

**ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ ЖИРОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ ЛИЧИНОК
Hermetia illucens НА РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ И МОЛОЧНУЮ
ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ**

¹Некрасов Р.В., ¹Чабаев М.Г., ¹Боголюбова Н.В., ²Иванов Г.А.

¹ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Подольск -Дубровицы Московской обл.,
²ООО НордТехСад, Новодвинск, Российская Федерация

В связи с интенсивным развитием в мире технологий получения кормовых средств и биологически активных добавок из личинок насекомых, расширение доказательной базы применимости этих технологий компонентов для производства комбикормов представляется актуальной задачей. Цель исследований состояла в изучении эффективности использования жира из биомассы личинок (ЖЛ) *Hermetia illucens* в качестве кормовой добавки для дойных коров. В предварительном исследовании в составе ЖЛ выявлено высокое содержание насыщенных жирных кислот в том числе 59% лауриновой кислоты. Опыт проведен на 36 коровах чёрно-пестрой породы с 63 дня после отёла на протяжении 176 дней (17 – предварительный период, 90 – скармливание ЖЛ, 69 – учёт последствий). Коровы трёх групп (n=12) получали основной рацион; контрольная группа С, без добавки ЖЛ и две опытные: Е1 (n = 12) и Е2 (n = 12), получавшие ЖЛ в количестве 10 и 100 г/сут, соответственно. Скармливание ЖЛ не оказало негативного влияния на процессы рубцового пищеварения; в группах Е1 и Е2 выявлено снижение рН содержимого рубца (6,80 и 6,85 против 7,16 в контроле, P<0,05), увеличение количества инфузорий (0,27 и 0,37 против 0,18 г/100 мл) и концентрации ЛЖК в содержимом рубца в Е1 (P<0,05) и Е2 (P<0,01) (8,66 и 10,4 против 6,56 ммоль/100 мл). Среднесуточный удой молока у коров за экспериментальный аперидод был выше, чем в контроле на 5% в Е1 и на 8% в Е2. Заключение, что скармливание дойным коровам добавки ЖЛ приводит к улучшению показателей рубцового пищеварения с тенденцией повышения молочной продуктивности.

Ключевые слова: коровы, рубцовое пищеварение, жировые добавки, личинки насекомых, *Hermetia illucens*, молочная продуктивность

Проблемы биологии продуктивных животных, 2023, 2: 78-87

Введение

Как источник широкого спектра нутриентов и биологически активных веществ, биомасса насекомых представляет собой полезный кормовой ресурс для производства кормовых средств. Пищевая ценность насекомых в сочетании с высокой эффективностью конверсии пищевых продуктов и низкой потребностью в воде делает их весьма перспективным сырьём для производства продуктов животного происхождения (Эрнст и др., 2004; Sogari et al., 2019). С другой стороны, для того, чтобы реализовать потенциал этого ресурса для производства пищевых продуктов, необходимо создать инфраструктуру для получения исходного сырья, его переработки, хранения, распределения и маркетинга, а также разработать законодательную основу для их использования в качестве продовольствия. При этом ни один из этих этапов не будет успешным, если отсутствуют возможности разводить насекомых в достаточных количествах для удовлетворения потенциальных потребностей в животном белке (Cortes Ortiz et al., 2016).

Проведенные исследования выявили наличие у насекомых ряда особенностей, имеющих важное значение для технологий использования в кормах для животных: 1) в

биомассе насекомых высокое содержание белка, липидов, минеральных веществ и витаминов; 2) концентрация белка в СВ насекомых, предназначенных для кормления животных, варьирует в пределах 55-75%; 3) биомасса насекомых характеризуются более высоким коэффициентом конверсии корма, поэтому они могут стать ценным источником корма для сельскохозяйственных животных (Mauger et al., 2016).

Следует также отметить, что насекомые являются естественным компонентом рационов для плотоядных рыб, птицы и свиней (например, насекомые могут обеспечить до 70% потребности форели в белке (Bondari et al., 1987; Veldkamp et al., 2012).

В связи с интенсивным развитием в мире (в том числе и в странах BRICS) технологий получения кормовых средств и биологически активных добавок из личинок насекомых, расширение доказательной базы применимости этих технологий для производства комбикормов представляется актуальной задачей. Показана возможность промышленного разведения различных видов насекомых на органических субстратах (Nekrasov et al., 2019; Antonio et al., 2020). В последнее время в мире широко используется вид *Hermetia illucens* (Antonov et al., 2017; Barragan-Fonseca et al., 2017; Allegretti et al., 2018; Wejajaei et al., 2020). Было отмечено, что замена традиционных кормов, таких как рыбная мука, на сухие личинки насекомых не оказывает негативного влияния на биохимические показатели сыворотки крови у свиней; это свидетельствует о том, что личинки насекомых могут составлять основу ценного компонента в рационах свиней, птицы и рыб (Mauger et al., 2016).

