
ВПЛИВ РІЗНИХ ЧИННИКІВ НА ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД МОЛОКА КОРІВ

Павкович Сергій

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-539-6-46>

ВСТУП

З перших наукових публікацій, у яких повідомлялося про негативний вплив тваринних жирів на здоров'я людей, інтерес до їх жирно кислотного складу постійно зростає. Споживання молока та молочних продуктів знизився після повідомлень про гіперхолестеринемічний ефект окремих жирних кислот які входять до їх складу. Це зумовило підвищений інтерес до досліджень, у яких вивчався вплив різних чинників на жирнокислотний склад молочного жиру¹.

Транс-ізомери ненасичених жирних кислот утворюються внаслідок мікробної біогідрогенізації у рубці кормових цис-поліненасичених жирних кислот, кількість яких становить до 5% від усіх кислот. До цієї групи належать цис-9, транс-11-C18:2 жирна кислота з тривіальною назвою рубцева і транс-10, цис-12-C18:2, які є двома основними ізомерами групи кон'югованої лінолевої кислоти (КЛК). КЛК вважаються дуже корисними для здоров'я людини і тому є бажаними у молочних продуктах². Ці два ізомери мають різний вплив на метаболізм і функції клітин. Проте більшість науковців описують корисні властивості КЛК для здоров'я людей без диференціації її на окремі ізомери.

Мікроорганізми рубця синтезують жирні кислоти з непарним і розгалуженим ланцюгом (до 4% усіх жирних кислот у молочному жирі). Інтерес до цих жирних кислот полягає у кращому розумінні функції

¹ Samková E., Špička J., Pešek M., Pelikánová T. Hanuš O. Animal factors affecting fatty acid composition of cow milk fat: A review. *South African Journal of Animal Science*. 2012. Vol. 42, № 2. P. 83-100 URL: DOI: 10.4314/sajas.v42i2.1.

² Dhiman T.R., Nam S.H., Ure A.L. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2005. Vol. 45. P. 463-482. URL: DOI: 10.1080/10408390591034463

рубця, їх антиканцерогенної активності, а також впливі на температуру плавлення молочного жиру³.

Склад жирних кислот, їх положення в молекулах триацилгліцеринів, а також частка насичених та ненасичених жирних кислот значною мірою впливають на харчові, сенсорні та технологічні властивості молочного жиру.

Однак уявлення про оптимальний склад жирних кислот у дієтологів і технологів молочних продуктів можуть відрізнятися. Висока частка насичених жирних кислот може підвищити стійкість жиру до окислення і таким чином зменшити потенційні сенсорні дефекти. Тим не менш, такий склад вважається небажаним. Насичені жирні кислоти, зокрема лауринова C12:0, міристинова C14:0 та пальмітинова C16:0 є чинниками, які сприяють підвищенню холестерину в крові, який, у свою чергу, вважається фактором ризику серцево-судинних захворювань у людей⁴. Проте, узагальнені рекомендації щодо зменшення вживання жирних молокопродуктів через високий вміст у них насичених жирних кислот слід сприймати з обережністю. Так, коротколанцюгові жирні кислоти знижують концентрацію холестерину ліпопротеїдів низької щільності, а негативні ефекти транс-жирних кислот жуйних, порівняно з промисловими транс-жирами, відсутні. На відміну від інших насичених жирних кислот, стеаринова кислота знижує рівень холестерину ліпопротеїдів низької щільності. Деякі моно- (олеїнова кислота) і поліненасичені жирні кислоти мають значну антиатерогенну дію та інші позитивні впливи для здоров'я людей⁵.

Співвідношення бажаних з харчової точки зору жирних кислот до шкідливих можна змінити використовуючи чинники які впливають на жирнокислотний склад молока. Зазвичай ці фактори поділяють на 3 групи: кормові, тваринного походження та навколишнього середовища. На сьогоднішній день найбільша увага зосереджена на кормових чинниках. Їх використання дозволяє істотно вплинути на жирнокислотний склад молока⁶.

³ Vlaeminck B., Fievez V., Cabrita A.R.J., Fonseca A.J.M., Dewhurst, R.J. Factors affecting odd and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 2006. Vol. 131. P. 389-417. URL: DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017.

⁴ Gebauer S.K., Psota T.L., Kris-Etherton P.M. The diversity of health effects of individual trans fatty acid isomers. *Lipids*. 2007. Vol. 42. P. 787-799. URL: DOI: 10.1007/s11745-007-3095-8.

⁵ Lopez-Huertas E. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids enriched milks. A review of intervention studies. *Pharmacological Research*. 2010. Vol. 61. P. 200-207. URL: DOI: 10.1016/j.phrs.2009.10.007.

⁶ Kalač, P., Samková, E. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal Animal Science*. 2010. Vol. 55. P. 521-537. URL: DOI: 10.17221/2485-CJAS.

1. Вплив чинників тваринного походження і сезону на жирнокислотний склад молока корів

Співвідношення омега-6/омега-3 жирних кислот в раціоні більшості людей коливається від 15:1 до 16,7:1, хоча рекомендується підтримувати істотно нижчий вміст омега-6 жирних кислот. Оптимальне співвідношення омега-6/омега-3 жирних кислот відрізняється при різних захворюваннях. У раціоні астматиків воно повинно бути в межах 5:1, а у хворих на ревматоїдний артрит та рак товстої кишки – 2,5:1⁷. Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує співвідношення омега-6/омега-3 жирних кислот нижче 4, оскільки при такій пропорції спостерігається суттєве зниження смертності від серцево-судинних захворювань⁸.

Результати клінічних досліджень свідчать, що збільшення частки омега-3 жирних кислот у раціоні попереджує виникнення та лікує онкологічні захворювання, захворювання серця, тромбоз, артеріальну гіпертензію, гіперліпідемію, деменцію, хворобу Альцгеймера, депресію та ревматоїдний артрит⁹. Крім того, омега-3 жирні кислоти використовуються для лікування шкірних захворювань, таких як псоріаз, акне та червоний вовчак.

Основними джерелами омега-3 жирних кислот є риба та морепродукти. Більшість овочів і фруктів містять лінолеву і α -ліноленову кислоти у співвідношенні 1:1, а у зерні кукурудзи, соєвих бобах, насінні соняшнику та деяких горіхах переважає лінолева кислота.

Мононенасичені жирні кислоти не викликають накопичення холестерину, як це роблять насичені жири, і не швидко окислюються, як поліненасичені. Крім того, вони позитивно впливають на концентрацію ліпопротеїнів високої щільності, що транспортують холестерин від стінок кровоносних судин до печінки, де він розкладається жовчаними кислотами і виводиться з організму. Мононенасичені жири також знижують концентрацію ліпопротеїнів низької щільності, які мають здатність відкладатися на стінках кровоносних судин.

Частка мононенасичених жирних кислот у молоці може коливатися від 20% до 35%. Серед мононенасичених кислот найвищий вміст займає олеїнова кислота. У молоці жуйних також наявні відносно невеликі кількості інших мононенасичених жирних кислот, таких як

⁷ Simopoulos A. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. 2008. Vol. 233. P. 674-688. URL: DOI: 10.3181/0711-MR-311.

⁸ Poławska E., Marchewka J., Cooper R.G., Sartowska K., Pomianowski J., Jóźwik A., Strzałkowska N., Horbańczuk J.O. The ostrich meat – an updated review. II. Nutritive value. *Animal Science Papers and Reports*. 2011. Vol. 29. P. 89-97.

⁹ McManus A., Merga M., Newton W. Omega-3 fatty acids. What consumers need to know? *Appetite*. 2011. Vol. 57. P. 80–83. URL: DOI: 10.1016/j.appet.2011.03.015.

міристоолеїнова C14:1 (1%), пальмітоолеїнова C16:1 (1,5%) і цінної вакценової (транс-11 C18:1) кислоти, яка є попередником КЛК (1,5-5%).

Насичені жирні кислоти, які становлять основу жирних кислот раціону людей, надходять переважно з продуктів тваринного походження. Надмірно висока їх частка у раціоні може викликати хронічні захворювання, зокрема, атеросклероз, серцеву недостатність, ожиріння. Загальні рекомендації щодо зниження споживання насичених жирних кислот та холестерину сприяли помилковому переконанню, що молочні продукти, особливо не знежирені, можуть сприяти виникненню ішемічної хвороби серця.

Дослідження, які проводяться з 2000 року, суперечать твердженню, що споживання молока і молочних продуктів підвищують синтез ліпопротеїдів низької щільності і підвищують ризик виникнення атеросклерозу¹⁰. На сьогодні вважається, що підвищену концентрацію ліпопротеїдів низької щільності в крові провокують C12:0, C14:0 і C16:0 кислоти, тоді як інші насичені жирні кислоти молока нейтралізують їх дію підвищуючи вміст ліпопротеїдів високої щільності.

Беручи до уваги негативну роль C12:0, C14:0 і C16:0 жирних кислот, було запропоновано індекси атерогенності і тромбогенності, на основі яких роблять висновки щодо впливу жиру на здоров'я людей.

Насичені жирні кислоти в молоці жуйних тварин становлять 60-70% від усіх жирних кислот, основною з яких є C16:0.

Проте, найбільшу загрозу для здоров'я людей становлять частково гідрогенізовані рослинні олії, які входять до складу маргаринів, спрейдів, кондитерських виробів та містять велику кількість транс-ізомерів. Близько 80% усіх транс-ізомерів жирних кислот в організм людей надходить з виготовленою в промислових умовах їжею, тоді як біля 20% – з молока та м'яса жуйних. Ці транс-ізомери жирних кислот значно відрізняються за ізомерією їх положення. Наявна пряма залежність між споживанням великої кількості промислово гідрогенізованих рослинних олій та ішемічною хворобою серця, тоді як такої залежності не спостерігалось при споживанні молочних продуктів¹¹. Основними транс-ізомерами жирних кислот у молоці жуйних є КЛК та вакценова кислота¹².

