

БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС И СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ИМ СЕМЯН МАСЛИЧНОЙ КУЛЬТУРЫ

© 2025 г. **О. Б. Филиппова**, доктор биологических наук, **А. И. Фролов**, кандидат сельскохозяйственных наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
392022, Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28
E-mail: filippova175@yandex.ru*

Рыжик посевной (Camelina sativa (L.) Crantz) – перспективная масличная культура для использования в животноводстве. Исследования проводили с целью определения изменений физиологического статуса коров и биохимического состава их молока под влиянием скармливания микронизированных семян рыжика. В Тамбовской области в условиях племенного репродуктора в соответствии с требованиями по подбору аналогов были сформированы 2 группы (контрольная и опытная) коров симментальской породы (живая масса 500 кг, суточный удой 18 кг) по 5 голов. Эксперимент проводили в стойловый период через 1,5...2 месяца после отела животных в возрасте 2...3 лактации. Для балансирования рациона коров опытной группы по содержанию протеина и энергии использовали семена рыжика, прошедшие предварительную термическую обработку (путем микронизации), в количестве 5 % от массы зерновой смеси. Определяли биохимические показатели крови животных и состав молока. У коров, которые потребляли семена рыжика, белково-углеводный и жировой обмен протекали более интенсивно. Концентрация глюкозы в их крови была выше на 0,26 ммоль/л, общего холестерина – на 0,64 ммоль/л, активность аланинаминотрансферазы (АЛАТ) – на 12,07 Ед/л, содержание мочевины – ниже на 1,44 ммоль/л. Массовая доля жира в молоке под влиянием скармливания семян рыжика увеличилась, по сравнению с использованием традиционного рациона, на 0,35 %. Одновременно в его составе увеличилось содержание таких особо ценных для организма ненасыщенных жирных кислот, как линолевая (до 1,3 раза) и линоленовая (до 2,7 раза).

BIOCHEMICAL STATUS AND COMPOSITION OF COW'S MILK WHEN FEEDING THEM WITH OIL SEEDS

O. B. Filippova, A. I. Frolov

*All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Oil Products in Agriculture,
392022, Tambov, per. Novo-Rubezhnyi, 28
E-mail: filippova175@yandex.ru*

False flax (Camelina sativa (L.) Crantz) is a promising oilseed crop for use in animal husbandry. The aim of the work was to determine the physiological status of cows and the biochemical composition of their milk under the influence of feeding micronized seeds of Camelina sativa. In the Tambov region, 2 groups (control and experimental) of Simmental cows (live weight 500 kg, daily milk yield 18 kg) were formed in accordance with the requirements for the selection of analogues in a breeding reproducer. The experiment was carried out in the stable period after 1.5...2 months after calving of animals aged 2...3 lactation. For balancing the ration of cows of the experimental group in terms of protein and energy content were used seeds of Camelina sativa, previously heat-treated (by micronization), in the amount of 5 % by weight of the grain mixture. Biochemical parameters of animals' blood and milk composition were studied in the experiment. In cows that consumed false flax seeds in the diet, protein-carbohydrate and fat metabolism were more intense. The concentration of glucose in their blood was higher by 0.26 mmol/l, total cholesterol – by 0.64 mmol/l, alanine aminotransferase activity (ALAT) – by 12.07 U/l, urea content – lower by 1.44 mmol/l. The mass fraction of fat in milk under the influence of feeding ginger seeds increased by 0.35 % compared to the traditional diet. At the same time, the content of such especially valuable unsaturated fatty acids as linoleic acid (up to 1.3 times) and linolenic acid (up to 2.7 times) increased in its composition.

Ключевые слова: рыжик посевной *Camelina sativa (L.) Crantz*, дойные коровы, биохимический состав крови и молока.

Keywords: false flax *Camelina sativa (L.) Crantz*, dairy cows, biochemical composition of blood and milk.

Накопленный опыт в сфере ведения молочного скотоводства свидетельствует о необходимости решать в первую очередь задачи кормозаготовки и использования высококачественных кормов. Без полноценного кормления животных невозможно реализовать их генетический потенциал продуктивности.