Уникальный жирнокислотный состав липидов насекомых, а также высокое содержание в них биологически активных веществ позволяют рассматривать биомассу личинок как основу функционального питания для сельскохозяйственных животных и рыбы (Bondari et al., 1987; Liu et al., 2008). Изучение жирнокислотного состава показывает, что преимущественно (в процентном выражении) в ЖЛ преобладают насыщенные жирные кислоты: лауриновая – 47,2; пальмитиновая – 15,2; миристиновая – 10,5; стеариновая – 3,47, аналогичным спектром обладает жир пальмового ядра и кокосовый жир. Личинки *Hermetia* используются в Европе и Америке как медицинский ресурс и лекарственное средство для лечения повреждений кожи, таких как ожоги, и для оживления ран (Choi, 2014).

Целью данной работы было расширение доказательной базы применимости компонентов из личинок насекомых, в том числе исследование эффективности их использования и влияния скармливания жира личинок *Hermetia illucens*, в качестве кормовой добавки для дойных коров.

Материал и методы

Научно-производственный опыт проведен на 36 коровах чёрно-пестрой породы 2-3-ей лактации в период с 63 дня после отёла (средняя масса тела 590 ± 4 кг, упитанность $3,15 \pm 0,04$, среднесуточный удой за первые 2 месяца лактации $39,1 \pm 1,5$ кг); отобранную выборку делили на три рандомизированные группы (контроль С, опыт Е1 и Е2; $n=12$). Общая продолжительность опыта – 176 дней, в том числе предварительный период приучения к новому корму – 17 дней, скармливание липидной фракции по схеме эксперимента – 90 дней, дальнейший учёт последствий – 69 дней. С 1 по 17 день эксперимента коров опытных групп приучали к новому корму, задавали 1/2 дозы жировой добавки. Начиная с 18 дня по 107 день эксперимента добавку жира скармливали по 10 и 100 г/гол/сут., соответственно (табл. 1).

Сырьё ЖЛ было получено от ООО НордТехСад (Россия). Личинок *Hermetia illucens* выращивали на зерновой смеси. Во взрослой стадии личинки промывали в тёплой воде (70°C) в течение 10 минут, затем высушивали в сушильном шкафу конвекторного типа. Для получения ЖЛ высушенные личинки подвергали холодному механическому прессованию (Маслячок ПШУ-4, Россия) с последующим отстаиванием и розливом в бутылки. Для исследования использовалась верхняя лёгкая жировая фракция без примесей.

Таблица 1. Схема кормления коров

Группы	n	Рационы кормления
Контроль С	12	ОР
Опыт Е1	12	ОР + 10 г/гол/сут. ЖЛ
Опыт Е2	12	ОР + 100 г/гол/сут. ЖЛ

Животные контрольной и опытных групп были размещены в одном помещении, где им были созданы одинаковые условия кормления и содержания. Основной рацион (ОР) по показателям энергетической и питательной ценности соответствовал требованиям питательности для животных в период раздоя (удой 32-36 кг) (Nekrasov et al., 2018; Чернышев, Панин, 2012) (табл. 2).