¹⁰ Parodi P. Has the association between saturated fatty acids, serum cholesterol and coronary heart disease been over emphasized? *International Dairy Journal*. 2009. Vol. 19. P. 345-361. URL: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.01.001>.

¹¹ Stender S., Astrup A., Dyerberg J. Ruminant and industrially produced trans fatty acids: health aspects. *Food Nutrition Research*. 2008. Vol. 52. URL: DOI: 10.3402/fnr.v52i0.1651.

¹² Markiewicz-Kęszycka M., Czyżak-Runowska G., Lipińska P., Wójcowski J. Fatty acid profile of milk – a review. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*. 2013. Vol. 57. P. 135-139. URL: DOI: 10.2478/bvip-2013-0026.

Споживання КЛК людьми викликає інтерес через потенційну їх користь для здоров'я. Антиканцерогенна активність КЛК для різних типів раку була встановлена *in vitro* на клітинних культурах та *in vivo* на тваринах. У медичних дослідженнях на тваринах було виявлено додатковий позитивний вплив КЛК на здоров'я, включаючи антидіабетогенну, антиатерогенну та імунотропну дію, крім цього вона знижує ризик ожиріння¹³. Основним джерелом КЛК у раціоні людей є харчові продукти отримані від жуйних тварин, при цьому на частку молочних продуктів припадає біля 75%.

Близько 75-90% КЛК припадає на ізомер цис-9, транс-11, а загальна назва «рубцева кислота» була запропонована для цього ізомеру через його унікальний стосунок до жуйних. Пізніше в жирі жуйних було ідентифіковано інші ізомери КЛК, але вони присутні у значно нижчих концентраціях. На сьогодні біологічні ефекти детально вивчені лише для двох ізомерів КЛК: цис-9, транс-11 і транс-10, цис-12, між якими є відмінності. Дослідження на тваринах показали антиканцерогенний та антиатерогенний вплив цис-9, транс-11 КЛК, тоді як транс-10, цис-12 ізомер знижує ризик ожиріння¹⁴. Оскільки вміст транс-10, цис-12 ізомеру у молочному жирі не перевищує 1-2% від загальної кількості КЛК, то отримані від жуйних харчові продукти навряд чи забезпечать достатню кількість цього ізомеру для помітного впливу на жирові відкладення.

Цис-9, транс-11 КЛК є першою на проміжному етапі біогідрогенізації лінолевої кислоти, тоді як вакценова кислота є проміжним продуктом, що утворюється як з лінолевої, так і з ліноленої кислот. Вважалося, що вакценова кислота і КЛК утворюються в рубці та являють собою проміжні продукти які уникли повної біогідрогенізації. Проте, цис-9, транс-11 КЛК є лише тимчасовим проміжним продуктом біогідрогенізації рубця, тоді як вакценова кислота має властивість накопичуватися. Виходячи з цього, ендогенний синтез КЛК із вакценової кислоти за участю ферменту Δ^9 -десатурази може бути важливим джерелом цис-9, транс-11 КЛК у молочному жирі.

Дослідження показують, що ендогенний синтез забезпечує близько 70-90% цис-9, транс-11 КЛК у молочному жирі¹⁵.

¹³ Belury M.A. Dietary Conjugated Linoleic Acid in Health: Physiological Effects and Mechanisms of Action, *Annual Review of Nutrition*. 2002. Vol. 22. P. 505-531. URL: DOI: 10.1146/annurev.nutr.22.021302.121842.

¹⁴ Ip M.M., Masso-Welch P.A., Ip C. Prevention of Mammary Cancer with Conjugated Linoleic Acid: Role of the Stroma and Epithelium. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*. 2003. Vol. 8. P. 103-118. URL: DOI: 10.1023/a:1025739506536.

¹⁵ Lock A.L., Bauman D.E. Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*. 2004. Vol. 39. P. 1197-1206. URL: DOI: 10.1007/s11745-004-1348-6.

На жирнокислотний склад молочного жиру впливає порода, вік, стадія лактації та індивідуальні особливості корів.

Результати генетичних досліджень викликають підвищений інтерес до генетичних параметрів щодо жирних кислот¹⁶.

Показано, що синтезовані “de novo” жирні кислоти (від C4:0 до C14:0 і половина C16:0) мають вищі оцінки спадковості (0,31-0,54), порівняно із жирними кислотами, що надходять з кормами або мобілізовані із жирових депо (довголанцюгові і поліненасичені жирні кислоти) (0,09-0,21)¹⁷.

Дослідженнями виявлено міжпородні відмінності жирнокислотного складу молочного жиру, який впливає на його технологічні властивості і дозволяє виробляти унікальні молочні продукти¹⁸.

Численними дослідженнями показані відмінності жирнокислотного складу молочного жиру у тварин різних порід¹⁹.

Показано, що високопродуктивні породи корів молочного напрямку продуктивності з високим вмістом молочного жиру часто мають менш бажаний жирнокислотний склад (вищий рівень насичених і гіперхолестеринемічних жирних кислот і менше поліненасичених кислот), порівняно з породами які мають менші надої або мають нижчу жирність. Більш бажаний жирнокислотний склад молока мають аборигенні породи, породи молочно-м'ясного напрямку продуктивності та помісні тварини, порівняно з високопродуктивними молочними породами (переважно голштинська).

Хоча аналіз одержаних даних є проблематичним, оскільки на жирнокислотний склад впливає також тип годівлі (пасовище, силос, сіно), співвідношення основного корму до концентратів тощо, показано, що найвищі рівні гіперхолестеринемічних та насичених жирних кислот спостерігалися у порід, які мають високий вміст жиру в молоці, наприклад айрширська (51,9% і 74,7% відповідно) і джерсейська (48,7% і 72,4% відповідно).

¹⁶ Arnould V.M.R., Soyeurt H. Genetic variability of milk fatty acids. *Journal of Applied Genetics*. Vol. 50. 2009. P. 29-39.

¹⁷ Bastin, C., Gengler, N., Soyeurt, H. Phenotypic and genetic variability of production traits and milk fatty acid contents across days in milk for Walloon Holstein first-parity cows. 2011. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94. P. 4152-4163. URL: DOI: 10.3168/jds.2010-4108.

¹⁸ De Marchi M., Bittante G., Dal Zotto R., Dalvit, C., Cassandro M. Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss breeds on quality of milk and cheese. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 4092-4102. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0788.

¹⁹ Palladino R.A., Buckley F., Prendiville R., Murphy J.J., Callan J., Kenny, D.A. A comparison between Holstein-Friesian and Jersey dairy cows and their F-1 hybrid on milk fatty acid composition under grazing conditions. *Journal of Dairy Science*. 2010. Vol. 93. P. 2176-2184. URL: DOI: 10.3168/jds.2009-2453.

Проте, часто різні дослідники порівнюючи жирнокислотний склад молока одних і тих самих порід демонструють несхожі дані. Ці результати підтверджують думку про те, що вплив породи на жирнокислотний профіль є обмеженим²⁰.

Міжпородні відмінності у жирнокислотному складі молочного жиру пояснюються різною активністю $\Delta 9$ -десатурази²¹.

Дослідники повідомляють, що жирнокислотний склад молочного жиру більш мінливий серед корів однієї породи, ніж у тварин різних порід²².

Вплив індивідуальних особливостей корів на склад молочного жиру була підтверджена дослідниками, які перевіряли реакцію окремих корів на зміни раціону. Виявлено, що при зміні раціону спостерігалася подібна закономірність зміни жирнокислотного складу молока, проте концентрація КЛК у молоці корів була різною.

Істотна мінливість жирнокислотного складу молока серед окремих корів в межах однієї породи, зокрема відмінності у вмісті КЛК та пропорції мононенасичених жирних кислот, пояснюється різною активністю $\Delta 9$ -десатурази, подібно до міжпородних мінливостей.

Хоча літературі дані про вплив віку на жирнокислотний склад молочного жиру обмежені, показано, що цей фактор також впливає на його склад²³. Згідно одержаних даних, корови-первістки синтезують молочний жир з більшим вмістом ненасичених і меншою кількістю насичених жирних кислот, ніж корови другої і наступних лактацій. Так, повідомляється про вищий вміст ненасичених жирних кислот у молочному жирі корів-первісток, порівняно з повновіковими коровами²⁴. Також спостерігалися значно нижчі рівні пальмітинової та вищі стеаринової, олеїнової, вакценової та кон'югованої кислот у молочному жирі корів-первісток.

²⁰ Samková E. The effects of selected factors on fatty acid composition in cow milk fat. Thesis, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Czech Republic. 2008. 186 pp.

²¹ Schennink A., Heck J.M.L., Bovenhuis H., Visker M.H.P.W., Van Valenberg H.J.F., Van Arendonk J.A.M. Milk fatty acid unsaturation: Genetic parameters and effects of stearoyl-CoA desaturase (SCD1) and acyl CoA: diacylglycerol acyltransferase 1 (DGAT1). *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 2135-2143. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0825.

²² Soyeurt H., Dardenne P., Gillon A., Croquet C., Vanderick S., Mayeres P., Bertozzi C., Gengler N. Variation in fatty acid contents of milk and milk fat within and across breeds. *Journal of Dairy Science*. 2006. Vol. 89. P. 4858-4865. URL: DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72534-6.