Согласно литературным источникам, во всем мире интенсифицировались исследования по определению потребности животных и птицы в жирных кислотах, в том числе незаменимых, для метаболизма и нормального функционирования организма [1, 2]. Все жирные кислоты служат энергетическим субстратом в процессах обмена веществ, при этом к незаменимым относится ряд различных полиненасыщенных жирных кислот. В растениях, в том числе кормовых, к их числу относятся линоленовая,

линолевая и олеиновая. Если большинство заменимых жирных кислот в процессе метаболизма может преобразовываться одна в другую и даже синтезироваться в организме заново из более простых соединений, то незаменимые должны обязательно поступать с кормами. У жвачных животных превращения ненасыщенных жирных кислот в насыщенные (главным образом в стеариновую и пальмитиновую) в основном происходят в рубце под воздействием ферментов, выделяемых рубцовой микробиотой. Далее насыщенные жирные кислоты используются организмом в качестве энергетического субстрата и при синтезе различных веществ [3].

Главный источник белка и жира в рационах сельскохозяйственных животных и птицы – зерно бобовых и масличных культур, в том числе продукты их

переработки при производстве масел [4]. Например, в практике кормления достаточно давно используют рыжиковые жмыхи и шроты, которые способствуют увеличению продуктивности и улучшают качество продукции [5]. Рыжиковый жмых по своему зоотехническому составу занимает лидирующее место среди аналогичных кормовых средств по обменной энергии и усвояемости, а по аминокислотному составу близок к льняному жмыху.

Техническая масляная культура рыжик посевной (*Camelina sativa* (L.) Crantz) относится к семейству крестоцветных (*Brassicaceae*). В его семенах содержится значительное количество масла (от 26 до 46 %), в состав которого входит большое разнообразие полиненасыщенных жирных кислот, в том числе гондоиновой, линоленовой и линолевой [6, 7]. При этом одно из характерных для растений семейства крестоцветных антипитательных соединений – эруковая кислота – находится в семенах этой культуры в небольшом количестве – порядка 1,5...3,0 %. Такое низкое ее содержание вполне отвечает требованиям, предусмотренным для пищевых растительных масел (не более 5 %) [8].

Кроме того, в семенах рыжика содержится значительное количество белковых соединений, обладающих высокой биологической ценностью. В их состав входят все известные незаменимые аминокислоты, в том числе лизин и лейцин в количествах, превосходящих содержание в других масличных и зерновых культурах [7].

Для улучшения поедаемости кормов, а также обеззараживания и устранения различных антипитательных факторов их подвергают термической обработке, например, путем микронизации [9]. Микронизация – тепловая обработка инфракрасными лучами (ИК), которая вызывает интенсивный нагрев семян до 110...150 °С и повышает внутреннее давление паров воды. В процессе такой обработки вследствие резонансного поглощения энергии излучения молекулами белков и полисахаридов в них происходят структурные и биохимические изменения, которые способствуют повышению усвояемости питательных веществ корма. Есть данные, что скармливание дойными коровам зерна, обработанного ИК-излучением, способствовало увеличению их среднесуточного надоя на 5,6...11,3 % благодаря лучшему усвоению высокоценных кормов рациона [10].

Из всего разнообразия ненасыщенных жирных кислот наибольшее физиологическое значение для организма человека и животных имеют кислоты из групп омега-3, -6 и -9. Отличительный признак рыжикового масла – высокое содержание гондоиновой (эйкозеновой) кислоты, одной из мононенасыщенных кислот из группы омега-9 [11]. В проведенных ранее исследованиях [9] было установлено, что в состав масла семян рыжика сорта Барон входит около 37 % эйкозеновой жирной кислоты. В целом на группу мононенасыщенных жирных кислот, включая олеиновую, приходится 53,8 % от суммы всех кислот. Доля полиненасыщенных жирных кислот составляет 37,2 %, наибольшая часть из которых приходится на линолевую и α-линоленовую кислоты.

В результате термической обработки содержание суммы ненасыщенных жирных кислот в семенах существенно не менялось по отношению к их содержанию в натуральных семенах [9]. При этом после микронизации количество пальмитиновой кислоты увеличилось на 0,4 %, линолевой – на 0,5 %. Содержание олеиновой и эйкозеновой кислот, напротив, уменьшилось на 0,5 %. Вероятно, нагрев повлиял на процессы трансформации, полимеризации жирных кислот и частичное испарение некоторых низкомолекулярных соединений.