Таблица 2. Рационы кормления коров

Состав рациона, кг	Группы		
	С	Е1	Е2
Сено злаково-разнотравное	1,0	1,0	1,0
Сенаж многолетних злаковых	13,0	13,0	13,0
Силос кукурузный	15,0	15,0	15,0
Дробина пивная свежая	4,0	4,0	4,0
Комбикорм для дойных коров	14,0	14,0	14,0
БВМД	0,5	0,5	0,5
ЖЛ <i>Hermetia illucens</i>	-	0,01	0,10
В рационе содержится:			
ЭКЕ	26,8	26,9	27,2
Обменная энергия, МДж	268,2	268,5	272,0
Сухое вещество, кг	24,0	24,0	24,1
КОЭ, МДж/кг	11,18	11,19	11,29
Сырой протеин, г	3891	3891	3891
РП, г	2738	2738	2738
НРП, г	1121	1121	1121
Переваримый протеин, г	2925	2925	2925
Сырая клетчатка, г	4449	4449	4449
Крахмал, г	5353	5353	5353
Сахар, г	1197	1197	1197
Сырой жир, г	938,7	948,7	1039
Кальций, г	165,3	165,3	165,3
Фосфор, г	123,9	123,9	123,9
Магний, г	102,9	102,9	102,9
Калий, г	280,1	280,1	280,1
Сера, г	252,5	252,5	252,5
Железо, мг	2404	2404	2404
Медь, мг	150,0	150,0	150,0
Цинк, мг	1922,1	1922,1	1922,1
Кобальт, мг	36,14	36,14	36,14
Марганец, мг	2836	2836	2836
Йод, мг	42,9	42,9	42,9
Каротин, мг	742,9	742,9	742,9
Витамин А, тыс. МЕ	263,3	263,3	263,3
Витамин D, тыс. МЕ	68,0	68,0	68,0
Витамин Е, мг	1660	1660	1660
Соль поваренная, г	150,0	150,0	150,0

По завершении опытного периода скармливания был произведен отбор проб рубцового содержимого у животных с помощью пищеводного зонда (n=3), и в пробах, взятых через 3 ч после кормления, определяли параметры рубцовой ферментации: рН, общее количество ЛЖК методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама; аммиачный азот – микродиффузным методом по Конвею; амилолитическая активность – фотометрическим методом; окислительно-

восстановительный потенциал (ОВП) на приборе ОВМетр; окисленность по (Крылова, Лясковская, 1968).

На протяжении опыта регистрировались показатели молочной продуктивности и качества молока: среднесуточный удой – по результатам контрольных доек; содержание жира, белка – на инфраспектрометрическом анализаторе (в отделе популяционной генетики и генетических основ разведения животных ВИЖ) CombiFoss 7 DCC (FOSS, Дания). На основе полученных результатов были рассчитаны средние значения для каждого показателя по группе животных в начале опыта и в последующие контрольные дойки.

Результаты и обсуждение

Предварительное изучение жирнокислотного состава выявило высокое содержание в ЖЛ насыщенных жирных кислот (%): лауриновая кислота – 58,9; миристиновая – 11,1; пальмитиновая – 12,7, стеариновая – 1,2%, из ненасыщенных: пальмитолеиновая – 2,2; олеиновая – 7,4 и линолевая – 3,5%. Известно, что лауриновая кислота ($C_{12}H_{24}O_2$) преобразуется в организме животного в монолаурин, являющийся противовирусным, антибактериальным и антипротозойным моноглицеридом. Известно, что наиболее часто встречающиеся *Sallmonella*, *E. coli* и другие грамотрицательные патогенные бактерии могут нейтрализовываться путём использования препаратов на основе альфа-монолаурина (Гончаров, 2020). Пальмитолеиновая кислота активирует в жировой ткани образование адипоцитокина (сигнальная молекула – низкомолекулярный антиген-неспецифический пептид, обладающий паракринным и аутокринным действием), который усиливает действие инсулина и подавляет стеатогепатит (жировую дистрофию печени) у животных (Cruz et al., 2020). Содержание пальмитолеиновой кислоты в сыворотке крови в составе эфиров холестерина влияет на синтез ЖК из углеводов в печени. Содержание пальмитолеиновой кислоты, как продукта эндогенного синтеза в печени, коррелирует с индексами ожирения у животных и концентрацией инсулина в крови

Полиненасыщенные жирные кислоты, содержащиеся в личинках мухи, могут составлять до 3% от общего количества жира. В наших исследованиях ПНЖК представлены докозагексаеновой (0,42%;) и линоленовой (0,45%). Увеличенное содержание n-3 жирных кислот, способствует повышению питательной ценности продукта. Присутствуют также из классов n-6 линолевая – 6,13% и из n-9 олеиновая кислота – 10,7%. Линолевая кислота не может синтезироваться в организме животных и должна поступать с кормом.

Ранее в большом исследовании была изучена новая ЖК (гександиоиковая), входящая в состав жира из личинок *Hermetia illucens*, проявляющая антибактериальную активность против различных патогенных бактерий, включая устойчивый к метициллину *Staphylococcus aureus* (MRSA) (Choi, 2014). Антибактериальную активность гександиоиковой кислоты определяли с использованием различных показателей антимикробной активности; при этом были выявлены ингибирующие эффекты в отношении роста и пролиферации патогенных бактерий *Staphylococcus aureus*, *MRSA*, *Klebsiella pneumonia* и *Shigella dysenteriae*.