²³ Soyeurt H., Dehareng F., Mayeres P., Bertozzi C., Gengler N. Variation of Delta(9)-desaturase activity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 3211-3224. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0518.

²⁴ Thomson N.A., Van der Poel W., Peterson S.W. Seasonal variation of the fatty acid composition of milk fat from Friesian cows grazing pasture. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*. 2000. Vol. 60. P. 314-317.

Різний склад молочного жиру у первісток і повновікових корів частково можна пояснити різною кількістю молока та вмісту жиру за різних лактацій.

У ранній період (<100 днів) найбільші зміни в складі молочного жиру спостерігаються упродовж перших тижнів і зменшуються після восьмого тижня лактації. Під час пізньої лактації (>200 днів) корови синтезували молочний жир який містив значно більше ненасичених жирних кислот, порівняно з молоком середнього періоду лактації (100-200 днів).

Залежно від джерел жиру (синтез *de novo*, отриманий з кормами чи мобілізований з жирової тканини) зміни складу молочного жиру можуть відбуватися по-різному. Упродовж лактації відносні пропорції більшості *de novo* синтезованих жирних кислот (коротко- та середньоланцюгові) збільшуються, тоді як вміст більшості отриманих з кормами чи мобілізованих жирних кислот (довголанцюгові) зменшується²⁵. Щодо C16:0, яка частково синтезується *de novo*, то її вміст такий самий як і для синтезованих *de novo* жирних кислот. Найменший її вміст у перші дні лактації, тоді як вміст C18:1 у цей період найвищий. Це пояснюється негативним енергетичним балансом у перші 30 днів лактації і підвищеною мобілізацією довголанцюгових жирних кислот із жирової тканини. Кількість мобілізованих жирних кислот може становити від 5% (коли корови мають добрий фізіологічний стан) до 20%.

Вміст непарних і розгалужених жирних кислот з довжиною вуглецевого ланцюга 14 і 15 атомів та коротко- та середньоланцюгових кислот у ранній лактації підвищувався. І навпаки, вміст непарних і розгалужених жирних кислот з довжиною вуглецевого ланцюга 17 атомів та довголанцюгових жирних кислот у цей період лактації знижувався. Кількість транс-ізомерів ненасичених жирних кислот, у тому числі вакценової та кон'югованої лінолевої кислот, були найнижчими на початку лактації та поступово зростали. Найвищі пропорції вакценової і КЛК спостерігалися наприкінці лактації²⁶.

Статистично значні відмінності між вмістом жиру у молоці та його жирнокислотним складом були виявлені у жирних кислот з вуглецевим ланцюгом $\geq$ C16, включаючи пальмітинову (більший вміст

²⁵ Kgwatalala P.M., Ibeagha-Awemu E.M., Mustafa A.F., Zhao, X. Stearoyl-CoA desaturase 1 genotype and stage of lactation influences milk fatty acid composition of Canadian Holstein cows. *Animal Genetics*. 2009. Vol. 40. P. 609-615. URL: DOI: 10.1111/j.1365-2052.2009.01887.

²⁶ Mele M., Dal Zotto R., Cassandro M., Conte G., Serra A., Buccioni A., Bittante G., Secchiari P. Genetic parameters for conjugated linoleic acid, selected milk fatty acids, and milk fatty acid unsaturation of Italian Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92. P. 392-400. URL: DOI:10.3168/jds.2008-1445.

у корів з високим вмістом жиру), олеїнову, лінолеву, ліноленову та кон'юговану лінолеву кислоти (вищі рівні у корів з низьким вмістом жиру). При цьому надій незначно впливав на жирнокислотний склад молока²⁷.

Дослідженнями генетичних кореляцій між надоями, вмістом і виходом жиру та жирнокислотним складом встановлено нижчу кореляцію між надоем /виходом жиру та жирнокислотним складом молока, ніж між вмістом жиру та жирнокислотним складом. Інші дослідники повідомили про відносно високу кореляцію між надоем і C16:0 (-0,50) і помірну між надоем і C18:1 (+0,32)²⁸. Майже ідентичні генетичні кореляції були показані між вмістом жиру та жирними кислотами C16:0 (+0,60 і +0,65 відповідно) і C18:1 (-0,78 і -0,63 відповідно), що підтверджує гіпотезу про те, що молоко від порід або окремих корів із високим вмістом молочного жиру мають менш бажаний з біологічної точки зору жирнокислотний склад. Вищий вміст жиру зумовлює меншу кількість >C18 і мононенасичених жирних кислот, що показано кореляціями -0,72 і -0,22 відповідно. Генетичні кореляції вмісту жиру з показниками $\Delta 9$ -десатурази для жирних кислот від C10 до C16 були низькими але позитивними, тоді як для кислот C18 і КЛК – негативними. Показано також, що вміст мононенасичених жирних кислот пов'язаний з активністю $\Delta 9$ -десатурази.

Повідомляється про відносно високі генетичні кореляції між окремими жирними кислотами²⁹. Помірні генетичні коефіцієнти кореляції спостерігали між надоем і жирними кислотами, а також між вмістом жиру та вмістом коротко- і середньоланцюгових жирних кислот. Вплив спадковості для цих жирних кислот є вищим, ніж для довголанцюгових кислот.

Тому при відборі корів бажано звертати увагу не лише основні параметри молока, такі як вміст жиру і білку, але також і на його жирнокислотний склад.

²⁷ Bobe G., Lindberg G.L., Freeman A.E., Beitz, D.C. Short communication: Composition of milk protein and milk fatty acids is stable for cows differing in genetic merit for milk production. *Journal of Dairy Science*. 2007. Vol. 90. P. 3955-3960. URL: DOI:10.3168/jds.2007-0099.

²⁸ Stoop W.M., Van Arendonk J.A.M., Heck J.M.L., Van Valenberg H.J.F., Bovenhuis H. Genetic parameters for major milk fatty acids and milk production traits of Dutch Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 385-394. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0181.

²⁹ Soyeurt H., Gillon A., Vanderick S., Mayeres P., Bertozzi C., Gengler N. Estimation of heritability and genetic correlations for the major fatty acids in bovine milk. *Journal of Dairy Science*. 2007. Vol. 90. P. 4435-4442. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0054.

Отже, відбір корів за співвідношенням насичених до ненасичених жирних кислот або співвідношенням гіперхолестеринемічних до ненасичених кислот у молоці видається прийнятним, хоча відбір за окремими жирними кислотами є надто складним.

Жирикислотний склад молока залежить також і від пори року. Повідомляється, що вміст ненасичених жирних кислот у молоці знижується взимку і весною, що пояснюється споживанням раціону в якому у цей період переважають консервовані корми. У літній період молочний жир містить більше олеїнової, лінолевої, ліноленової та КЛК. Вміст КЛК в коров'ячому молоці упродовж року коливається в межах 0,6–1,7%. Синтез КЛК збільшується при споживанні коровами свіжої трави внаслідок підвищення активності $\Delta 9$ -десатурази в молочній залозі та дії інших невідомих чинників³⁰.

Найвищі концентрації коротколанцюгових жирних кислот у молоці жуйних спостерігалися взимку, а найменші – влітку, вміст C16:0 був найнижчим влітку. Літнє молоко має більш високу концентрацію поліненасичених (4–35%), транс- (16–35%) і КЛК (24–48%), порівняно із зимовим молоком. Підвищення температури повітря підвищує у плазмі крові вміст лінолевої, олеїнової та арахідонової жирних кислот. Тепловий стрес зменшує у складі триацилгліцеролів молока вміст коротко- і середньоланцюгових жирних кислот, а збільшує кількість довголанцюгових кислот, проте співвідношення C14:1 до C14:0, C16:1 до C16:0 і C18:1 до C18:0 мало відрізнялось між собою³¹.

Співвідношення мононенасичених жирних кислот до насичених, поліненасичених до насичених і поліненасичених до мононенасичених у молочному жирі були вищими в літній період. Вміст коротколанцюгових жирних кислот і лауринової кислоти був вищим взимку.

Концентрація олеїнової кислоти – основної мононенасиченої кислоти коров'ячого молока, була вищою у літній період. Середня концентрація КЛК в молоці була більш ніж удвічі вищою у літній період, ніж у зимовий.

Вище співвідношення моно- і поліненасичених жирних кислот до насичених і поліненасичених до мононенасичених та нижче співвідношення омега-6 до омега-3 жирних кислот у молоці в літній період, порівняно із зимовим, вказує на потенційно більшу користь такого молока для здоров'я споживачів. Отже, випасання корів є

³⁰ Lock A.L., Garnsworthy P.C. Independent effects of dietary linoleic and linolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cows' milk. *Animal Science*. 2002. Vol. 74. P. 163-176. URL: DOI:10.1017/S1357729800052334.

³¹ Kumar G., Devi P., Sharma N., M Somagond Y. Impact of thermal stress on milk production, composition and fatty acid profile in dairy cows: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2020. Vol. 8. P. 1278-1283.

основним фактором який впливає на сезонні коливання жирнокислотного складу молока³²

2. Вплив кормів на жирнокислотний склад молока корів

Корми, які споживають дійні корови суттєво впливають на харчові та органолептичні властивості молока і молочних продуктів.

На трав'яних раціонах для синтезу молочного жиру дійні корови використовують жирні кислоти кормового і мікробного походження (400–450 г/кг), одержані з жирової тканини (< 100 г/кг) та за рахунок синтезу *de novo* в молочній залозі (близько 500 г/кг). Відносний внесок цих жирних кислот у виробництво молочного жиру напряду залежить від складу раціону та стадії лактації. Високе споживання крохмалю зумовлює збільшення синтезу жирних кислот *de novo*, що збільшує насиченість молочного жиру. І навпаки, більш високе споживання поліненасичених жирних кислот, що спостерігається при випасанні тварин, збільшує концентрацію олеїнової, вакценової і кон'югованої лінолевої кислоти в молочному жирі.