Табл. 1. Состав зерносмесей, %

| Наименование | Контрольная группа (№ 1) | Опытная группа (№ 2) |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Ячмень | 70 | 65 |
| Пшеница | 20 | 20 |
| Овес | 5 | 5 |
| Горох | 5 | 5 |
| Рыжик | - | 5 |
| Содержание в 1 кг: | | |
| ЭКЕ | 1,10 | 1,12 |
| обменной энергии, МДж | 10,9 | 11,2 |
| сухого вещества, г | 874 | 876 |
| сырого протеина, г | 141 | 148 |
| переваримого протеина, г | 108 | 114,7 |
| сырого жира, г | 19,2 | 37,5 |
| сырой клетчатки, г | 55,7 | 59,4 |
| кальция, г | 0,6 | 0,8 |
| фосфора, г | 3,2 | 3,3 |

Цель исследований – изучение изменений физиологического статуса коров и биохимического состава их молока под влиянием скармливания микронизированных семян рыжика для повышения продуктивности крупного рогатого скота и улучшения качества производимой продукции.

Методика. Научно-производственный опыт проводили на дойных коровах симментальской породы (живая масса 500 кг, суточный удой 18 кг). Для его постановки на базе молочной фермы СХПК «Вирятинский» Сосновского района Тамбовской области в стойловый период через 1,5...2 месяца после отела были сформированы 2 группы коров по 5 голов (опытная и контрольная) в возрасте 2...3 лактации. Содержание животных привязное.

Скармливание коровам сравниваемых зерносмесей в составе кормовой смеси проводили в течение 35 дней. В кормосмесь также входили грубые корма (силос кукурузный, сено злаковое) и минерально-витаминные добавки (премикс, соль поваренная, источник кальция и фосфора).

Предварительно термически обработанные (путем микронизации) семена рыжика были включены в состав зерновой смеси № 2, по питательности она превосходила вариант зерносмеси № 1 (контроль) – 11,2 против 10,9 МДж/кг (табл. 1). В связи с этим количество зерносмеси в рационе опытной группы животных было уменьшено на 0,2 кг (с 7,2 до 7,0 кг). В результате обе группы коров получали полностью сбалансированные и идентичные по энергетической питательности рационы.

Для проведения микронизации семян рыжика использовали модернизированную установку УТЗ-4, состоящую из нагревательной камеры с кварцевыми галогенными лампами мощностью 1 кВт, расположенной над ленточным транспортером из жаропрочного материала. Под транспортером располагаются нагревательные тены мощностью 1 кВт. Время нахождения семян на ленте транспортера в зоне обработки – 70 с.

Контроль физиологического состояния коров осуществляли путем исследований крови, взятой из яремной вены в последний день экспериментального скармливания, проанализированной с использованием биохимического анализатора (Mindray VA-88A). Жирнокислотный состав молока коров определяли на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000» по ГОСТ 32915, качественные показатели молока – на анализаторах КЛЕВЕР-2 и СОМАТОС-мини, согласно нормативной документации (ТР ТС 033-2013, ТР ТС 021-2011, ГОСТ 31449-2013, ГОСТ Р 52054-2003). Различия между изучаемыми показателями рассматривали как статистически значимые начиная с уровня вероятности ошибки $p \leq 0,05$.