В табл. 3 представлены показатели рубцового метаболизма у коров через 2 месяца от начала эксперимента. В результате скармливания добавки жира из личинок *Hermetia illucens* произошло снижение pH рубцового содержимого ($P < 0,05$ в обеих группах против контроля). У здоровых коров диапазон pH рубца находится в пределах 6,0-7,3 (по другим данным – 6,5-7,0). У коров опытных групп не выявлено негативного влияния ЖЛ на переваривание кормов; наоборот, наблюдалось его улучшение. Так, при росте числа простейших (на 0,09-0,19 г/100 мл), (роль которых в рубце сводится к разрыхлению и разрыву клетчатки корма, что делает его более доступным для бактериальных ферментов), происходил рост концентрации ЛЖК в рубце животных опытных групп E1 и E2 на 2,1 ($P < 0,05$) и 3,81 ммоль/100 мл ($P < 0,01$) соответственно.

Таблица 3. Показатели рубцового метаболизма подопытных животных
($M \pm m$, $n=3$)

Показатели	Группы		
	С	Е1	Е2
рН	7,16±0,06	6,80±0,07*	6,85±0,09*
ЛЖК, ммоль/100 мл	6,56±0,29	8,66±0,46*	10,4±0,42**
Аммиак, мг/100 мл	16,1±0,1	11,7±3,5	11,7±1,16*
Амилолитическая активность, Ед/мл	13,3±0,5	16,5±0,6*	15,3±1,4
Микроорганизмы, всего, г/100 мл	0,61±0,10	0,66±0,03	0,80±0,17
инфузории	0,18±0,03	0,27±0,03	0,37±0,09
бактерии	0,43±0,07	0,39±0,01	0,43±0,08

Примечания: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ по t - критерию при сравнении с контролем

Как известно, инфузории поглощают зёрна крахмала, растворимые сахара, предохраняя их от сбраживания и бактериального расщепления, обеспечивают синтез белков и фосфолипидов. Используя для своей жизнедеятельности азот растительного происхождения, инфузории синтезируют собственные белки; продвигаясь вместе с содержимым по пищеварительному тракту, они перевариваются, и животные получают более полноценный белок микробиального происхождения. Биологическая ценность белка бактерий составляет 65%, а белка простейших – 70% (Георгиевский, 1990).

В рубце коров клетчатка расщепляется микроорганизмами до летучих жирных кислот (ЛЖК): уксусной, пропионовой и масляной. При сбалансированном рационе концентрация ЛЖК в рубце крупного рогатого скота колеблется от 6 до 14 мг/100 мл, т.е. течение ферментативных процессов у животных двух опытных групп было более благоприятным, при том, что амилолитическая активность у них также повысилась на 3,11 ($P < 0,05$) и 1,94 Ед/мл, соответственно.

В рубце жвачных на 1 мл содержимого рубца приходится до 100 млрд. микроорганизмов (10^9 - 10^{11} бактерий, 10^5 - 10^6 простейших и 10^5 грибов). Между разными видами микроорганизмов существует симбиотическая связь: активное развитие одних видов может стимулировать или тормозить размножение других. Нарушение баланса данного биоценоза влечёт за собой негативные последствия. В данном исследовании установлено общее положительное влияние на микробиоценоз рубца при скармливании липидной фракции личинок насекомых в дозе 10 г/сут. (увеличение общей микробной массы на 0,05 г/100 мл, при этом более выраженный позитивный результат был продемонстрирован в группе Е2, при скармливании ЖЛ в дозе 100 г/сут. (увеличение общей микробной массы на 0,19 г/100 мл).

Под действием протеолитических ферментов микроорганизмов растительные белки корма расщепляются в рубце до пептидов, аминокислот, а затем до аммиака. В опытных группах отмечено снижение образования аммиака ($P < 0,05$ в группе Е2), что свидетельствует о том, что липидная фракция способствовала более эффективному использованию азота кормов. Это могло быть обусловлено улучшением переваримости протеина бактериями рубца, а также тем, что он частично мог при скармливании жировой добавки проходить далее в кишечник. Установленное количество аммиака в рубце свидетельствует о лучшем усвоении белка, но при этом в молоке коров опытных групп количество мочевины было выше нормы и выше контроля, что требует дополнительного изучения.

При анализе данных по составу и качеству молока не установлено существенных межгрупповых различий по содержанию жира, белка, лактозы; при этом молоко от коров опытных групп характеризовалось более высоким содержанием сухого вещества (табл. 4).