У помірних і холодних регіонах літня годівля молочних корів зазвичай базується на випасанні або годівлі зеленими кормами, тоді як у зимовий період переважають консервовані корми. Таким чином, спостерігається значне сезонне коливання жирнокислотного складу молока. Частка α -ліноленової, вакценової, рубцевої та олеїнової кислот були найвищими впродовж пасовищного періоду та найнижчими під час зимового періоду утримання, через що літнє молоко є більш корисним для людей³³.

Повідомляється, що молоко одержане з органічних ферм містить підвищену кількість поліненасичених жирних кислот, зокрема омега-3, і менше мононенасичених кислот. Показано, що в кінці зимового періоду молоко корів яким згодовували сіно і сінаж з конюшини, порівняно з раціоном який складався із кукурудзяного силосу і концентратів, містило більше кон'югованої лінолевої та омега-3 жирних кислот³⁴.

³² Frelich J., Šlachta M., Hanuš O., Špička J., Samková E., Węglarz A., Zapletal P. Seasonal variation in fatty acid composition of cow milk in relation to the feeding system. *Animal Science Papers and Report*. 2012. Vol. 30. P. 219–229.

³³ Frelich J., Šlachta M., Hanuš O., Špička J., Samková E. Fatty acid composition of cow milk fat produced on low-input mountain farms. *Czech Journal of Animal Science*. 2009. Vol. 54. P. 532–539. URL: DOI: 10.17221/226/2009-CJAS.

³⁴ Bloksma J., Adriaansen-Tennekes R., Huber M., van de Vijver L.P.L.V., Baars T., de Wit J. Comparison of organic and conventional raw milk quality in the Netherlands. *Biological Agriculture and Horticulture*. 2008. Vol. 26. P. 69–83.

Вміст у молочному жирі ізомерів C14:0 і C15:0 жирних кислот, які впливають на ракові клітини та консистенцію молочного жиру, підвищувався у молоці корів, раціон яких складався із зелених кормів або сінажу. Згодовування кукурудзяного силосу підвищує вміст C17:0 і 9-цис-C17:1 кислот.

Споживання зелених кормів, порівняно зі згодовуванням силосу, зменшує в молоці питому частку насичених жирних кислот, переважно пальмітинової, та збільшує вміст вакценової і рубцевої кислот. Проте, частка лінолевої кислоти була вищою у молочному жирі корів, яким згодовували кукурудзяний силос, ніж у тих, які випасалися.

Встановлено, що збільшення у раціоні частки трав, переважно райграсу, взамін кукурудзяного силосу зменшує жирність молока і вміст насичених жирних кислот, тоді як відсотковий вміст ненасичених кислот підвищувався.

Випасання або годівля корів лучними травами призводить до синтезу молочного жиру з більшим вмістом α -ліноленової і КЛК. Повідомляється про підвищений вміст КЛК і вакценової кислот у молочному жирі корів яких випасали на високогірних пасовищах (понад 900 м над рівнем моря), порівняно з випасанням на висоті 600–650 м. Зміни вмісту у молочному жирі стеаринової, лінолевої, вакценової кислот і КЛК також спостерігалось під час випасання корів на альпійських пасовищах (1400–2200 м над рівнем моря)³⁵.

Частка міристинової та пальмітинової кислот були значно нижчі, а стеаринової, олеїнової і лінолевої кислот вищі у молочному жирі корів, яким згодовували свіжу люцерну, порівняно з тими, які отримували сінаж з люцерни.

Перехід від споживання тваринами свіжої пасовищної трави до зимового раціону, який складався із траво-кукурудзяного силосу, погіршує жирнокислотний склад молочного жиру уже впродовж двох діб. При цьому зростає вміст міристинової і пальмітинової кислот, тоді як рівень стеаринової, олеїнової, рубцевої і кон'югованої лінолевої кислот знижувався.

Доведено, що випас або згодовування свіжих зелених кормів сприяє синтезу ціннішого за жирнокислотним спектром молочного жиру, порівняно зі згодовуванням сіна або силосу.

Добавки до раціону корів яких випасають сіна або соломи на початку лактації мало впливає на жирнокислотний склад молока. Незважаючи на менше споживання лінолевої та α -ліноленової кислот,

³⁵ De Noni I., Battelli G. Terpenes and fatty acid profiles of milk fat and “Bitto” cheese as affected by transhumance of cows on different mountain pastures. *Food Chemistry*. 2008. Vol. 109. P. 299–309. URL: DOI:10.1016/j.foodchem.2007.12.033.

їх вміст був вищим у молочному жирі тварин, яким згодовували сіно, ніж у корів, яким давали сінаж, виготовлений із суміші тимофіївки і костриці лучної. Консервовані корми істотно не впливали на вміст транс-ізомерів C18:1 і КЛК у молоці³⁶.

Встановлено, що вищий рівень лінолевої, кон'югованої лінолевої і α -ліноленової кислот та загальний вміст ненасичених жирних кислот був у молочному жирі корів яким згодовували раціон у якому близько половини сухої речовини припадало на сіно лугове, порівняно з раціоном у якому таку ж частку займав кукурудзяний силос³⁷.

У молочному жирі корів яким згодовували силос спостерігалось вище співвідношення між насиченими і ненасиченими жирними кислотами, більший вміст пальмітинової кислоти, тоді як рівень корисних вакценової та рубцевої кислот був нижчим. Це може пояснюватися інтенсивним ліполізмом у процесі силосування корму.

Згодовування сінажу з природних пасовищ, порівняно із сінажем культурних пасовищ, забезпечував вищий вміст в молоці КЛК³⁸.

Показано, що при згодовуванні коровам кукурудзяного силосу та сінажу вміст насичених жирних кислот у молочному жирі становив відповідно 67,6% і 62,9%, а поліненасичених – 3,6% і 4,7%. Подібна тенденція щодо насичених жирних кислот (головним чином лауринової та міристинової) і поліненасичених кислот спостерігалася і в інших дослідженнях³⁹. Окремі дослідники виявили значну різницю у вмісті КЛК (0,48% і 0,92% після згодовування кукурудзяного силосу і сінажу відповідно), інші ж не виявили істотного впливу вказаних кормів на загальний вміст кон'югованої лінолевої та рубцевої кислот.

Показано, що у тварин яким згодовували кукурудзяний силос у молоці був вищий вміст ізомерів КЛК, порівняно з використанням у раціоні сінажу, при цьому був взаємозв'язок між типом корму та

³⁶ Shingfield K.J., Salo-Väänänen P., Pahkala E., Toivonen V., Jaakkola S., Piironen V., Huhtanen P. Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content in cows' milk. *Journal of Dairy Research*. 2005. Vol. 72. P. 349–361. URL: DOI: 10.1017/S0022029905000919.

³⁷ Bernardini D., Gerardi G., Elia C.A., Marchesini G., Tenti S., Segato S. Relationship between milk fatty acid composition and dietary roughage source in dairy cows. *Veterinary Research Communications*. 2010. Vol. 34. P. 135–138. URL: DOI: 10.1007/s11259-010-9368-3.

³⁸ Lourenço M., Vlaeminck B., Bruinenberg M., Demeyer D., Fievez V. Milk fatty acid composition and associated rumen lipolysis and fatty acid hydrogenation when feeding forages from intensively managed or semi-natural grasslands. *Animal Research*. 2005. Vol. 54. P. 471–484. URL: DOI: 10.1051/animres:2005036.

³⁹ Shingfield K.J., Reynolds C.K., Lupoli B., Toivonen V., Yurawetz M.P., Delmonte P., Griinari J.M., Grandison A.S., Beever D.E. Effect of forage type and proportion of concentrate in the diet on milk fatty acid composition in cows given sunflower oil and fish oil. *Animal Science*. 2005. Vol. 80. P. 225–238.

вмістом рубцевої, транс-10, цис-12-кон'югованої лінолевої, вакценової та транс-10-C18:1 кислот⁴⁰.

Було проведено дослідження з впливу згодовування сінажу з конюшини лучної, сінажу із суміші тимофіївки і костриці лучної та сінажу із райграсу багаторічного. Показано збільшення частки мононенасичених і поліненасичених жирних кислот у молочному жирі після згодовування сінажу з конюшини лучної. Більший вміст поліненасичених жирних кислот у молочному жирі спостерігався при згодовуванні сінажу з конюшини лучної скошеної на ранній стадії, порівняно із пізнішими стадіями⁴¹. Ці зміни можна частково пояснити поліфенолоксидазною активністю сінажу з конюшини лучної.

Згодовування дійним коровам сінажу з райграсу багаторічного або суміші цього сінажу із сінажами з конюшини лучної або білої збільшувало вміст омега-3 жирних кислот, але знижувало рівень КЛК, включаючи рубцеву кислоту та цис-C18:1 ізомерів у молочному жирі. Найнижче співвідношення омега-6:омега-3 було в молочному жирі корів яким згодовували сінаж з райграсу багаторічного.

Сінаж, виготовлений з тимофіївки і костриці лучної в трьох варіантах (без добавок; мурашина кислота + фосфорна кислота; інокулянт молочнокислі бактерії + целюлаза та геміцелюлаза) не викликав будь-яких істотних змін у вмісті кон'югованої лінолевої і транс-C18:1 кислот.