Табл. 2. Биохимические показатели крови коров

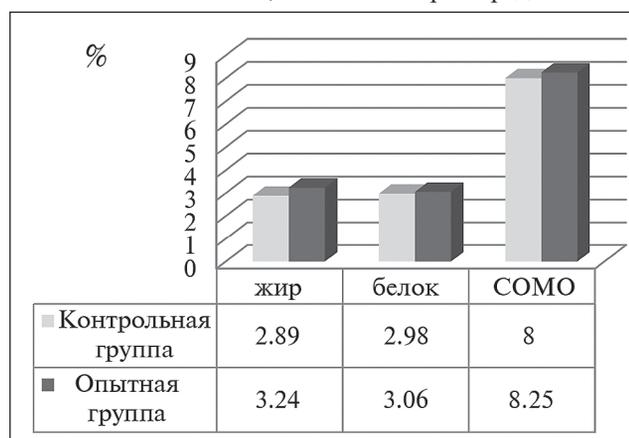
| Показатель | Референтный диапазон | Группа | |
|------------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| | | контрольная | опытная |
| Общий белок, г/л | 72...86 | 83,77 ± 1,27 | 86,73 ± 1,10 |
| Глюкоза, ммоль/л | 2,22...3,88 | 1,41 ± 0,09 | 1,67 ± 0,08* |
| Мочевина, ммоль/л | 1,65...6,5 | 3,07 ± 1,50 | 1,63 ± 0,18* |
| Билирубин общий, мкмоль/л | 0,5...10,0 | 6,77 ± 0,49 | 5,73 ± 0,40 |
| Билирубин прямой, мкмоль/л | 0,2...5,2 | 1,17 ± 0,05 | 1,07 ± 0,08 |
| Билирубин непрямой, мкмоль/л | 0,5...10,0 | 5,60 ± 0,46 | 4,67 ± 0,40 |
| Холестерин общий, ммоль/л | 1,3...6,1 | 5,29 ± 0,15 | 5,93 ± 0,10* |
| Триглицериды, ммоль/л | 0,050...0,600 | 0,557 ± 0,210 | 0,290 ± 0,008 |
| АлАТ, Ед/л | 5,0...48,0 | 34,90 ± 4,03 | 46,97 ± 0,77* |
| АсАТ, Ед/л | 28,0...154,0 | 79,13 ± 8,70 | 103,70 ± 9,31 |
| Коэффициент де Ритиса | 0,6...2,8 | 2,32 ± 0,24 | 2,21 ± 9,31 |
| ГГТ, Ед/л | 4,0...36,0 | 20,67 ± 2,72 | 19,33 ± 0,62 |
| Щелочная фосфатаза, Ед/л | 42...200 | 244,0 ± 25,5 | 252,3 ± 22,7 |

*Различия с контрольной группой достоверны при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. По данным биохимических показателей крови можно судить об интенсивности обменных процессов и, следовательно, об уровне молочной продуктивности животных. В наших исследованиях все изучаемые показатели крови у коров обеих групп находились в пределах физиологической нормы, соответствующей начальной стадии лактации – раздою. В этот период на фоне усиливающейся лактации в крови высокопродуктивных коров может снижаться уровень глюкозы и общего белка, повышаться содержание мочевины [12]. Содержание общего белка в крови коров опытной группы было выше величины аналогичного показателя в контрольной группе на 3 г/л ($p > 0,05$), или на 3,5 % (табл. 2). Об успешном усвоении питательных веществ корма свидетельствовали изменения других величин показателей белково-углеводного обмена. Так, содержание глюкозы в крови коров опытной группы было выше на 0,26 ммоль/л ($p \leq 0,05$), или на 18,4 %, а уровень мочевины, напротив, был ниже на 1,44 ммоль/л ($p \leq 0,05$), или на 47 %, по отношению к аналогичным показателям в контрольной группе животных.

Известно, что, чем выше уровень мочевины и ниже уровень глюкозы в крови новотельных коров, тем напряженнее у них протекает азотистый обмен [3, 13]. Следовательно, у коров, потреблявших семена рыжика в составе концентратов, белково-углеводный обмен складывался лучше.

Среди различных ферментов, связанных с обменом аминокислот и белков, особый интерес представляют



Качественные показатели молока коров.

аспаратаминотрансфераза (АсАТ) и аланинаминотрансфераза (АлАТ). Они играют ключевую роль в обмене веществ, объединяя белковый, углеводный, жировой обмен и цикл трикарбоновых кислот, катализируя взаимопревращение аминокислот и α -кетокислот при переносе аминогрупп. Соотношение активности трансаминаз АсАТ и АлАТ (коэффициент де Ритиса) изменяется при патологических состояниях [14]. Например, при гепатитах активность АлАТ увеличивается, а коэффициент снижается до 0,6. В нашем исследовании в крови животных обеих групп соотношение активностей ферментов находилось практически на одном уровне, что указывает на безвредность использования семян рыжика для организма коров. При этом необходимо отметить, что у животных опытной группы активность аминотрансфераз была значительно выше, чем у особей контрольной группы: АсАТ – на 24,57 Ед/л ($p > 0,05$), АлАТ – на 12,07 Ед/л ($p \leq 0,05$), что составляет 31 и 34,6 % соответственно по отношению к показателям в контроле. Такие изменения, по-видимому, связаны с увеличением количества жирных кислот в корме.