Таблица 4. Показатели состава и качества молока в среднем за период опыта

Показатели	Группы		
	Контроль	Е1	Е2
Содержание в молоке жира, %	3,66±0,11	3,72±0,11	3,71±0,10
Содержание в молоке белка, %	3,47±0,04	3,43±0,06	3,38±0,04
Лактоза, %	4,67±0,10	4,73±0,03	4,81±0,03
СОМО, %	8,95±0,13	8,95±0,07	8,98±0,05
Сухое вещество, %	12,45±0,23	12,98±0,22 ⁺	12,64±0,13
Казеин, %	2,72±0,04	2,71±0,05	2,67±0,03
Ацетон, мМ	0,06±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01 ⁺
β-гидроксibuтират, мМ	0,05±0,01	0,04±0,01	0,04±0,01
Мочевина, мг/100 мл	39,9±1,3	42,93±1,17	43,0±1,0
Точка замерзания	534±1	532±2	535±0,8
Кислотность, рН	6,56±0,03	6,60±0,02	6,60±0,01
Жирные кислоты, г/100 мл, в т.ч.			
миристиновая кислота	0,36±0,01	0,40±0,02	0,37±0,01
пальмитиновая кислота	0,97±0,04	1,11±0,06	0,98±0,03
стеариновая кислота	0,32±0,02	0,36±0,03	0,33±0,01
олеиновая кислота	0,99±0,04	1,14±0,06	1,07±0,04
длинноцепочечные (LCFA)	1,18±0,06	1,35±0,09	1,28±0,05
среднецепочечные (MCFA)	1,49±0,05	1,69±0,08	1,52±0,05
короткоцепочечные (SCFA)	0,45±0,02	0,55±0,03	0,50±0,02
насыщенные (SFA)	2,44±0,10	2,81±0,14	2,52±0,08
мононенасыщенные (MUFA)	0,95±0,04	1,09±0,06	1,00±0,03
полиненасыщенные (PUFA)	0,12±0,005	0,13±0,01	0,12±0,005
трансизомеры (TFA)	0,08±0,005	0,08±0,01	0,07±0,01
Соматические клетки, тыс./см ³	324±70	364±66	323±65

Следует отметить повышенные уровни мочевины в молоке у коров всех подопытных групп. Согласно ГОСТ Р 52054-2003 (Молоко коровье сырое. Технические условия), этот показатель не должен превышать 40 мг/дл. Считается, что при среднем уровне белка в молоке (3,2-3,6%) оптимальное содержание мочевины составляет 15-30 мг/дл. В нашем эксперименте оно составило 39,9-43,0 мг/дл при 3,38-3,47% содержания белка. Данный факт может свидетельствовать о небольшом избытке у коров расщепляемого в рубце протеина.

Одним из основных критериев, позволяющих оценить сбалансированность и полноценность кормления, а также воздействие на лактирующих коров биологически активного компонента, является оценка продуктивных качеств животных, а также качества молока (табл. 5).

Таблица 5. Молочная продуктивность животных и затраты кормов в период опыта (M±m, n=12)

Показатели	Группы		
	С	Е1	Е2
Дни эксперимента (без предвар. периода)	159	159	159
Среднесуточный удой т, кг	30,7±1,0	31,6±0,9	33,0±0,8
% к контролю	100,0	103,0	107,26
Валовой удой за период, кг	4887	5032	5241
% жира	3,66±0,11	3,72±0,11	3,71±0,10
Валовой удой 3,4%-го молока, кг	5261	5506	5719
Среднесуточный удой 3,4%-го молока, кг	33,1	34,6	36,0
% к контролю	100,00	104,5	108,8

В начале основного периода опыта среднесуточный удой у коров контрольной и опытных групп был практически на одном уровне и составлял в среднем 35-36 кг. Три месяца

коровы всех групп удерживали продуктивность на высоком уровне, но контрольные животные имели меньший среднесуточный удой. Наибольший эффект от скармливания жира проявился в группе E2 после 2-х недельного скармливания,

