

ВМІСТ ЖИРНИХ КИСЛОТ В МОЛОЦІ КОРІВ ЗА ДІЇ β -КАРОТИНУ

Л. В. ШЕВЧЕНКО,

доктор ветеринарних наук, професор кафедри ветеринарної гігієни ім.
професора А.К. Скороходька

<https://orcid.org/0000-0001-7472-4325>

E-mail: shevchenko_laris@ukr.net

В. М. МИХАЛЬСЬКА,

кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри ветеринарної гігієни
ім. професора А.К. Скороходька

<https://orcid.org/0000-0003-0578-8856>

E-mail: mykhalska.vm@gmail.com

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. Одним із ключових питань виробництва високоякісного, біологічно повноцінного молока є забезпечення корів достатньою кількістю біологічно активних речовин, зокрема, вітаміном А та його попередником β -каротином. Одним зі способів збагачення молока вітаміном А та каротиноїдами є згодовування коровам добавок природного походження зокрема вітатону, який містить до 10 % транс- β -каротину, здатного перетворюватись у вітамін А, а також проявляти антиоксидантну, імуностимулюючу й антиканцерогенну дію в організмі.

Вітатон – це біомаса гриба *Blakeslea trispora* штаму ТКСТ, продукт мікробного синтезу, який одержують завдяки культивуванню продуцента на відходах крохмалепатокового виробництва. У санітарному відношенні біомаса гриба *Bl. trispora* є безпечною для тварин, оскільки основною умовою її виробництва є стерильність, що виключає потрапляння у ферментаційне середовище будь-яких мікроорганізмів. Крім того, після закінчення ферментації у ферментері піднімають температуру середовища до 65–70 °С, що знищує й сам продуцент β -каротину.

Дослідження було проведено на коровах української чорно-рябої молочної породи в умовах СТОВ «Куйбишеве» Полтавської області, яким згодовували вітатон. Встановлено, що введення вітатону до складу раціону для корів сприяє збільшенню вмісту жиру в молоці в середньому на 0,26 % та посиленню синтезу фосфоліпідів у молочній залозі в 1,8 рази. Вітатон, як біологічно активна добавка, не впливав на співвідношення загального вмісту насичених до ненасичених жирних кислот у молоці корів, але стимулював утворення та включення до складу молочного жиру двох ненасичених жирних кислот, а саме нонадеканової та α -ліноленової на тлі зникнення на хроматограмі піку арахідонової кислоти. Зміни жирнокислотного складу молочного жиру, отриманого від корів, яким згодовували вітатон, як джерело β -каротину, свідчать про вплив β -каротину та інших біологічно активних компонентів вітатону на синтез ліпідів молока.

Ключові слова: лактуючі корови, молоко, масло вершкове, ліпіди молока, вітатон, жирні кислоти

Актуальність.

Виробництво високоякісної й біологічно повноцінної продукції тваринництва неможливе без застосування тваринам низки біологічно активних речовин, а саме: макро- та мікроелементів, імуностимуляторів, гепатопротекторів, антиоксидантів, барвників, смакових, ароматичних добавок, вітамінів та вітаміноподібних речовин, у тому числі каротиноїдів. Їх широке використання у практиці виробництва продукції тваринництва пов'язане насамперед для профілактики захворювань, стимуляції росту, розвитку і продуктивності тварин, а також поліпшення якості та біологічної повноцінності тваринницької продукції (Ul Haq et al., 2014; Lopes et al., 2016; Wang & Bu, 2015; Hassan Rafiee et al., 2016).

Перехід тваринництва на індустріальні технології вимагає повного перегляду концепції щодо забезпечення тварин біологічно активними речовинами, у тому числі β -каротином, що пов'язано зі сухим типом годівлі багатьох видів сільськогосподарських тварин, а отже, виникненням певних проблем у заготівлі, зберіганні та введенні до складу повнораціонних комбікормів соковитих кормів, як джерел каротиноїдів (Shevchenko et al., 2018; Abd El-Salam & El-Shibiny, 2020).

На сьогодні відомо понад 600 каротиноїдів, вивчено їх структуру, хімічні властивості та фізичні характеристики, що дає можливість використовувати їх як антиоксиданти, стимулятори росту й розвитку тварин, фото- і радіопротектори,

імуностимулятори, попередники вітаміну А, барвники продукції тваринництва тощо. Вченими досліджено видовий склад каротиноїдів багатьох рослин, грибів, бактерій та водоростей, вивчено їх вплив на клінічний стан, продуктивність, обмін речовин, відтворну здатність та якість продукції тварин (Shevchenko et al., 2018).