Таким чином, свіжі і консервовані бобові трави мають подібний вплив на вміст ненасичених жирних кислот у молочному жирі⁴².

Проведеними нами дослідженнями показано, що зменшення у раціоні дійних корів у зимовий період частки концентрованих кормів з одночасним збільшенням грубих і соковитих підвищує вміст ненасичених олеїнової, лінолевої і ліноленової жирних кислот та знижує рівень насичених міристинової і пальмітинової кислот у складі молочного жиру⁴³.

⁴⁰ Norgaard J.V., Baumgard L.H., Nielsen T.S., Theil P.K., Sørensen M.T., Sejrsen K. Mammary cell turnover and expression of lipogenic genes in response to silage induced CLA and diet energy density in lactating cows. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 2008. Vol. 58. P. 113–120.

⁴¹ Vanhatalo A., Kuoppala K., Toivonen V., Shingfield K.J. Effects of forage species and stage of maturity on bovine milk fatty acid composition. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2007. Vol. 108. P. 856–867. URL: DOI 10.1002/ejlt.200700023.

⁴² Kalač P., Samková E. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal of Animal Science*. 2010. Vol. 55. P. 521–537. URL: DOI: 10.17221/2485-CJAS.

⁴³ Павкович С.Я., Вовк С.О., Бальковський В.В., Огородник Н.З., Іванків М.Я., Сірко Я.М. Вплив структури раціону на жирнокислотний склад молочного жиру корів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія Агрономія*. 2019. № 23. С. 265–267.

Введення до раціону жуйних олій та насіння олійних культур знижує вміст насичених коротко- і середньоланцюгових жирних кислот і підвищує рівень С18 кислот, особливо мононенасичених. Це можна пояснити тим, що у рубці знижується синтез летких жирних кислот, оскільки ненасичені жирні кислоти пригнічують мікробну ферментацію, що зменшує кількість ацетату, який необхідний для утворення коротко- і середньоланцюгових насичених жирних кислот у клітинах молочної залози. Крім цього, пригнічується активність ферментів які відповідають за синтез жирних кислот *de novo* внаслідок підвищеної доступності довголанцюгових жирних кислот для молочної залози через їх посилене всмоктування у кишківнику.

Введення до раціону жуйних олій або насіння олійних культур підвищує вміст олеїнової кислоти в молочному жирі, в який вона потрапляє двома шляхами. По-перше, молочна залоза поглинає олеїнову кислоту з плазми крові, яка туди надходить після всмоктування із тонкого відділу кишківника або шляхом мобілізації жирової тканини при негативному енергетичному балансі. Крім того, олеїнова кислота може утворюватися у вимені внаслідок дії ферменту $\Delta 9$ -десатурази на стеаринову кислоту, яка в свою чергу утворюється у процесі рубцевої біогідрогеізації С18 ненасичених жирних кислот які надходять з кормом або з жирових запасів. Близько половина стеаринової кислоти що поглинається молочною залозою корови десатурується до олеїнової кислоти.

Дослідження показали, що вид олій та насіння яке додають до раціону корів по різному впливає на вміст олеїнової кислоти у молочному жирі⁴⁴. У корів, яким згодовували раціон з однаковим вмістом сирого жиру (1,4%), вміст олеїнової кислоти у молочному жирі був вищим у раціоні що містив соєві боби (26,51%), ніж насіння бавовнику (24,37%)⁴⁵. При збільшенні вмісту сирого жиру у раціоні (2,8%) за рахунок введення насіння льону, соняшнику або бавовнику, кількість олеїнової кислоти в молочному жирі становила відповідно 24,18; 24,42 і 24,37%. Обробка насіння також впливає на рівень олеїнової кислоти у молочному жирі. Так, при годівлі корів раціонами з однаковим вмістом сирого жиру (5%), кількість олеїнової кислоти у молочному жирі була вищою при використанні сирого насіння льону (23,51%), ніж пресованого (22,41%), тоді як у контролі її вміст становив 17,50%.

⁴⁴ Bu D.P., Wang J.Q., Dhiman T.R., Liu S.J. Effectiveness of oils rich in linoleic and linolenic acids to enhance conjugated linoleic acid in milk from dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2007. Vol. 90. P. 998-1007. URL: DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(07)71585-0.

⁴⁵ Liu Z.L., Yang D.P., Chen P., Lin S.B., Jiang X.Y., Zhao W.S., Li J.M., Dong W.X. Effect of dietary sources of roasted oilseeds on blood parameters and milk fatty acid composition. *Czech Journal of Animal Science*. 2008. Vol. 53. P. 219-226. URL: DOI: 10.17221/309-CJAS.

Ці результати свідчать про те, що різні види насіння олійних культур і методи їх обробки забезпечують різний ступінь захисту олій від рубцевої біогідрогенізації.

Вміст лінолевої і α -ліноленової кислот у молочному жирі залежить від виду згодовуваних олій і насіння. Багаті олеїновою кислотою олії та насіння зазвичай знижують вміст цих жирних кислот у молочному жирі. Додавання олій і насіння багатих на лінолеву кислоту підвищує її вміст у молочному жирі. Додавання багатих на лінолеву кислоту олій знижує вміст α -ліноленової кислоти у жирі молока, а введення до раціону багатого на лінолеву кислоту насіння незначно підвищує її вміст. Включення до раціону лляної олії або насіння льону зазвичай знижує вміст лінолевої і підвищує кількість α -ліноленової кислоти у молочному жирі. Протилежний вплив на вміст лінолевої та α -ліноленової кислот у молочному жирі після введення до раціону різних видів олій і насіння означає, що ці жирні кислоти можуть конкурувати між собою під час естерифікації гліцерину. Позитивний вплив введення до раціону лляної олії та насіння льону на вміст у молочному жирі α -ліноленової кислоти є очікуваним, оскільки це єдині джерела рослинних олій які містять високий рівень цієї жирної кислоти.

Середня кількість поліненасичених жирних кислот які уникають рубцевої біогідрогенізації у нормальних умовах становить 10-15% від спожитих з кормами. Так, у дослідженнях на коровах встановлено, що вміст лінолевої і α -ліноленової жирних кислот у молочному жирі становить 75% від їх вмісту у дванадцятипалій кишці, тобто теоретично лише від 7 до 11% поліненасичених жирних кислот переносяться з раціону в молоко. На основі проведених на коровах дослідженнях встановлено, що середня кількість перенесеної лінолевої кислоти для соєвих бобів становить 13%, для насіння соняшнику – 6%, тоді як у ліноленової кислоти цей показник для насіння льону становить 3%⁴⁶. Інші дослідження на коровах показали, що кількість перенесених лінолевої і α -ліноленової кислот з доданих в раціон олій до молочного жиру становила лише 2-3%⁴⁷. Вищі показники перенесення ненасичених жирних кислот із соєвих бобів і насіння соняшнику, порівняно

⁴⁶ Glasser F., Schmidely P., Sauvant D., Doreau M. Digestion of fatty acids in ruminants: a meta-analysis of ÷ows and variation factors: 2. C18 fatty acids. *Animal*. 2008. Vol. 2. P. 691-704. URL: DOI: 10.1017/S1751731108002036.

⁴⁷ Looor J.J., Ferlay A., Ollier A., Doreau M., Chilliard Y. Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *Journal of Dairy Science*. 2005. Vol. 88. P. 726-740. URL: DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72736-3.

з їх оліями, свідчить про те, що насіння забезпечує певний захист ненасичених кислот від рубцевої біогідрогенізації.

Включення до раціонів олій чи насіння багатих лінолевою або α -ліноленою кислотою істотно підвищує вміст вакценової кислоти у молочному жирі. При цьому вміст рубцевої кислоти також збільшувався, а її кількість мало відрізняється між оліями та насінням багатих лінолевою чи α -ліноленою кислотою. Рубцева кислота не є проміжною ланкою рубцевої біогідрогенізації α -ліноленої кислоти, тому підвищення її вмісту у молочному жирі при введенні до раціону лляної олії або насіння льону відбувається, ймовірно, через збільшення утворення в рубці вакценової кислоти, що підвищує її всмоктування і подальшу десатурацію у молочній залозі до рубцевої кислоти $\Delta 9$ -десатуразою. Включення до раціону олій і насіння багатих олеїною кислотою мають лише помірний вплив на вміст вакценової та рубцевої кислот у молочному жирі. Це пояснюється тим, що рубцева кислота не є проміжним етапом рубцевої біогідрогенізації олеїнової кислоти і хоча ізомеризація олеїнової кислоти призводить до широкого різновиду транс-мононенасичених жирних кислот у рубці, вакценова кислота не найпоширеніша серед них. Вміст вакценової кислоти у молочному жирі у два-три рази вище, ніж рубцевої, а співвідношення між ними прямо пропорційне.

Той факт, що олії, порівно з насінням, в більшій мірі підвищують вміст вакценової та рубцевої кислот у складі молочного жиру вказує на те, що насіння забезпечує певний рівень захисту від рубцевої біогідрогенізації, дозволяючи більшій частині поліненасичених жирних кислот раціону надходити в кишечник, або вони підвищують ефективність рубцевої біогідрогенізації поступово вивільняючи у рубці поліненасичені жирні кислоти, збільшуючи тим самим утворення стеаринової кислоти. В обох випадках результат однаковий: рубцевий синтез вакценової та рубцевої кислот зменшений. В дослідженнях, щодо введення до раціону олій або насіння багатих лінолевою чи α -ліноленою кислотою показано, що олії в середньому на 48% більше підвищують вміст вакценової кислоти, ніж насіння, а рубцевої кислоти – на 69%⁴⁸. Проте таких тенденцій інші дослідники не спостерігали⁴⁹.