Показатели активности щелочной фосфатазы, обеспечивающей обмен фосфора в организме, и гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ), участвующей в обмене аминокислот, в обеих группах находились на одном уровне.

Физиологически нормальное содержание общего холестерина в крови крупного рогатого скота находится

Табл. 3. Жирнокислотный состав молока коров, %

| Группа жирных кислот (тривиальные названия) | Группа / период отбора молока | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | контрольная | опытная | |
| | | в конце периода скормливания | перед опытным кормлением |
| Сумма насыщенных жирных кислот (пальмитиновая, стеариновая, миристиновая, масляная, капроновая, лауриновая, каприновая, каприловая, арахидовая, бегеновая) | 67,5 ± 0,90 | 67,2 ± 0,80 | 66,0 ± 0,91 |
| Сумма мононенасыщенных жирных кислот (олеиновая, пальмитолеиновая, миристолеиновая, капролеиновая, эруковая) | 23,6 ± 0,51 | 24,2 ± 0,58 | 23,8 ± 0,39 |
| Сумма полиненасыщенных жирных кислот: | 2,7 ± 0,11 | 2,5 ± 0,05 | 3,6 ± 0,22** |
| линолевая | 2,3 ± 0,10 | 2,2 ± 0,07 | 2,8 ± 0,13* |
| линоленовая (сумма изомеров) | 0,4 ± 0,06 | 0,3 ± 0,05 | 0,8 ± 0,15* |
| Сумма других кислот, количество которых в составе молочного жира менее 0,05 % | 6,2 ± 0,17 | 6,1 ± 0,19 | 6,6 ± 0,15 |

*Различия с контрольной группой достоверны при $p \leq 0,05$;

**при $p \leq 0,01$.

в пределах 2,5...6,1 ммоль/л, триглицеридов (нейтральных жиров) – 0,22...0,60 ммоль/л [15]. Величины этих показателей напрямую зависят от состава кормов рациона, а также от уровня молочной продуктивности. В крови коров, потреблявших семена рыжика, уровень общего холестерина был выше на 0,64 ммоль/л ($p \leq 0,05$), а триглицеридов, напротив, ниже на 0,267 ммоль/л ($p > 0,05$) по отношению к соответствующим показателям в контроле. Повышение концентрации холестерина и одновременно снижение концентрации триглицеридов в крови у коров молочного типа в послеродовой период служат признаками раннего восстановления репродуктивной функции и гормонального баланса [16]. Вероятно, скормливание семян рыжика оказало поло-

жительное влияние и на липидный обмен в организме коров опытной группы.

Состояние гепатобилиарной системы у животных характеризует в том числе показатель содержания билирубина (свободного и связанного). Свободный (непрямой) билирубин – токсичный продукт распада гемоглобина, связанный (прямой) билирубин – прошедший через печень и связавшийся с глюкуроновой кислотой теряет токсичность [15]. В крови коров опытной группы свободного билирубина было меньше, чем у животных контрольной, на 0,93 мкмоль/л ($p > 0,05$), или на 16,6 %, что свидетельствует о тенденции к повышению эффективности утилизации этого метаболита.

По результатам исследования жирнокислотного состава молока коров, потреблявших семена рыжика, установлено увеличение общего количества полиненасыщенных жирных кислот на 0,9...1,1 % ($p \leq 0,01$). В частности, содержание незаменимой линолевой кислоты возросло, по сравнению с величинами этого показателя в опытной группе до начала эксперимента и контрольной группе, на 0,5...0,6 % ($p \leq 0,05$), линолевой – на 0,4...0,5 % ($p \leq 0,05$) (табл. 3). Основная роль этих кислот заключается в том, что они могут быть биохимическими предшественниками некоторых длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот (с 20 или 22 атомами углерода), необходимых для поддержания нормального функционирования клеток и синтеза ряда гормонов [17].