Заразом, проблема забезпечення потреби тварин каротиноїдами залишається невирішеною, оскільки немає єдиної концепції щодо визначення ефективності застосування як суміші каротиноїдів, так і окремих їх представників, що проявляють різну дію в організмі тварин, у тому числі провітамінну.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Перехід тваринництва на індустріальні технології вимагає повного перегляду концепції щодо забезпечення тварин біологічно активними речовинами, у тому числі β -каротином, що пов'язано із сухим типом годівлі багатьох видів сільськогосподарських тварин, а отже, виникненням певних проблем у заготівлі, зберіганні та введенні до складу повнораціонних комбікормів соковитих кормів як джерел каротиноїдів.

За останніми даними відомо, що вміст β -каротину в плазмі крові й молозиві корів не завжди свідчить про достатнє забезпечення їх організму вітаміном А, тоді як концентрація вітаміну А в молозиві – один з найоб'єктивніших показників під час діагностики А-гіповітамінозу корів (Sakhniuk, 1997).

Вміст каротиноїдів та вітаміну А в молоці корів також залежить від сезону року. Так, у зимово-стійловий період утримання корів у молоці спостерігається найнижча концентрація β -каротину та вітаміну А. Під час переведення тварин на пасовища спочатку підвищується рівень β -каротину, а пізніше – вміст вітаміну А в молоці. Крім того, суттєвий вплив на накопичення каротиноїдів у молоці має порода корів. Так, у молоці корів швіцької, симентальської, червоногорбатівської і червоної степової порід міститься в середньому 180 – 190 мкг/кг каротину, в молоці корів бурої латвійської породи – до 240 мкг/кг каротину, тоді як молоко корів інших порід значно бідніше на цю біологічно активну сполучку (Davydov & Fainhar, 1972).

Рівень вітаміну А і β -каротину в молозиві й молоці корів значною мірою визначається не лише складом кормів раціону, але й періодом лактації. Так, у молозиві першого надоя міститься 134,0 мкг/л вітаміну А і 396,0 мкг/л β -каротину, в молоці шостого надоя – 80,0 і 60,0 мкг/л і десятого надоя відповідно – 27,0 і 25 мкг/л (Colome, 1986).

Перехід каротиноїдів у молоко забезпечує інтенсивність його забарвлення і значною мірою залежить від породних особливостей корів. Дослідження кольору молока корів і вмісту в ньому β -каротину показало, що молоко, одержане від чистопородних корів фрізької породи, містило менше β -каротину ніж у нечистопородних корів (Keen, 1984).

На накопичення каротиноїдів у жирі великої рогатої худоби впливає також вік і рівень годівлі. Так, за годівлі вволю бугайців у віці один і два роки накопичення каротиноїдів у жирі відбувається менш інтенсивно ніж за обмеженні годівлі (Boom & Sheath, 1997).

Одним зі шляхів підвищення рівня каротиноїдів та ретинолу в молоці є розробка та впровадження у виробництво біологічно активних кормових добавок для корів. Вирішенню цього питання присвячено низку досліджень провідних вчених країн СНД, США та Японії. Так, згодовування сухостійним коровам β -каротину мікробного походження в дозі 15 г на голову за добу сприяло збільшенню в молоці першого надоя рівня вітаміну А на 33,8%, а каротину – на 26,8 % у порівнянні з тваринами, що не одержували цієї добавки. Така ж залежність зберігалась і на п'ятий-сьомий день лактації (Deviatkyn, 1991; Vargas-Bello-Pérez et al., 2020). Аналогічні результати були одержані за згодовування коровам синтетичного β -каротину в складі мінеральної суміші упродовж 14 днів до і 60 днів після отелення (Iwanska et al., 1985).

Часткова заміна β -каротину силосу за рахунок β -каротину мікробного походження поліпшує насиченість молозива й молока корів породи голштин не тільки каротином і вітаміном А, але й білком (Ulytko et al., 1997). У ряді досліджень також підтверджено перевагу каротину мікробного походження над каротином кукурудзяного силосу, люцернового і хвойного борошна. Водночас встановлено, що рівень вітаміну А в молозиві корів за згодовування мікробного β -каротину був найвищим, що перевищувало значення у тварин, яким згодовували силос в 1,71 та 1,57 раза відповідно. У молоці корів цієї групи відмічалась аналогічна закономірність щодо накопичення β -каротину (Ulytko & Dushkyn, 2002).

Заміна в раціонах корів 32-43 % каротину силосу на каротин мікробного походження дозволяла підвищити молоч-

ну продуктивність корів на 9,7 – 14,0 %, а також сприяла збільшенню вмісту жиру в молоці, особливо в період зимово-стійлового утримання (Alekseeva et al., 2001; Yemets & Mamenko, 2020). Використання у годівлі корів ліпокаротину (олійного екстракту біомаси гриба *Bl. trispora*) у дозі 20 мл на голову за добу сприяло підвищенню продуктивності на 0,5 кг молока за добу, вмісту жиру в молоці – на 0,2 % (Kartamysheva & Khmelkov, 2006).