⁴⁸ Bodas R., Manso T., Mantecón A.R., Juárez M., de la Fuente M.A., Gómez-Cortés P. Comparison of the fatty acid profiles in cheeses from ewes fed diets supplemented with different plant oils. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2010. Vol. 58. P. 10493-10502. URL: DOI: 10.1021/jf101760u.

⁴⁹ Martínez Marín A.L., Gómez-Cortés P., Gómez Castro A.G., Juárez M., Pérez Alba L.M., Pérez Hernández M., de la Fuente M.A. Animal performance and milk fatty acid profile

Вид олії та обробка насіння впливають на вміст вакценової та рубцевої кислот у молочному жирі. Так, вміст вакценової і рубцевої кислот у молочному жирі корів був вищим при введенні до раціону соєвої олії (12,89% та 1,02% відповідно), ніж з такої ж кількості бавовняної (11,81% і 0,60% відповідно) або кукурудзяної олій (11,16% і 0,69% відповідно). Ця різниця можливо пов'язана з вищим вмістом поліненасичених жирних кислот у соєвій олії. Повідомляється, що введення до раціону цілих соєвих бобів не впливає на вміст у молочному жирі вакценової (4,28% і 3,76% у контролі) і рубцевої (0,31% і 0,34% у контролі) кислот. Проте, введення екструдованих соєвих бобів підвищило вміст обох жирних кислот (6,49% для вакценової і 0,53% для рубцевої). Екструзія насіння льону також призвела до більшого зростання вакценової (2,07% і 1,51% у контролі) і рубцевої (1,12% і 0,84% у контролі) кислот, ніж у сирому лляному насінні⁵⁰. Ці відмінності пояснюються легшим доступом рубцевих мікроорганізмів до поліненасичених жирних кислот в обробленому насінні, ніж у необробленому.

Проведеними нами дослідженнями встановлено, що додавання до раціону дійних корів насіння олійних культур знижує в молочному жирі вміст коротколанцюгових і насичених жирних кислот та підвищує рівень С18, моно- і поліненасичених кислот^{51, 52}. При цьому, введення вказаної добавки не мало негативного впливу на органолептичні показники молочних продуктів⁵³.

of dairy goats fed diets with different unsaturated plant oils. *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94. P. 5359-5368. URL: DOI: 10.3168/jds.2011-4569.

⁵⁰ Chilliard Y, Martin C, Rouel J, Doreau M. Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed, or linseed oil, and their relationship with methane output. *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92. P. 5199-5211. URL: DOI: 10.3168/jds.2009-2375.

⁵¹ Павкович С., Вовк С., Бальковський В., Огородник Н., Іванків М. Вплив згодовування ріпакового насіння і кальцієвих солей на продуктивність і жирнокислотний склад молочного жиру корів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія Агрономія*. 2020. № 24. С. 203–206.

⁵² Павкович С., Вовк С., Огородник Н., Бальковський В., Дудар І., Ткачук В., Пащак М. Вплив згодовування соняшникової олії та насіння соняшнику на продуктивність і жирнокислотний склад молока й молочних продуктів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2024. № 28. С. 182–186. URL: DOI: 10.31734/agronomy2024.28.182.

⁵³ Павкович С., Вовк С., Бальковський В., Огородник Н., Дудар І., Іванків М. Вплив згодовування коровам насіння ріпаку на молочну продуктивність, якість і технологічні властивості молока й молочних продуктів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2022 № 26. С. 201–205. URL: DOI: 10.31734/agronomy2022.26.201

Додавання до раціону жуйних олій та насіння багатих олеїновою кислотою не вплинуло на співвідношення омега-6 до омега-3 кислот. Проте, додавання до раціону олій і насіння багатих на лінолеву кислоту збільшує її вміст. Вказане співвідношення було знижено при згодовуванні кормів збагачених α -ліноленовою кислотою⁵⁴.

Повідомляється, що згодовування коровам кальцієвих солей жирних кислот виготовлених на основі лляної олії зменшує вміст у молоці гіперхолестеринемічних жирних кислот (C12:0, C14:0 і C16:0), які при надмірному вживанні є найбільш шкідливими для здоров'я людей, оскільки підвищують вміст загального холестерину плазми та холестерину ліпопротеїдів низької щільності⁵⁵. Міристинова кислота характеризується найвищим атерогенним ефектом, оскільки в чотири рази більше, порівняно з пальмітиновою, підвищує рівень холестерину в плазмі. Зменшення концентрації у молочному жирі цих жирних кислот, при додаванні жирових добавок з високим вмістом поліненасичених кислот, можна пояснити посиленням утворенням транс-жирних кислот під час рубцевої біогідрогенізації поліненасичених кислот, що входять до складу кальцієвих солей, котрі є інгібіторами ферменту ацетил-КоА-карбоксилази та ліпогенезу *de novo* в клітинах молочної залози. Середній коефіцієнт атерогенності молока корів які отримували вказану жирову добавку був на 18% менший, порівняно з тваринами яким не згодовували добавок. Зниження гіперхолестеринемічної фракції молока та одночасне збільшення вмісту ненасичених жирних кислот (зокрема транс-C18:1 і цис-9, транс-11 C18:2) пояснює нижчий коефіцієнт атерогенності молока корів яким згодовували кальцієві солі.

Вміст рубцевої і вакценової кислот були вищими (28% і 34% відповідно) у молоці корів яким додавали до раціону кальцієві солі жирних кислот виготовлені на основі лляної олії, порівняно з контрольною групою. Рубцева кислота має потенційний сприятливий вплив на здоров'я людей, оскільки відіграє важливу роль у регуляції рівня ліпідів у плазмі крові, серцево-судинній діяльності, знижує частоту онкологічних захворювань, пригнічує ріст пухлин та метастазування раку молочної залози⁵⁶. Вакценова кислота також має протиракові властивості і може метаболізуватися організмом людей до рубцевої кислоти. Багато дослідників підтверджують, що при введенні

⁵⁴ Marina A.L.M., Hernández M.P., Albaa L.M.P., Pardo D.C., Castro G.G., Sigler A.I.G. Effect of oils and seeds in ruminant diets on milk fat fatty acid profile. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2013. Vol. 4. P. 319-338.

⁵⁵ Schrezenmeir J., Jagla A. Milk and diabetes. *Journal of the American College of Nutrition*. 2000. Vol. 19. P. 176-190. URL: DOI: 10.1080/07315724.2000.10718087.

⁵⁶ Parodi, P.W. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *Journal of Dairy Science*. 1999. Vol. 82. P. 1339-1349.

до раціонів добавок з високим вмістом поліненасичених жирних кислот збільшується вміст вакценової і рубцевої кислот⁵⁷. Вміст рубцевої кислоти у молоці більше залежить від кількості рубцевої і вакценової кислот які утворюються в рубці і менше від активності $\Delta 9$ -десатурази в тканинах молочної залози.

Додавання до раціону корів кальцієвих солей виготовлених на основі лляної олії підвищує у молочному жирі вміст α -ліноленової кислоти та загальної кількості омега-3 жирних кислот, зменшує співвідношення омега-6/омега-3 кислот до рекомендованих величин ($<4:1$)⁵⁸. А-ліноленова кислота є фактором якості молока, оскільки пригнічує агрегацію тромбоцитів, спричинену тромбіном, і запобігає раптовій (коронарній) смертності людей, проявляє протизапальну (епітелій судин) та імуносупресивну (гальмує проліферацію лімфоцитів) дію.

Використання вказаної добавки не впливає на процеси рубцевого бродіння, що свідчить про ефективність захисту жирів при згодовуванні їх у формі кальцієвих солей жирних кислот⁵⁹.

Згодовування у складі раціону дійних корів кальцієвих солей жирних кислот виготовлених на основі ріпакової олії зменшує у складі молочного жиру вміст середньоланцюгових і пальмітинової жирних кислот, тоді як рівень стеаринової, олеїнової, лінолевої і ліноленової кислот підвищувався. Крім цього, одержане від цих тварин молоко містило більшу кількість транс-, моно- і поліненасичених жирних кислот, тоді як рівень насичених кислот був нижчим^{60, 61, 62}.

⁵⁷ Flowers G., Ibrahim, S.A., AbuGhazaleh, A.A. Milk Fatty acid composition of grazing dairy cows when supplemented with linseed oil. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 722-730. DOI: 10.3168/jds.2007-0410.

⁵⁸ Castro T., Martinez D., Isabel B., Cabezas A., Jimeno, V. Vegetable oils rich in polyunsaturated fatty acids supplementation of dairy cows' diets: effects on productive and reproductive performance. *Animals*. 2019. Vol. 9. P. 205. URL: DOI: 10.3390/ani9050205.

⁵⁹ González Y.M., Iorio J., Olmeda M.F., Curletto D., Scandolo D., Maciel M.G., Cuatrin A., Palladino R.A., Pérez C., Salado E.E. Feeding calcium salts of linseed oil on productive performance and milk fatty acid profile in grazing dairy cows. *Open Journal of Animal Sciences*. 2020. Vol. 10. P. 761-781. URL: DOI: 10.4236/ojas.2020.104050.

⁶⁰ Павкович С., Вовк С., Огородник Н., Бальковський В., Дудар І. Вплив згодовування захищених рослинних олій на продуктивність і жирнокислотний склад молочного жиру корів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*, 2023. № 27. С. 167–174. URL: DOI: 10.31734/agronomy2023.27.167.

⁶¹ Вовк С.О., Павкович С.Я. Захищені ліпіди і жирні кислоти у раціонах годівлі великої рогатої худоби. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 4. С. 48-51.