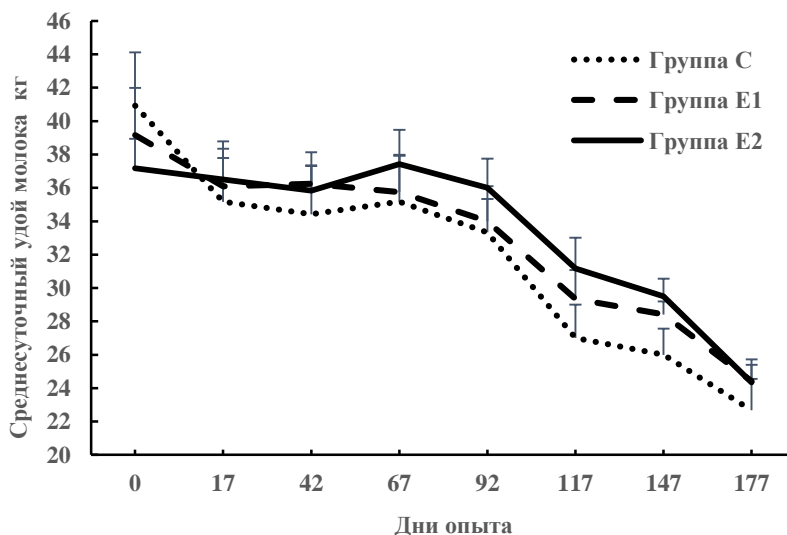


Рис. 1. Динамика молочной продуктивности подопытных коров (0-17 – предварительный период опыта, 17-117 – основной период эксперимента, 117-177 – период изучения последствий)

Снижение молочной продуктивности при проведении второго этапа эксперимента обусловлено естественной динамикой лактационной деятельности, а также уровнем кормления во вторую фазу лактации; при этом сохранялась положительная разница между животными опытных и контрольной групп. В целом, можно констатировать положительное влияние обогащения рационов кормления жиром из личинок *Hermetia illucens* на молочную продуктивность коров.

Заключение

Исследования эффективности кормовых добавок из биомассы насекомых актуальны в связи с растущим дефицитом кормов для продуктивных животных. Результаты проведенного исследования показали, что скармливание дойным коровам добавки жира из биомассы личинок (ЖЛ) *Hermetia illucens* в период от 80 дней после отёла в течение 90 дней оказывает положительное влияние на показатели рубцового пищеварения и молочную продуктивность коров. Среднесуточный удой молока натуральной жирности у коров за экспериментальный период в двух опытных группах, получавших добавку жировую в дозе 10 и 100 г/сут, был на 5% и 8% выше, чем в контрольной группе. Полученные данные обосновывают целесообразность использования ЖЛ в качестве замены традиционных энергетических кормовых компонентов и пальмового масла в рационах для жвачных животных. Для обоснования использования кормовых добавок ЖЛ в больших количествах необходимо провести дополнительные исследования, в том числе по технологии защиты ЖЛ в рубце.

Список литературы

1. Антонов А.М., Лутоиновас Е., Иванов Г.А., Пастухова Н.О. Адаптация и перспективы разведения мухи черная львинка (*Hermetia Illucens*) в циркумполярном регионе. // Принципы экологии. 2017. № 3. С. 4-19. DOI: 10.15393/j1.art.2017.6302