Продукт трансформації β -каротину – вітамін А теж суттєво впливає на якість молока корів. Так, включення до складу кормів для корів вітаміну А в дозі, збільшеній на 10 і 25 % у порівнянні з потребою, сприяло підвищенню середньодобових надоїв молока на 6,3 – 10,3 %. Молоко корів, що споживали корми з підвищеним вмістом вітаміну А, містило більше жиру (на 0,29 – 0,50 %) і білку (на 0,12 – 0,18 %). Водночас воно було термостійкішим і витримувало експозицію 80 % концентрації спирту проти 72 % в контролі (Belykova et al., 2005).

Є і протилежна точка зору на накопичення каротиноїдів у продукції тварин. Так, використання пасовищного утримання великої рогатої худоби в Зеландії спричиняє проблему підвищеного вмісту каротиноїдів у жирі туш і молочному жирі, що, з точки зору спеціалістів, погіршує товарний вигляд м'ясної й молочної продукції. Для вирішення цієї проблеми Зеландськими вченими розроблений прижиттєвий тест для визначення ступеню жовтизни жиру туш великої рогатої худоби, який базується на визначенні співвідношення вмісту холестеролу і каротиноїдів плазми крові (Knight et al., 2001). При цьому жовтизна жиру також корелює з вмістом насичених і мононенасиче-

них жирних кислот. Автори роблять висновок, що переваги м'яса з жовтим жиром над м'ясом з білим жиром незначні (Knight & Death, 1997).

З іншого боку, збільшення вмісту каротиноїдів та вітаміну А в молоці та продуктах його переробки являє зацікавленість фахівців в плані створення продуктів масового харчування та спеціального призначення, збагачених вітамінами, особливо антиоксидантного ряду. За даними Всеросійської організації охорони здоров'я, молоко і молочні продукти в раціоні людини складають не менше 50 %, таке ж місце вони займають і в раціонах харчування населення України та інших країн світу. XXV і XXVI Міжнародні молочні конгреси (1998, 2002 pp.) були присвячені створенню та розробці функціональних молочних продуктів (Vasheka & Rashevskaya, 2005; Halštian & Avetysian, 2005; Mushtruk et al., 2021).

Отже, слід зазначити, що проблема їх створення вирішується в основному за допомогою прямого введення олійних екстрактів та кріопорошків біологічно активних речовин у готову продукцію (Hryhoreva, 2003; Mushtruk et al., 2020).

Що стосується β -каротину, то його вводять до складу молока у вигляді 1% концентрату на основі 30% пасти, виготовленої на основі КПКМ. Отже, його концентрація у готовому продукті становить 50 мг/кг, що не впливає на життєздатність молочнокислих бактерій таких як біфідобактерії, болгарської палички та *Str. thermophilus*, забезпечує подальшу переробку молока (Narushyn, 2004; Katserykova et al., 2000), поліпшує органолептичні властивості і продовжує термін зберігання цього продукту (Polianskyi et al., 2001).

Таким же чином вводять β -каротин і до складу молочного продукту типу масла вершкового, що містить 0,03 % цієї біологічно активної речовини в готовому продукті (Kolyanovska et al., 2019). Однак є і інша точка зору на пряме введення препаратів β -каротину мікробного походження до складу харчових продуктів. Є дані щодо надходження до організму людини чужорідних продуктів метаболізму грибів-продуцентів каротиноїдів, що можуть спричиняти різні порушення у тканинах організму та викликати побічну дію (Sukhenko et al., 2019).

Отже, застосування β -каротину в годівлі корів вирішує не лише питання профілактики захворювань молочної залози, органів травлення, відтворення та одержання здорового життєздатного потомства, але й виробництва біологічно повноцінних молока і продуктів його переробки. Однак проблема одержання молока з підвищеним вмістом β -каротину та вітаміну А залишається нерозв'язаною у зв'язку з відсутністю наукового обґрунтованих рекомендацій щодо використання нових джерел природного β -каротину (особливо мікробного синтезу) у годівлі корів, глибоких досліджень з питань якості, а також біологічної повноцінності й санітарної безпеки одержаної продукції.

Мета дослідження. Метою досліджень було встановити вміст жирних кислот у молочному жирі корів за додавання до їх раціону вітатону з вмістом β -каротину 5%.

Матеріали та методи досліджень. У досліді визначали ефективність застосування β -каротину гриба *Bl. trispora* коровам із метою поліпшення якості молока за різних типів годівлі. Для цього було сформовано дві групи корів української чорно-рябої молочної породи контрольну та дослідну в

СТОВ «Куйбишеве» Полтавської області. Коровам дослідної групи (189 корів) додатково до кормів основного раціону згодовували вітатон з вмістом β -каротину 5 %. Доза вітатону для лактуючих корів становила 2 кг/т комбікорму. Дослід тривав 120 днів. Тваринам контрольної групи (216 корів) згодовували корми основного раціону. Середньодобові проби молока відбирали щомісячно для визначення якості та одержання масла вершкового в якому визначали вміст каротиноїдів, вітаміну А та жирних кислот.