⁶² Lindberg M. Milk fatty acid profiles from inclusion of different calcium salts in dairy cow diets. *Animal Science*. 2020. Vol. 69. P. 249-253. URL: DOI: 10.1080/09064702.2020.1781925.

ВИСНОВКИ

На жирнокислотний склад молока корів впливає багато чинників, які з успіхом можна використовувати для поліпшення технологічних властивостей і біологічної цінності молока. На склад молока більше впливають індивідуальні особливості корів і стадія лактації, тоді як порода і вік є менш значимими факторами. Дані про вплив генетичних чинників для окремих жирних кислот та активність ферменту Δ^9 -десатурази можна використовувати для підвищення вмісту у молоці бажаних з біологічної точки зору жирних кислот. Корови з підвищеною активністю у молочній залозі Δ^9 -десатурази можуть бути відібрані для збільшення виробництва мононенасичених жирних кислот і КЛК.

Наявна генетична кореляція між надоем, вмістом жиру та пропорціями жирних кислот. Відбір корів з низьким вмістом жиру може забезпечити більш бажаний для здоров'я людей склад молочного жиру, тоді як відбір корів за молочною продуктивністю менше впливає на вміст більшості жирних кислот.

Молоко від корів, яким згодовували свіжі злакові і бобові трави мало значно вище співвідношення між ненасиченими і насиченими жирними кислотами та вищий вміст корисних з біологічної точки зору транс-жирних кислот (кон'югована ліолева та вакценова кислоти), ніж молоко від корів, яким згодовували силос або сіно. Молочний жир від корів, яким згодовували сінаж із злакових і бобових трав має більш цінний склад, ніж жир молока корів, яким згодовували кукурудзяний силос.

Жирнокислотний склад молока також можна змінити на сприятливіший для людей шляхом додавання до раціонів корів олій та багатого на ненасичені жирні кислоти насіння. Введення до складу раціонів корів захищених у формі кальцієвих солей жирів дозволяє суттєво збільшити вміст у молочному жирі корисних для людей жирних кислот.

АНОТАЦІЯ

У розділі монографії автор розкриває основні чинники які впливають на жирнокислотний склад молочного жиру. Відомо, що молочний жир містить більше 140 жирних кислот, тоді як інші жири тваринного і рослинного походження – лише 5-7. До складу молочного жиру входять насичені і ненасичені, в тому числі поліненасичені, жирні кислоти. Такі поліненасичені жирні кислоти як ліолева і ліоленова не синтезуються в організмі людей, через що їх відносять до незамінних. Від кількості цих жирних кислот у молочному жирі залежить біологічна цінність молока. Впливаючи різними способами на жирнокислотний склад молока можна істотно підвищити його біологічну цінність, що матиме позитивний вплив на здоров'я людей.

Jiřeparypa

1. Samková E., Špička J., Pešek M., Pelikánová T. Hanuš O. Animal factors affecting fatty acid composition of cow milk fat: A review. *South African Journal of Animal Science*. 2012. Vol. 42. P. 83–100. URL: DOI: 10.4314/sajas.v42i2.1.
2. Dhiman T.R., Nam S.H., Ure A.L. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2005. Vol. 45. P. 463–482. URL: DOI: 10.1080/10408390591034463.
3. Vlaeminck B., Fievez V., Cabrita A.R.J., Fonseca A.J.M., Dewhurst, R.J. Factors affecting odd and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 2006. Vol. 131. P. 389–417. URL: DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017.
4. Gebauer S.K., Psota T.L., Kris-Etherton P.M. The diversity of health effects of individual trans fatty acid isomers. *Lipids*. 2007. Vol. 42. P. 787–799. URL: DOI: 10.1007/s11745-007-3095-8.
5. Lopez-Huertas E. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids enriched milks. A review of intervention studies. *Pharmacological Research*. 2010. Vol. 61. P. 200–207. URL: DOI: 10.1016/j.phrs.2009.10.007.
6. Kalač, P., Samková, E. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal Animal Science*. 2010. Vol. 55. P. 521–537. URL: DOI: 10.17221/2485-CJAS.
7. Simopoulos A. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. 2008. Vol. 233. P. 674–688. URL: DOI: 10.3181/0711-MR-311.
8. Poławska E., Marchewka J., Cooper R.G., Sartowska K., Pomianowski J., Jóźwik A., Strzałkowska N., Horbańczuk J.O. The ostrich meat – an updated review. II. Nutritive value. *Animal Science Papers and Reports*. 2011. Vol. 29. P. 89–97.
9. McManus A., Merga M., Newton W. Omega-3 fatty acids. What consumers need to know? *Appetite*. 2011. Vol. 57. P. 80–83. URL: DOI: 10.1016/j.appet.2011.03.015.
10. Parodi P. Has the association between saturated fatty acids, serum cholesterol and coronary heart disease been over emphasized? *International Dairy Journal*. 2009. Vol. 19. P. 345–361. URL: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.01.001>.
11. Stender S., Astrup A., Dyerberg J. Ruminant and industrially produced trans fatty acids: health aspects. *Food Nutrition Research*. 2008. Vol. 52. URL: DOI: 10.3402/fnr.v52i0.1651.

12. Markiewicz-Kęszycka M., Czyżak-Runowska G., Lipińska P., Wójtowski J. Fatty acid profile of milk – a review. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*. 2013. Vol. 57. P. 135–139. URL: DOI: 10.2478/bvip-2013-0026.
13. Belury M.A. Dietary Conjugated Linoleic Acid in Health: Physiological Effects and Mechanisms of Action, *Annual Review of Nutrition*. 2002. Vol. 22. P. 505–531. URL: DOI: 10.1146/annurev.nutr.22.021302.121842.
14. Ip M.M., Masso-Welch P.A., Ip C. Prevention of Mammary Cancer with Conjugated Linoleic Acid: Role of the Stroma and Epithelium. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*. 2003. Vol. 8. P. 103–118. URL: DOI: 10.1023/a:1025739506536.
15. Lock A.L., Bauman D.E. Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*. 2004. Vol. 39. P. 1197–1206. URL: DOI: 10.1007/s11745-004-1348-6.
16. Arnould V.M.R., Soyeurt H. Genetic variability of milk fatty acids. *Journal of Applied Genetics*. Vol. 50. 2009. P. 29–39.
17. Bastin, C., Gengler, N., Soyeurt, H. Phenotypic and genetic variability of production traits and milk fatty acid contents across days in milk for Walloon Holstein first-parity cows. 2011. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94. P. 4152–4163. URL: DOI: 10.3168/jds.2010-4108.
18. De Marchi M., Bittante G., Dal Zotto R., Dalvit, C., Cassandro M. Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss breeds on quality of milk and cheese. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 4092–4102. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0788.
19. Palladino R.A., Buckley F., Prendiville R., Murphy J.J., Callan J., Kenny, D.A. A comparison between Holstein-Friesian and Jersey dairy cows and their F-1 hybrid on milk fatty acid composition under grazing conditions. *Journal of Dairy Science*. 2010. Vol. 93. P. 2176–2184. URL: DOI: 10.3168/jds.2009-2453.
20. Samková E. The effects of selected factors on fatty acid composition in cow milk fat. Thesis, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Czech Republic. 2008. 186 pp.
21. Schennink A., Heck J.M.L., Bovenhuis H., Visker M.H.P.W., Van Valenberg H.J.F., Van Arendonk J.A.M. Milk fatty acid unsaturation: Genetic parameters and effects of stearoyl-CoA desaturase (SCD1) and acyl CoA: diacylglycerol acyltransferase 1 (DGAT1). *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 2135–2143. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0825.
22. Soyeurt H., Dardenne P., Gillon A., Croquet C., Vanderick S., Mayeres P., Bertozzi C., Gengler N. Variation in fatty acid contents of milk

and milk fat within and across breeds. *Journal of Dairy Science*. 2006. Vol. 89. P. 4858–4865. URL: DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72534-6.

23. Soyeurt H., Dehareng F., Mayeres P., Bertozzi C., Gengler N. Variation of Delta(9)-desaturase activity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 3211–3224. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0518.

24. Thomson N.A., Van der Poel W., Peterson S.W. Seasonal variation of the fatty acid composition of milk fat from Friesian cows grazing pasture. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*. 2000. Vol. 60. P. 314–317.

25. Kgwatalala P.M., Ibeagha-Awemu E.M., Mustafa A.F., Zhao, X. Stearoyl-CoA desaturase 1 genotype and stage of lactation influences milk fatty acid composition of Canadian Holstein cows. *Animal Genetics*. 2009. Vol. 40. P. 609–615. URL: DOI: 10.1111/j.1365-2052.2009.01887.

26. Mele M., Dal Zotto R., Cassandro M., Conte G., Serra A., Buccioni A., Bittante G., Secchiari P. Genetic parameters for conjugated linoleic acid, selected milk fatty acids, and milk fatty acid unsaturation of Italian Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92. P. 392–400. URL: DOI:10.3168/jds.2008-1445.

27. Bobe G., Lindberg G.L., Freeman A.E., Beitz, D.C. Short communication: Composition of milk protein and milk fatty acids is stable for cows differing in genetic merit for milk production. *Journal of Dairy Science*. 2007. Vol. 90. P. 3955–3960. URL: DOI:10.3168/jds.2007-0099.

28. Stoop W.M., Van Arendonk J.A.M., Heck J.M.L., Van Valenberg H.J.F., Bovenhuis H. Genetic parameters for major milk fatty acids and milk production traits of Dutch Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 385–394. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0181.