Организм коров в период раздоя на фоне интенсивного расхода запасных питательных веществ собственного тела для синтеза молока испытывает повышенную метаболическую нагрузку даже при потреблении качественных кормов. Физиологическое состояние животных характеризуется интенсивной мобилизацией жира для поддержания энергетического баланса в организме при усиливающейся лактации. В результате сдвигов в обмене веществ у коров, особенно старшего возраста, повышается риск метаболических нарушений [18, 19], связанных с дефицитом энергии и питательных веществ [20]. При этом для обеспечения усиленного синтеза молока расходуются липопротеиды тканей, что приводит к уменьшению живой массы новотельных коров, возникновению кетозов, гепатозов и других заболеваний [21], обуславливающих снижение молочной продуктивности, ухудшение функции воспроизводства [22].

Молоко коров обеих групп соответствовало нормативным требованиям по содержанию жира, белка, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), плотности, в нем отсутствовали признаки заболеваний вымени (маститы) – количество соматических клеток находилось в диапазоне $1,72...2,42 \times 10^5/\text{см}^3$. Использование в рационе дойных коров семян рыжика способствовало увеличению содержания в их молоке жира, по отношению к контрольной группе (см. рисунок), на 0,35 % ($p \leq 0,05$), белка – на 0,08 % ($p > 0,05$), СОМО – на 0,25 % ($p \leq 0,05$).

Полученные данные согласуются с результатами скармливания дойным коровам в качестве белково-энергетической добавки некондиционных семян подсолнечника. Отмечалось повышение концентрации жира в сборном молоке, по отношению к рациону со жмыхом подсолнечным, на 0,2 % [23].

Выводы. Добавление в рацион коров семян рыжика не вызывало каких-либо функциональных нарушений в организме и физиологического напряжения в органах пищеварения коров. У животных, потреблявших семена рыжика, белково-углеводный и жировой обмены протекали более интенсивно. Концентрация глюкозы в их крови была выше на 0,26 ммоль/л, общего холестерина

– на 0,64 ммоль/л, активность ферментов переаминирования, в частности, АЛАТ – на 12,07 Ед/л, содержание мочевины – ниже на 1,44 ммоль/л.

Таким образом, для балансирования рационов лактирующих коров возможно использование зерносмеси, включающей семена рыжика посевного, прошедшие предварительную термическую обработку, в количестве 5 %. Добавление их в рацион в качестве источника энергии и протеина обеспечило повышение массовой доли жира в молоке коров на 0,35 %. Одновременно в его составе увеличилось содержание ряда полиненасыщенных жирных кислот, ценных для организма животных и человека: линолевой – до 1,3 раза, линоленовой – до 2,7 раза.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

Образцы крови были отобраны опытными ветеринарными врачами при выполнении стандартных ветеринарных процедур согласно Решению Совета Евразийской экономической комиссии от 10 ноября 2017 года N 80, (в ред. от 14.12.2022 N 162) «Об утверждении Правил организации проведения лабораторных исследований (испытаний) при осуществлении ветеринарного контроля (надзора)» (<https://www.alt.ru/tamdoc/17sr0080/>). Порядок работы и протоколы с использованием животных были одобрены на заседании Ученого Совета ФГБНУ ВНИИТиН (протокол N 2 от 14 февраля 2024 г.) как соответствующие нормам и принципам биоэтики.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. *Effect of a whey protein and rapeseed oil gel feed supplement on milk fatty acid composition of Holstein cows* / K. E. Kliem, D. J. Humphries, A. S. Grandison, et al. // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102. No. 1. P. 288–300. doi: 10.3168/jds.2018-15247
2. *Effects of feeding unprocessed oilseeds on methane emission, nitrogen utilization efficiency and milk fatty acid profile of lactating dairy cows* / C. Muñoz, R. Sánchez, A. M. T. Peralta, et al. // *Animal Feed Science and Technology*. 2019. Vol. 249. P. 18–30. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.01.015
3. Харитонов Е. Л. *Физиология и биохимия молочного скота*. Боровск: Изд-во «Оптима Пресс», 2011. 372 с.
4. Филиппова О. Б., Кийко Е. И., Маслова Н. И. *Натуральное зерно люпина в рационах коров* // *Зоотехния*. 2016. № 12. С. 11–15.
5. Николаев С. И., Кучерова И. А., Чехранова С. В. *Использование рыжикового жмыха в кормлении телят* // *Научный журнал КубГАУ*. 2014. № 101. С. 1330–1343.
6. *Изучение закономерностей предварительной экструзионной подготовки масличных культур к процессу пресования* / Л. Н. Фролова, В. Н. Василенко, И. В. Драган и др. // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2015. № 2. С. 27–29.
7. Прахова Т. Я., Турина Е. Л., Прахов В. А. *Жирнокислотный состав озимого рыжика в зависимости от региона возделывания* // *Таврический вестник аграрной науки*. 2020. № 4 (24). С. 152–160.