Визначення вмісту ліпідів та їх фракцій у молочному жирі проводили методом хроматографічного розділення в тонких шарах силікагелю (Silufol, Чехія) з використанням системи розчинників гексан : діетиловий ефір : октова кислота у співвідношенні 76 : 23 : 1. Вміст окремих фракцій ліпідів визначали за допомогою денситометра після фарбування хроматограм 5 – 10 % розчином фосфорно-молібденової кислоти в етанолі. Хроматограми проявляли упродовж 4 – 5 хв за температури 90-110°C (Veselskyi et al., 2001; Petrovskyi et al., 1986).

Вміст жирних кислот у вершковому маслі визначали після омилення та екстракції гексаном. Одержані метилові ефіри аналізували на газовому хромато-мас-спектрометрі Agilent Technologies 6890N/5973 N, хроматографічна колонка DB-5MS; L=30m; Id = 0,25 мм, каталожний № 122-5532 Agilent Technologies, F: lm=0,25 мм, газ-носії – гелій (DSTU ISO 5508:1990, 2003).

Результати досліджень обробляли статистично (Kokunyn, 1975).

Результати досліджень та їх обговорення.

Молочна продуктивність і якість молока корів обумовлюються насам-

1. Фізико-хімічні властивості молока корів, %, $M \pm m$, $n=6$

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Жир	4,21 $\pm$ 0,04	4,47 $\pm$ 0,06*
СЗМЗ	8,52 $\pm$ 0,07	8,58 $\pm$ 0,10
Густина, г/см ³	1,027 $\pm$ 0,0002	1,027 $\pm$ 0,0005
Білок	3,07 $\pm$ 0,03	3,10 $\pm$ 0,03

перед клінічним станом тварин, інтенсивністю метаболічних процесів у тканинах організму та молочній залозі, що тісно пов'язані з рівнем забезпечення їх поживними та біологічно активними речовинами, у тому числі вітаміном А та його попередником β -каротином. Введення до складу комбікорму лактуючих корів вітатону, як джерела β -каротину, передбачає надходження до організму тварин також ліпідів, вищих насичених та ненасичених жирних кислот, вітамінів групи Е та В, що певною мірою може впливати на процеси синтезу компонентів молока в молочній залозі корів.

Засвоєння і транспорт β -каротину та ретинолу в травному апараті тварин тісно пов'язані з метаболізмом ліпідів, а саме зі всмоктуванням вищих жирних кислот у кров та лімфу і їх участю у синтезі молочного жиру, про що свідчить збільшення вмісту

жиру в молоці в середньому на 0,26 % порівняно з контролем (табл. 1).

Підвищення вмісту жиру в молоці корів дослідної групи за згодовування вітатону узгоджується з посиленням синтезу фосфоліпідів у молочній залозі в 1,8 раза порівняно з контролем (табл. 2). Одержані дані узгоджуються з результатами наших досліджень, а саме підвищеним вмістом фосфоліпідів у молозиві першого удою корів за згодовування їм вітатону в період сухостою.

Вміст вільного та етерифікованого холестеролу в молоці корів за згодовування вітатону перебував на рівні тварин контрольної групи, що свідчить про відсутність негативного впливу β -каротину на процеси транспортування та засвоєння холестеролу у тканинах корів.

Вміст ди- і тригліцеридів у молоці корів за застосування вітатону в перші 30 днів лактації вірогідно не

2. Склад та вміст ліпідів молока корів, мг/100 мл, $M \pm m$, $n=4-5$

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Фосфоліпіди	28,07 $\pm$ 1,50	50,15 $\pm$ 6,57*
Холестерол вільний	24,78 $\pm$ 3,33	31,76 $\pm$ 4,55
Холестерол етерифікований	22,68 $\pm$ 1,77	23,48 $\pm$ 1,64
Вищі жирні кислоти (коротколанцюгові)	18,68 $\pm$ 2,24	25,52 $\pm$ 4,44
Вищі жирні кислоти (довголанцюгові)	25,36 $\pm$ 1,74	30,52 $\pm$ 3,95
Дигліцериди, г/л	11,05 $\pm$ 0,66	12,86 $\pm$ 0,58
Тригліцериди, г/л	24,13 $\pm$ 0,67	27,22 $\pm$ 2,23

відрізнявся від аналогічних показників молока, одержаного від корів контрольної групи.

Згодовування вітатону лактуючим коровам не впливало також і на загальний вміст вищих жирних кислот як коротко-, так і довголанцюгових у молоці порівняно з контролем, що узгоджується з даними аналізу вмісту вільних жирних кислот методом газової хромато-маспектрометрії (табл. 3).