2. Георгиевский В.И. Физиология сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1990. 511 с.
3. Гончаров А. Альфа-моноглицериды эффективно разрушают патогенную микрофлору. // Комбикорма. 2020. № 1. С. 113-114.
4. Некрасов Р.В., Головин А.В., Махаев Е.А. и др. (Ред.). Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах. М.: ВИЖ, 2018. 290 с.
5. Чернышев Н.И., Панин И.Г. Компоненты комбикормов. Воронеж, 2012. 154 с.
6. Эрнст Л.К., Злочевский Ф.И., Фомичев Ю.П. и др. Энтомологическая переработка органических отходов свиноводства и птицеводства и использование её продуктов в сельском хозяйстве. Дубровицы: ВИЖ. 2004. 136 с.
7. Allegratti G., Talamini E., Schmidt V., Bogorni P.C., Ortega E. Insect as feed: An emery assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. // J. Clean. Prod. 2018. Vol. 171. P. 403-412. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.09.244.
8. Antonio M., Pereir, R.T., Olive, A.B.S. et al. Cafeteria-type feeding of chickens indicates a preference for insect (*tenebrio molitor*) larvae meal. // Animals. 2020. Vol 10. nr 4. P. 627 Страницы указаны как в первоисточнике, DOI: 10.3390/ani10040627
9. Barragan-Fonseca K.B., Dicke M., Loon J.J.A. Van. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed: a review. // J. Ins. Food Feed. 2017. Vol 3. nr 2. P. 105-120. DOI: 10.3920/JIFF2016.0055.
10. Bejaei M., Cheng K.M. The effect of including full-fat dried black soldier fly larvae in laying hen diet on egg quality and sensory characteristics. // J. Ins. Food Feed. 2020. Vol 6. nr 3. P. 305-314. DOI: 10.3920/JIFF2019.0045.
11. Bondari K., Sheppard D.C. Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (*Rafinesque*), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). // *Aquac. Fish. Manag.* 1987. Vol 18. P. 209-220. DOI: 10.1111/j.1365-2109.1987.tb00141.x
12. Choi W.H. Evaluation of antibacterial activity of hexanedioic acid isolated from *Hermetia illucens* larvae. // J. Appl. Biomed. 2014. Vol. 12. nr 3. P. 179-189. DOI: 10.1016/j.jab.2014.01.003
13. Cortes Ortiz J.A., Ruiz A.T., Morales-Ramos J.A. et al. Insect mass production technologies. // In book: *Insects as Sustainable Food Ingredients*. London: Academic Press, 2016. P. 153-201. DOI: 10.1016/B978-0-12-802856-8.00006-5
14. Cruz M.M., Simão J.J., Sá R.D.C. et al. Palmitoleic acid decreases non-alcoholic hepatic steatosis and increases lipogenesis and fatty acid oxidation in adipose tissue from obese mice. // *Front. Endocr.* 2020. Vol. 11. P. 537061. DOI: 10.3389/fendo.2020.537061
15. Faciola A.P., Broderick G.A. Effects of feeding lauric acid or coconut oil on ruminal protozoa numbers, fermentation pattern, digestion, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. // *J. Dairy Sci.* 2014. Vol. 97. P. 5088-5100. DOI: 10.3168/jds.2013-7653
16. Gasco L., Dabbou S., Trocino A. et al. Effect of dietary supplementation with insect fats on growth performance, digestive efficiency and health of rabbits. // *J. Anim. Sci. Biotech.* 2019. Vol. 10. P. 4. DOI: 10.1186/s40104-018-0309-2
17. Heuel M., Kreuzer M., Sandrock C. et al. Transfer of lauric and myristic acid from black soldier fly larval lipids to egg yolk lipids of hens is low. // *Lipids.* 2021. Vol. 56. P. 423-435. DOI: 10.1002/lipd.12304
18. Jucker C., Erba D., Leonardi M.G., Lupi D., Savoldelli S. Assessment of vegetable and fruit substrates as potential rearing media for *Hermetia illucens* (Diptera: *Stratiomyidae*) larvae // *Environ Entomol* 2017, Vol nr 46, 1415–1423. DOI: 10.1093/ee/nvx154
19. Li S., Ji H., Zhang B., Tian J., Zho, J., Yu H. Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). // *Aquaculture.* 2016, Vol. 465. P. 43-52. DOI: 10.1016/J.AQUACULTURE.2016.08.020
20. Liu Q., Tomberlin J.K., Brady J.A., Sanford M.R., Yu Z. Black Soldier Fly (Diptera: *Stratiomyidae*) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. // *Envir. Entom.* 2008. Vol. 37. nr. 6. P. 1525-1530. DOI: 10.1603/0046-225X-37.6.1525.
21. Maurer, V., Holinger, M., Amsler, Z., Früh, B., Wohlfahrt, J., Stamer, A., Leiber, F. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. // *J. Ins. Food Feed.* 2016. Vol. 2. nr 2. P. 83-90. DOI: 10.3920/JIFF2015.0071

22. Nekrasov R.V., Pravdin I.V., Kravtsova L.Z., Bastrakov A.I., Pashkova L.A., Ushakova N.A. Biochemical characteristics of *Hermetia illucens*: a base for prospective use of larval biomass in young pig food. // *J. Nat. Sci. Sust. Techn.* 2015. Vol 9. nr 2. P. 407-416.
23. Sogari G., Amato M., Biasato I., Chiesa S., Gasco L. The potential role of insects as feed: a multi-perspective review // *Animals (Basel)*. 2019. Vol. 9. nr 4. P. 119. DOI: 10.3390/ani9040119.
24. Sypniewski J., Kierończyk B., Benzertiha A. et al, Replacement of soybean oil by *Hermetia illucens* fat in turkey nutrition: effect on performance, digestibility, microbial community, immune and physiological status and final product quality. // *Brit. Poult. Sci.* 2020. Vol. 1. P. 1-9. DOI: 10.1080/00071668.2020.1716302
25. Veldkamp T., Van Duinkerken G., Van Huis A., Lakemond C.M.M., Ottevanger E., Bosch G., Van Boekel T. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: a feasibility study. // Wageningen UR Livestock Research Partner in livestock innovations. 2012. Report 638.