8. Изменчивость хозяйственно ценных признаков масличных культур при эколого-географических испытаниях / В. А. Гаврилова, А. Г. Дубовская, Н. Г. Конькова и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2007. № 5. С. 26–41.
9. К вопросу о термической обработке семян рыжика посевного для использования в животноводстве / О. Б. Филиппова, А. Н. Машков, А. И. Фролов и др. // *Наука в центральной России*. 2023. № 4(64). С. 28–36.
10. Мишуров Н. П. Перспективная технология производства комбикормов с микронизированными зерновыми компонентами // *Техника и технологии в животноводстве*. 2014. № 1(13). С. 12–18.
11. Зеленина О. Н., Прахова Т. Я. Жирно-кислотный состав маслосемян озимого рыжика сорта Пензяк // *Масличные культуры*. 2009. № 2(141).
12. Требухов А. В. Изменения биохимических показателей крови у коров и телят при нарушении углеводного и жирового обмена // *Ветеринария*. 2021. № 5. С. 50–54.
13. Боголюбова Н. В., Романов В. Н., Багиров В. А. Метаболический профиль коров при коррекции питания в конце сухостойного периода и начале лактации // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2021. № 1. С. 47–50.
14. Диагностическое значение биохимических показателей крови при гепатопатологиях / Е. В. Кузьмина, М. П. Семенов, Е. А. Старикова и др. // *Ветеринария Кубани*. 2013. № 5. С. 11–13.
15. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / под ред. проф. И. П. Кондрахина. М.: КолосС, 2004. 520 с.
16. Репродуктивный статус и биохимические показатели крови у голштинских коров с разной молочной продуктивностью в связи с обменом липидов в послетельный период / И. Ю. Лебедева, В. Б. Лейбова, А. А. Соломахин и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 6. С. 1180–1189.
17. Гладышев М. И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека // *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*. 2012. Т. 5. № 4. С. 352–386.
18. Disturbed bovine mitochondrial lipid metabolism: a review / J. H. Han van der Kolk, J. J. Gross, V. Gerber, et al. // *Vet. Quart.* 2017. Vol. 37 (1). P. 262–273. doi: 10.1080/01652176.2017.1354561.
19. Plasma metabolite changes in dairy cows during parturition identified using untargeted metabolomics / Z. Z. Luo, L. H. Shen, J. Jiang, et al. // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102. No. 5. P. 4639–4650. doi: 10.3168/jds.2018-15601.
20. McGuffey R. K. A 100-Year Review: Metabolic modifiers in dairy cattle nutrition // *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100. No.12. P. 10113–10142. doi: 10.3168/jds.2017-12987.
21. Considering choline as methionine precursor, lipoproteins transporter, hepatic promoter and antioxidant agent in dairy cows / I. H. R. Abbasi, F. Abbasi, R. N. Soomro, et al. // *AMB Express*. 2017. Vol. 7(1). P. 214. doi: 10.1186/s13568-017-0513-z.
22. Influence of lipoproteins at dry-off on metabolism of dairy cows during transition period and on postpartum reproductive outcomes / M. Crociati, L. Sylla, C. Floridi, et al. // *Theriogenology*. 2017. Vol. 94. P. 31–36. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.02.007.
23. Филиппова О. Б., Куйко Е. И., Зазуля А. Н. Включение в рацион молочных коров некондиционных семян подсолнечника в качестве энергетической добавки // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2018. № 3. С. 26–30.

Поступила в редакцию 19.08.2024
 После доработки 01.10.2024
 Принята к публикации 14.01.2025