Водночас загальний вміст насичених кислот: каприлової, капронової, лауринової, міристинової, пентадеканової, паль-

мітинової, маргаринової, стеаринової, а також ненасичених: олеїнової, пальмітоолеїнової й лінолевої в молочному жирі, одержаному з молока корів дослідної групи за згодовування вітатону, перебував на рівні тварин контрольної групи.

Треба відмітити, що співвідношення загального вмісту насичених до ненасичених жирних кислот у молоці корів за дії вітатону було на рівні тварин контрольної групи, що вказує на відсутність впливу компонентів біологічно активної добавки на процеси синтезу молочного жиру.

3. Загальний вміст жирних кислот у маслі вершковому (жирність 78%), мг/кг, $M \pm m$, $n=3$

Жирна кислота	Група	
	контрольна	дослідна
Каприлова	1845,28±224,75	1504,97±149,55
Капринова	12451,41±713,90	7112,15±758,82
Лауринова	8213,44±384,68	11602,94±871,35
Тридеканова	205,51±39,13	782,62±39,62
Міристинова	78457,44±5593,35	70969,54±9592,81
Пентадеканова	5830,38±611,55	4032,86±322,87
Пальмітинова	311282,37±32074,00	270485,75±5959,82
Маргарінова	4329,72±747,52	3180,64±349,63
Стеаринова	104944,42±17887,20	81676,94±2940,12
Нонадеканова	-	565,57±76,21
Арахінова	960,80±135,54	784,35±43,82
Олеїнова	238021,59±36561,72	207070,65±5801,40
Пальмітоолеїнова	7527,23±586,73	6345,99±218,76
Лінолева	21429,86±2321,98	14166,37±754,52
α -ліноленова	-	803,61±112,53
Арахідонова	1032,35±125,73	-
Загальний вміст кислот	795775,06±10280,48	680172,18±16993,12
в т.ч. вміст насичених кислот	528452,26±50105,91	452321,31±10233,01
ненасичених кислот	267322,80±5300,48	227850,87±6760,26
Співвідношення ненасичених до насичених кислот	1:2	1:2
Частка насичених кислот від їх загального вмісту, %	66,4	66,5

4. Вміст вільних жирних кислот у маслі вершковому (жирність 78%), мг/кг, $M \pm m$, $n=3$

Жирна кислота	Група	
	контрольна	дослідна
Каприлова	416,76 $\pm$ 24,80	402,40 $\pm$ 27,41
Капринова	1110,66 $\pm$ 58,84	1281,93 $\pm$ 42,37
Лауринова	1704,59 $\pm$ 83,29	1682,09 $\pm$ 117,56
Міристинова	7813,09 $\pm$ 380,00	8932,66 $\pm$ 547,31
Пентадеканова	941,89 $\pm$ 143,86	586,14 $\pm$ 36,15
Пальмітинова	29593,35 $\pm$ 2628,12	22020,50 $\pm$ 1589,69
Маргарінова	603,75 $\pm$ 127,76	473,37 $\pm$ 17,47
Стеаринова	8682,99 $\pm$ 462,70	8663,43 $\pm$ 513,82
Олеїнова	22518,57 $\pm$ 2253,62	16358,52 $\pm$ 1185,70
Пальмітоолеїнова	1446,82 $\pm$ 282,09	1001,71 $\pm$ 145,82
Лінолева	3764,94 $\pm$ 352,26	2032,11 $\pm$ 244,65
Загальний вміст кислот	76209,21 $\pm$ 6158,21	56228,79 $\pm$ 3999,42
в т.ч. вміст насичених кислот	50216,12 $\pm$ 4713,99	37847,70 $\pm$ 2689,85
ненасичених кислот	25993,06 $\pm$ 3452,37	18381,09 $\pm$ 1311,09
Співвідношення ненасичених до насичених кислот	1:1,9	1:2
Частка насичених кислот від їх загального вмісту, %	65,9	67,3

Рівень вільних жирних кислот у молоці корів за згодовування вітатону перебував на рівні аналогічних показників контрольної групи, що узгоджується з загальним рівнем та вмістом кон'югованих жирних кислот у молочному жирі (табл. 4, 5).

Як видно з одержаних даних, основну частку вільних жирних кислот у молочному жирі корів за згодовування вітатону становлять олеїнова й пальмітинова, що складає відповідно 29 та 39 % від загального вмісту вільних жирних кислот, які перебували на рівні аналогічних показників у контролі.

Співвідношення ненасичених до насичених вільних жирних кислот у молочному жирі корів дослідної групи не відрізнялося контролю, що свідчить про позитивний вплив β -ка-

ротину на інтенсивність біосинтезу молочного жиру у секреторному епітелії молочної залози корів.