References (for publications in Russian)

1. Antonov A.M., Lutovinovas E., Ivanov G.A. et al. [Adaptation and breeding prospects of the black lion fly (*Hermetia illucens*) in the circumpolar region]. *Principy ekologii* (Principles of ecology). 2017. 3: 4–19. DOI: 10.15393/j1.art.2017.6302
2. Chernyshev N.I., Panin I.G. *Komponenty kombikormov* (Components of compound feeds). Voronezh,; 2012. 154 p.
3. Ernst L.K., Zlochevskii F.I., Fomichev Yu.P. et al. *Entomologicheskaya pererabotka organicheskikh otkhodov svinovodstva i pitsevodstva i ispol'zovanie ee produktov v sel'skom khozyaistve*. (Entomological processing of organic pig and poultry waste and the use of its products in agriculture). Dubrovitsy: VIZh Publ., 2004. 136 p.
4. Georgievskii V.I. *Fiziologiya sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh* (Physiology of farm animals). Moscow: Agropromizdat Publ., 1990. 511 p.
5. Goncharov A. [Alpha-monoglycerides effectively destroy pathogenic microflora]. *Kombikorma* (Compound feed). 2020. 1: 113-114.
6. Nekrasov R.V., Golovin A.V., Makhaev E.A. et al. *Normy potrebnostej molochnogo skota i svinej v pitatel'nyh veshchestvah* (Norms of nutrient requirements of dairy cattle and pigs). Podol'sk-Dubrovitsy, VIZh, 2018. 290 p.

a

UDC 636.2.034.087.7:612.322

**Effects of feeding a fat supplement from larvae
Hermetia illucens on rumen digestion and milk productivity
in dairy cows**

¹Nekrasov R.V., ¹Chabaev M.G., ¹Bogolyubova N.V., ²Ivanov G.A.

¹Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Podolsk -Dubrovitsy,
Moscow oblast, ²NordTechSad, Novodvinsk, Russian Federation

ABSTRACT. In connection with the intensive development in the world of technologies for obtaining feed products and biologically active additives from insect larvae, expanding the evidence base for the applicability of these component technologies for the production of compound feed seems to be an urgent task. The aim of the research was to study the effectiveness of using fat from the larvae biomass (FL) of *Hermetia illucens* as a feed additive for dairy cows. In a preliminary study, the analysis of FL composition revealed a high content of saturated fatty acids, including 59% lauric acid. The experiment was carried out on 36 Black-and-White cows from 63 days after calving for 176 days (17, preliminary period, feeding FL, 90, accounting for the aftereffect, 69 days). Cows of three groups (n = 12) were fed the main diet, control group C without additive FL and two experimental groups E1 (n = 12) and E2 (n = 12) were fed FL at amount of 10 and 100 g/day, respectively. Feeding FL did not have a negative impact on the processes of rumen digestion; in groups E1 and E2, a decrease in the pH of the rumen content (6.80 and 6.85 versus 7.16 in the control (P<0.05) was revealed, an increase in the number of ciliates (0.27 and 0.37 versus 0.18 g/100 ml) and the concentration of VFAs in the rumen content in E1 (P<0.05) and E2 (P<0.01) (8.66 and 10.4 vs. 6.56 mmol/100 ml). The average daily milk yield of natural fat milk in cows for the experimental period was higher than in the control by 5% in E1 and by 8% in E2. Concluded that feeding dairy cows with FL supplements leads to an improvement in ruminal digestion with tendency to increasing milk production.

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh (Productive Animal Biology), 2023, 2: 78-87.

Keywords: cows, rumen digestion, fat supplements, insect larvae, *Hermetia illucens*, milk productivity

Поступило в редакцию: 22.01.2023

Получено после доработки: 12.04.2023

Сведения об авторах:

Некрасов Роман Владимирович, д.с.-х.н., проф. РАН, зав. отд., тел. (4967)651277; nek_roman@mail.ru

Чабаев Магомед Газиевич, д.с.-х.н., проф., г.н.с.; тел. (4967)651290; chabaev.m.g-1@mail.ru

Боголюбова Надежда Владимировна, д.б.н., в.н.с., зав. отд., тел. (4967)6511169; 652202@mail.ru

Иванов Геннадий Анатольевич, mipnts@mail.ru