29. Soyeurt H., Gillon A., Vanderick S., Mayeres P., Bertozzi C., Gengler N. Estimation of heritability and genetic correlations for the major fatty acids in bovine milk. *Journal of Dairy Science*. 2007. Vol. 90. P. 4435–4442. URL: DOI: 10.3168/jds.2007-0054.

30. Lock A.L., Garnsworthy P.C. Independent effects of dietary linoleic and lonolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cows' milk. *Animal Science*. 2002. Vol. 74. P. 163–176. URL: DOI:10.1017/S1357729800052334.

31. Kumar G., Devi P., Sharma N., Somagond Y. Impact of thermal stress on milk production, composition and fatty acid profile in dairy cows: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2020. Vol. 8. P. 1278–1283.

32. Frelich J., Šlachta M., Hanuš O., Špička J., Samková E., Węglarz A., Zapletal P. Seasonal variation in fatty acid composition of cow milk in

relation to the feeding system. *Animal Science Papers and Report*. 2012. Vol. 30. P. 219–229.

33. Frelich J., Šlachta M., Hanuš O., Špička J., Samková E. Fatty acid composition of cow milk fat produced on low-input mountain farms. *Czech Journal of Animal Science*. 2009. Vol. 54. P. 532–539. URL: DOI: 10.17221/226/2009-CJAS.

34. Bloksma J., Adriaansen-Tennekes R., Huber M., van de Vijver L.P.L.V., Baars T., de Wit J. Comparison of organic and conventional raw milk quality in the Netherlands. *Biological Agriculture and Horticulture*. 2008. Vol. 26. P. 69–83.

35. De Noni I., Battelli G. Terpenes and fatty acid profiles of milk fat and “Bitto” cheese as affected by transhumance of cows on different mountain pastures. *Food Chemistry*. 2008. Vol. 109. P. 299–309. URL: DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.12.033.

36. Shingfield K.J., Salo-Väänänen P., Pahkala E., Toivonen V., Jaakkola S., Piironen V., Huhtanen P. Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content in cows' milk. *Journal of Dairy Research*. 2005. Vol. 72. P. 349–361. URL: DOI: 10.1017/S0022029905000919.

37. Bernardini D., Gerardi G., Elia C.A., Marchesini G., Tenti S., Segato S. Relationship between milk fatty acid composition and dietary roughage source in dairy cows. *Veterinary Research Communications*. 2010. Vol. 34. P. 135–138. URL: DOI: 10.1007/s11259-010-9368-3.

38. Lourenço M., Vlaeminck B., Bruinenberg M., Demeyer D., Fievez V. Milk fatty acid composition and associated rumen lipolysis and fatty acid hydrogenation when feeding forages from intensively managed or semi-natural grasslands. *Animal Research*. 2005. Vol. 54. P. 471–484. URL: DOI: 10.1051/animres:2005036.

39. Shingfield K.J., Reynolds C.K., Lupoli B., Toivonen V., Yurawetz M.P., Delmonte P., Griinari J.M., Grandison A.S., Beever D.E. Effect of forage type and proportion of concentrate in the diet on milk fatty acid composition in cows given sunflower oil and fish oil. *Animal Science*. 2005. Vol. 80. P. 225–238.

40. Norgaard J.V., Baumgard L.H., Nielsen T.S., Theil P.K., Sørensen M.T., Sejrsen K. Mammary cell turnover and expression of lipogenic genes in response to silage induced CLA and diet energy density in lactating cows. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 2008. Vol. 58. P. 113–120.

41. Vanhatalo A., Kuoppala K., Toivonen V., Shingfield K.J. Effects of forage species and stage of maturity on bovine milk fatty acid composition. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2007. Vol. 108. P. 856–867. URL: DOI 10.1002/ejlt.200700023.

42. Kalač P., Samková E. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech Journal of Animal Science*. 2010. Vol. 55. P. 521–537. URL: DOI: 10.17221/2485-CJAS.

43. Павкович С.Я., Вовк С.О., Бальковський В.В., Огородник Н.З., Іванків М.Я., Сірко Я.М. Вплив структури раціону на жирнокислотний склад молочного жиру корів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія Агрономія*. 2019. № 23. С. 265–267.

44. Bu D.P., Wang J.Q., Dhiman T.R., Liu S.J. Effectiveness of oils rich in linoleic and linolenic acids to enhance conjugated linoleic acid in milk from dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2007. Vol. 90. P. 998–1007. URL: DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(07)71585-0.

45. Liu Z.L., Yang D.P., Chen P., Lin S.B., Jiang X.Y., Zhao W.S., Li J.M., Dong W.X. Effect of dietary sources of roasted oilseeds on blood parameters and milk fatty acid composition. *Czech Journal of Animal Science*. 2008. Vol. 53. P. 219–226. URL: DOI: 10.17221/309-CJAS.

46. Glasser F., Schmidely P., Sauvant D., Doreau M. Digestion of fatty acids in ruminants: a meta-analysis of flows and variation factors: 2. C18 fatty acids. *Animal*. 2008. Vol. 2. P. 691–704. URL: DOI: 10.1017/S1751731108002036.

47. Loor J.J., Ferlay A., Ollier A., Doreau M., Chilliard Y. Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *Journal of Dairy Science*. 2005. Vol. 88. P. 726–740. URL: DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72736-3.

48. Bodas R., Manso T., Mantecón A.R., Juárez M., de la Fuente M.A., Gómez-Cortés P. Comparison of the fatty acid profiles in cheeses from ewes fed diets supplemented with different plant oils. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 2010. Vol. 58. P. 10493–10502. URL: DOI: 10.1021/jf101760u.

49. Martínez Marín A.L., Gómez-Cortés P., Gómez Castro A.G., Juárez M., Pérez Alba L.M., Pérez Hernández M., de la Fuente M.A. Animal performance and milk fatty acid profile of dairy goats fed diets with different unsaturated plant oils. *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94. P. 5359–5368. URL: DOI: 10.3168/jds.2011-4569.

50. Chilliard Y., Martin C., Rouel J., Doreau M. Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed, or linseed oil, and their relationship with methane output. *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92. P. 5199–5211. URL: DOI: 10.3168/jds.2009-2375.

51. Павкович С., Вовк С., Бальковський В., Огородник Н., Іванків М. Вплив згодовування ріпакового насіння і кальцієвих солей на продуктивність і жирнокислотний склад молочного жиру корів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія Агрономія*. 2020. № 24. С. 203–206.

52. Павкович С., Вовк С., Огородник Н., Бальковський В., Дудар І., Ткачук В., Пащак М. Вплив згодовування соняшникової олії та насіння соняшнику на продуктивність і жирнокислотний склад молока корів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2024. № 28. С. 182–186. URL: DOI: 10.31734/agronomy2024.28.182.

53. Павкович С., Вовк С., Бальковський В., Огородник Н., Дудар І., Іванків М. Вплив згодовування коровам насіння ріпаку на молочну продуктивність, якість і технологічні властивості молока й молочних продуктів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*. 2022. № 26. С. 201–205. URL: DOI: 10.31734/agronomy2022.26.201.

54. Marína A.L.M., Hernández M.P., Albaa L.M.P., Pardo D.C., Castroa G.G., Sígler A.I.G. Effect of oils and seeds in ruminant diets on milk fat fatty acid profile. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2013. Vol. 4. P. 319–338.

55. Schrezenmeir J., Jagla A. Milk and Diabetes. *Journal of the American College of Nutrition*. 2000. Vol. 19. P. 176–190. URL: DOI: 10.1080/07315724.2000.10718087.

56. Parodi, P.W. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *Journal of Dairy Science*. 1999. Vol. 82. P. 1339–1349.

57. Flowers G., Ibrahim, S.A., AbuGhazaleh, A.A. Milk fatty acid composition of grazing dairy cows when supplemented with linseed oil. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91. P. 722–730. DOI: 10.3168/jds.2007-0410.

58. Castro T., Martinez D., Isabel B., Cabezas A., Jimeno, V. Vegetable oils rich in polyunsaturated fatty acids supplementation of dairy cows' diets: effects on productive and reproductive performance. *Animals*. 2019. Vol. 9. P. 205. URL: DOI: 10.3390/ani9050205.

59. González Y.M., Iorio J., Olmeda M.F., Curletto D., Scandolo D., Maciel M.G., Cuatrin A., Palladino R.A., Pérez C., Salado E.E. Feeding calcium salts of linseed oil on productive performance and milk fatty acid profile in grazing dairy cows. *Open Journal of Animal Sciences*. 2020. Vol. 10. P. 761–781. URL: DOI: 10.4236/ojas.2020.104050.

60. Павкович С., Вовк С., Огородник Н., Бальковський В., Дудар І. Вплив згодовування захищених рослинних олій на продуктивність і жирнокислотний склад молочного жиру корів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агрономія*, 2023. № 27. С. 167–174. URL: DOI: 10.31734/agronomy2023.27.167.

61. Вовк С.О., Павкович С.Я. Захищені ліпіди і жирні кислоти у раціонах годівлі великої рогатої худоби. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 4. С. 48–51.

62. Lindberg M. Milk fatty acid profiles from inclusion of different calcium salts in dairy cow diets. *Animal Science*. 2020. Vol. 69. P. 249–253. URL: DOI: 10.1080/09064702.2020.1781925.

Information about the author:

Pavkovych Serhii Yaroslavovych,

Candidate of Agricultural Sciences

Associate Professor at the Department of Animal Husbandry
and Fodder Production

Lviv National Environmental University

1, Volodymyra Velykoho str., Dubliany,

Lviv region, 80381, Ukraine