Водночас треба відмітити, що за згодовування вітатону в молоці корів дослідної групи з'явилися дві ненасичені кислоти, а саме нонадеканова та α -ліноленова кислоти, які були виявлені у вигляді кон'югованих сполук, ймовірно, ди- або тригліцеридів, тоді як у зразках молочного жиру в корів контрольної групи містилася арахідонова кислота, яка була відсутня в молоці корів дослідної групи. Це, ймовірно, пов'язано з включенням цих вищих жирних кислот та їх ізомерів, що входять до складу вітатону, до складу молочного жиру, а також впливом β -каротину на синтез ліпідів молока.

5. Вміст кон'югованих жирних кислот у маслі вершковому (жирність 78%), мг/кг, $M \pm m$, $n=3$

Жирна кислота	Група	
	контрольна	дослідна
Каприлова	1567,45±428,06	1236,70±167,61
Капринова	11340,88±765,72	5830,21±105,42
Лауринова	6508,86±322,18	9920,85±168,11
Тридеканова	205,51±39,13	782,62±39,62
Міристинова	70644,35±9443,61	65014,43±8204,58
Пентадеканова	5202,45±128,93	3642,09±409,50
Пальмітинова	281685,69±28216,69	248465,26±5680,12
Маргарінова	3927,22±102,88	2707,30±166,71
Стеаринова	96261,44±1853,98	75901,31±2853,90
Нонадеканова	-	565,57±56,73
Арахінова	960,80±35,54	784,35±43,82
Олеїнова	215503,04±3538,89	190712,09±5509,38
Пальмітоолеїнова	6562,69±251,15	5678,18±208,70
Лінолева	18919,90±1193,85	12811,62±724,11
α -ліноленова	-	803,61±76,53
Арахідонова	1032,35±109,99	-
Загальний вміст кислот	719565,91±10325,12	623943,40±16264,88
в т.ч. вміст насичених кислот	478236,13±55346,21	414473,63±9823,51
ненасичених кислот	241329,74±4988,02	209469,80±6449,43

Висновки і перспективи.

Отже, можна зробити висновок, що біомаса гриба *Bl. trispora* штаму ТКСТ (вітатон) є ефективним джерелом β -каротину для тварин, оскільки містить високу концентрацію діючої речовин (10-12% у перерахунку на суху речовину), а також комплекс біологічно активних речовин, які сприяють засвоєнню та трансформації каротиноїдів в організмі тварин.

Встановлено, що згодовування лактуючим коровам вітатону, як джерела природного β -каротину, суттєво не впливає на вміст і співвідношення вільних жирних кислот молочного жиру, але сприяє включенню до складу

ліпідів молока нонадеканової та α -ліноленової замість арахідонової жирних кислот у кон'югованому вигляді.

Продовження досліджень у цьому напрямі дадуть можливість отримати молочну продукцію з антиоксидантними властивостями, яка буде збагачена вітаміном А та β -каротином. А з огляду на властивості вітатону та введення до кормів для тварин транс- β -каротину гриба *Bl. trispora* суттєво може вплинути на процеси транскрипції генів та регуляцію репродуктивної здатності, гомеостаз системи антиоксидантного захисту, регенерацію тканин та імунний захист, а також поліпшити біологічну повноцінність продукції, що дасть змогу зберегти здоров'я тва-

рин, продовжити термін їх продуктивного використання, одержати здорове життєздатне потомство та збільшити ефективність виробництва продукції тваринництва.

