази в молочній залозі в 72 рази вище, ніж в молоці. Менше всього затримуються в залозі фосфатази, активні при рН 3,2 і почасти при рН 9,64 (таблиця 1).

Таблиця 1

Порівняння активності фосфатаз молочних залоз (МЗ) і молока (М) одних і тих же корів (середні дані по п'яти тваринам)

Джерело ферменту	Активність фосфатаз у фенольних одиницях				
	рН 3,2	рН 4,13	рН 5,3	рН 8,1	рН 9,64
МЗ	49,2 ± 23,4	241,2 ± 22,4	266,4 ± 28,4	290,4 ± 28,4	1334 ± 344
М	10,2 ± 2,2	7,5 ± 1,5	3,7 ± 1,4	14,7 ± 8,6	88,9 ± 39
МЖ:М (%)	482	3175	7200	1976	1501

Для молока і молочної залози характерна присутність кількох, але різних фосфатаз. Було встановлено наступне: значне утримання залозою кислих фосфатаз, активних при рН 4,13-5,3; позитивна їх кореляція в лактуючій молочній залозі з фосфором ліпідів і білків ($r = +0,73$ і $+0,36$ відповідно); чітка обернена залежність активності цих фосфатаз в молоці і надою; кисла реакція середовища в секреторних клітинах в молочній залозі [5, с. 11; 8, с. 102]. Отже, можна зробити припущення про значення цих ферментів для здійснення процесів синтезу молока. Адаптивна поява в молочній залозі під час лактації фосфатази, активної при рН 8, свідчить про її участь в синтезі складових частин молока.

Молоко – специфічний продукт, біологічно призначений для харчування дитинчат ссавців. Тому ферменти, які виділяються з молоком, можуть бути не випадковими «відходами» залози, але можуть мати значення для новонароджених. Так, лужна фосфатаза молока, активна при рН 9,6, і кисла фосфатаза, яка проявляє активність при рН біля 3,2, поряд з деякими іншими ферментами (ліпаза, амілаза, протеаза тощо) можуть грати роль у травленні новонароджених, які вигодовуються молоком. Травлення у новонароджених людини і тварин в перші місяці життя відрізняється деякими особливостями [2, с. 191; 3, с. 102]. Багаточисельними дослідженнями показано, що в цей час шлунково-кишковий тракт не синтезує ферменти, які повноцінно розщеплюють їжу. В перший період життя пепсин шлункового соку розщеплює тільки казеїн і частково фібрин, а на інші тваринні і рослинні білки він не діє; кислотність шлункового соку невисока і в значній мірі зумовлена молочною кислотою. Альбуміни і глобуліни не перетравлюються і можуть всмоктуватися в нативному стані. Трипсин в період молочної вигодовування також здатний гідролізувати тільки казеїн і продукти його розщеплення пепсином. Амілолітичні властивості підшлункового соку виражені слабо, і ліполітичні ще слабше. Крім того, відмічається виведення з калом значних кількостей травних ферментів – ентерокинази і лужної фосфатази, що звичайно пояснюють нездатністю товстого відділу кишечника у тварин руйнувати і всмоктувати ці ферменти [4, с. 17].

Молоко корів містить багато сполук фосфору. Особливо високий вміст фосфору в молозиві: в перші години після отелу він складає біля 230 мг%, упродовж наступних 10 днів кількість його хоч і дещо падає, але все ще залишається на досить високому рівні (120-130 мг %). Майже половину цієї кількості (45-50%) складають в цей час органічні сполуки фосфору. Такий вміст фосфорних сполук в молоці корів виявляється упродовж 2-2,5 місяців після отелу, потім він поступово зменшується до 24% до десятого місяця лактації [7, с. 247]. В той же час відомо, що сполуки фосфору всмоктуються тільки у вигляді неорганічних солей. А швидкість всмоктування органічних речовин залежить від швидкості їх розщеплення. Враховуючи це, можна приблизно представити собі роль лужної фосфатази молока у травленні теляти наступним чином. Фермент, що поступає з молозивом або молоком, проходить без змін через сичуг в кишечник, оскільки білки глобулінового типу не розщеплюються пепсином у телят цього віку. В тонкій кишці жуйних рН звичайно коливається від 8,3 до 8,9, а при низькому рівні секреції, що характерно для телят, може бути і вище [1, с. 12; 9, с. 354]. Тому при лужній реакції середовища органічні сполуки фосфору молока можуть розщеплюватися під дією лужної фосфатази останньої. Відсутність достатньої кількості власних ферментів цього типу, а також втрати їх з калом свідчили б про таке призначення лужної фосфатази молока. У відділах травного тракту з кислою реакцією середовища органічні сполуки фосфору молока можуть розщеплюватися при участі кислої фосфатази молока, активної при значенні рН біля 3,2.

Висновки і пропозиції.

1. Швидкий і прогресивний еволюційний розвиток ссавців тварин був зумовлений наряду з іншими факторами набуттям в процесі філогенезу живородіння, харчування і розвитку зародка в утробі матері та постембріонального харчування молоком матері.

2. На певних етапах онтогенетичного розвитку мати та ембріон, плід, дитинча формуються як єдине ціле. Молоко для новонародженого – джерело не тільки повноцінних, легкозасвійних речовин, але і ферментів, які сприяють перетравленню та більш повному засвоєнню їжі. Ферменти молока – це одне із пристосувань, набутих ссавцями в процесі еволюційного розвитку, яке сприяє підвищенню виживання новонароджених.

3. Результати наших досліджень вказують на важливе значення ферментів у вивченні при різному рівні молочної продуктивності, що може дати цінні результати для практики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. І.І. Ібатуллін, М.І. Башенко, О.М. Жукорський. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин. Київ. *Аграрна наука*. 2016. 336 с.
2. Михайленко А. К. Экологические аспекты формирования физиологобиохимического статуса и продуктивности животных в онтогенезе. автореф. дис. ... д-ра биол. наук : спец. 03.02.08 «Экология» . Махачкала. 2010. 42 с.
3. Шаповалов С. О. Регуляція есенціальними мікроелементами резистентності організму тварин до несприятливих факторів довкілля : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин». *Харків*, 2011. 38 с.
4. Левченко В.І. Поширення, етіологія, особливості перебігу та діагностики множинної внутрішньої патології у високопродуктивних корів. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету*. 2010. Вип. 56. С. 97–102.
5. Левченко В.І. Етіологія, патогенез та діагностика внутрішніх хвороб у високопродуктивних корів. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 10. С. 28–32.
6. Янович В. Г. Біологічні основи трансформації поживних речовин у жуйних тварин. Львів : Тріада плюс. 2000. 384 с.
7. Сапего В. И. Профилактика нарушения обмена веществ у телят микроэлементами. *Ветеринария с.-х. животных*. 2006. № 7. С. 50–52.
8. Prylipko T., Bukalova N., Bogatko N. Development of practical measures and ways of their realization for control, management of dairy raw materials and dairy products in accordance with eu norms. *Scientific development and achievements*. 2018. Vol. 4. P. 28-41.
9. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. *European Research Area: Status, Problems and Prospect* : proceedings of the International Academic Congress (Latvian Republic, Rīga). 2016. P. 85-87.