References

1. ul Haq, M. R., Kapila, R., Shandilya, U. K., Kapila, S. (2014). Impact of milk derived β -casomorphins on physiological functions and trends in research: a review. *International Journal of Food Properties*, 17(8), 1726-1741.
2. Lopes, L.L., Peluzio, M.C.G., Hermsdorff, H.H.M. (2016). Monounsaturated fatty acid intake and lipid metabolism. *J. Vasc. Bras.* 1 (1), 52-60. doi:10.1590/1677-5449.008515.
3. Jia-Horng Wang, Dengpan Bu. (2015). Effects of concentrate and supplemental saturated fatty acid on milk production and milk fatty acid profile of dairy cow. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association* 30 (1). 92-96.
4. Hassan Rafiee, Gholam R Ghorbani, M. Alikhani, Ali Sadeghi-Sefidmazgi, James K Drackley. (2016). A comparison of the effect of soybeans roasted at different temperatures versus calcium salts of fatty acids on performance and milk fatty acid composition of mid-lactation Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 99 (7). doi: 10.3168/jds.2015-10546
5. Shevchenko, L.V., Mykhalska, V.M., Yaremchuk, O.S., Varpikhovsky, R.L. (2018). Mechanisms of assimilation of carotenoids in animals (review). *Web of Scholar*. 6 (24). 4. 43-49.
6. Abd El-Salam, M.H., El-Shibiny. (2020). Milk fat globule membrane: An overview with particular emphasis on its nutritional and health benefits. *International journal of Dairy Technology*. 6 (4). 655. doi:10.1111/1471-0307.12730
7. Shevchenko, L.V., Mykhalska, V.M., Yaremchuk O.S., Kaminska O.V., Bayer, O.V. (2018). Sources of carotenoids and their characteristics (review). *Science Review*. 8 (15). 19-26.
8. Sakhnyuk, V.V. (1997). Comparative evaluation of some methods for the diagnosis of vitamin A deficiency in cows. *Interdepartmental thematic scientific collection Veterinary medicine. K.: Agrarian Science*. 71. 52-55.
9. Davidov, R.B., Gulko, L.E., Kruglova, L.A., Faingar, B.I. (1972). *Milk and dairy products as a source of vitamins*. M.: Food industry, 183.
10. Colome, H. (1986). Valores plasmáticos y calostros de vitamina A y carotenos en vacas Holstein alrededor del parto. *Rev. Salud anim.* 8. 2. 119-122.
11. Keen, A.R. (1984). Seasonal variation in the colour of milk fat from selected herds two dairy plants. *N. Z. Dairy Sci. and Technol.* 19. 3. 263-265.
12. Boom, C.J., Sheath, G.W. (1997). Nutritional effects on carotenoid concentrations in the fat of beef cattle: Pap. Th Annu. Conf. N 2 Soc. Anim. Prod., Canterbury, Proc. N 2. Soc. Anim. Prod. 57. 282-285.
13. Devyatkin, V.A. (1991). The use of beta-carotene of microbiological synthesis in the feeding of dry and fresh cows. *Bul. scientific. works of the All-Russian Research Institute of Animal Husbandry*. 103. 36-39.
14. Vargas-Bello-Pérez, E., Cancino-Padilla, N., Geldsetzer-Mendoza, C., Morales, M. S., Leskinen, H., Garnsworthy, P.C., Loo, J.J., Romero, J. (2020). Effects of dietary polyunsaturated fatty acid sources on expression of lipid-related genes in bovine milk somatic cells. *Scientific Reports*. 10 (1). 14850. doi:10.1038/s41598-020-71930-x
15. Iwańska S., Lewicki C., Rybicka M. (1985): The effect of beta carotene supplementation on the beta carotene and vitamin A levels of blood plasma and some fertility indices of dairy cows. *Arch. Tierernähr.* 35. 563-570.
16. Ulitko, V.E., Khaizanov, D.P., Dushkin, V.V. (1997). Influence of different sources of carotene on the productivity of cows. *Animal science*. 6. 19-23.
17. Ulitko, V.E., Dushkin, V.V. (2002). Milk productivity, quality of colostrum and milk of highly productive cows, depending on the

- fractional composition of carotene in the diet. *Agricultural biology. Series Animal Biology*. 2. 43-50.
18. Alekseeva, L.V., Draganov, I.F., Bychkova, I.G. (2001). The effect of β -carotene on the body of pregnant cows. *Animal science*. 3. 15-17.
 19. Yemets, Z.V., Mamenko, A.M. (2020). Useful properties of independent fatty acids in milk fat of milk of the cow and the influence of genetic factors on their content. *Faktori Eksperimentalnoi Evolucii Organizmiv*. 27, 66-70.
 20. Kartamysheva, N.V., Khmelkov, Ya.T. (2006). Lipocarotene is a new carotene supplement. *Veterinary medicine for farm animals*. 5. 66-67.
 21. Belikova, V., Medvinskaya, E., Geraimovich, O. (2005). The effect of vitamin A in cow rations on milk. *Dairy and beef cattle breeding*. 5. 32-34.
 22. Knight, T.W., Death, A.F., Lambert, M.G., McDougall, D.B. (2001). The rate of reduction in carotenoid concentration in fat of steers fed a low carotenoid ration, and the role of increasing carcass fatness. *Austral. J. Agr. Res.* 52. 10. 1023-1032.
 23. Knight, T.W., Death, A.F. (1997). Is beet with yellow fat potentially healthier for you than beef with white fat?: Pap. 57 th Annu. Conf. N 2 Soc. Anim. Prod., Canterbury, Proc. N 2. Soc. Anim. Prod. 57. 134-136.
 24. Vasheka, O.M., Rashevskaya, T.O. (2005). The prospect of using plant food additives for the production of functional dairy products. *Products and ingredients*. 2005. 11 (20). 61-62.
 25. Galstyan, A.G., Avetisyan, G.A. (2005). Carotenoids. General position. Application in the dairy industry. M.: Publishing house of the Russian Agricultural Academy. 2005. 160.
 26. Mushtruk, M., Deviatko, O., Ulianko, S., Kanivets, N., Mushtruk, N. (2021). An Agro-Industrial Complex Fat-Containing Wastes Synthesis Technology in Ecological Biofuel. In: Ivanov V., Pavlenko I., Liaposhchenko O., Machado J., Edl M. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV*. DSMIE 2021. Switzerland : Springer International Publishing, p. 361-370. ISBN 978-3-030-77823-1
 27. Grigorieva, M.P. (2003). Isomerization of β -carotene in various foods. *Nutrition issues*. 6. 15-17.
 28. Mushtruk, M., Vasylyv, V., Slobodaniuk, N., Mukoid, R., Deviatko, O. 2020a. Improvement of the Production Technology of Liquid Biofuel from Technical Fats and Oils. In Ivanov, V., Trojanowska, J., Machado, J., Liaposhchenko, O., Zajac, J., Pavlenko, I., Edl, M., Perakovic, D. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing III*. Switzerland : Springer International Publishing, p. 377-386. ISBN 21954364-21954356.
 29. Narushin, V.G. (2004). Beta carotene from mold. *Food industry*. 6. 87.
 30. Katserikova, N.V., Korotkaya, E.V., Pozdnyakovsky, V.M. (2000). β -carotene for dairy fortification. *Dairy industry*. 3. 37-39.
 31. Polyansky, K.K., Golubeva, L.V., Dolmatova, O.O. (2001). Dynamics of β -carotene storage process in combined dairy. Voronezh State Technological Academy. Storage and processing of agricultural raw materials. 2001. 5. 36-37.
 32. Kolyanovska, L. M., Palamarchuk, I. P., Sukhenko, Y., Mussabekova, A., Bissarinov, B., Popiel, P., Mushtruk, M. M., Sukhenko, V., Vasuliev, V., Semko, T., Tyshchenko, L. 2019. Mathematical modeling of the extraction process of oil-containing raw materials with pulsed intensification of heat of mass transfer. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 25 p.
 33. Sukhenko Y., Sukhenko V., Mushtruk M., Litvinenko A. (2019) Mathematical Model of Corrosive-Mechanic Wear Materials in Technological Medium of Food Industry. In: Ivanov V. et al. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing*. DSMIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.
 34. Veselsky, S.P., Liashenko, P.S., Kostenko, C.I. et al.. (2001). A method of preparing samples of bioliquids to determine the content of substances of lipid nature. Pat-

- ent of Ukraine 99031324 MBN A 61V5/14. № 33564; declared 05.10.99; published 15.02.2001, № 1.
35. Petrovsky, V.I., Regerend, T.I., Lizenko E.I. (1986). Extraction, separation and quantification of serum lipid fractions. Laboratory work. 6. 339-341.
36. DSTU ISO 5508-2001. Animal and vegetable fats and oils. Analysis by gas chromatography of fatty acid methyl esters. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2002. 15.
37. Kokunin, V.A. (1975). Statistical processing with a small number of experiments. Ukr. biochem. Journal. 47. 6. 776-790.

L. V. Shevchenko, V. M. Mykhalska o (2021). FATTY ACID CONTENT IN BOVINE MILK UNDER THE ACTION OF β -CAROTENE. ANIMAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY, 12(2): 82-93. <https://doi.org/10.31548/animal2021.02.009>

Abstract. *One of the key issues in the production of high-quality, biologically complete milk is to provide cows with a sufficient amount of biologically active substances, including vitamin A and its precursor β -carotene. One of the ways to enrich milk with vitamin A and carotenoids is feeding cows with natural feed additives, including vitaton containing up to 10% trans- β -carotene, which can be converted into vitamin A, as well as exhibit antioxidant, immunostimulating, and anticarcinogenic effects in the body.*

*Vitaton is the biomass of fungi *Blakeslea trispora* TKST strain, a product of microbial synthesis obtained by cultivating the producer on the waste of starch and molasses production. In terms of sanitation, the biomass of the fungi *Bl. trispora* is safe for animals, since the main condition for its production is sterility, excluding any microorganisms entering the fermentation medium. Besides, after the end of fermentation, the temperature of the medium is raised to 65–70 °C in the fermenter that destroys the β -carotene producer itself.*

We conducted research on cows of the Ukrainian black and white dairy breed, which were fed with vitaton, in conditions of “Kuibysheve” ALLC of the Poltava region. The introduction of vitaton into the cows’ diet contributes to the increase of the milk fat content by an average of 0.26% and enhances the phospholipid synthesis in the mammary gland by 1.8 times. Vitaton as a biologically active additive did not affect the ratio of total saturated to unsaturated fatty acids in bovine milk but stimulated the formation and inclusion of two unsaturated fatty acids into the milk fat, namely nonadecanoic and α -linolenic, against the background of the disappearance of the arachidonic acid peak in the chromatogram. Changes in the fatty acid composition of milk fat obtained from cows fed with the vitaton as a source of β -carotene indicate the effect of β -carotene and other biologically active components contained in vitaton on milk lipid synthesis.

Keywords: *lactating cows, milk, butter, milk lipids, vitaton, fatty acids*
