


ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ (*Gallus gallus L.*)*В.Г. ВЕРТИПРАХОВ  [✉], И.А. ЕГОРОВ, Е.Н. АНДРИАНОВА, А.А. ГРОЗИНА

Для обеспечения высокой продуктивности бройлеров необходимы полнорационные комбикорма, сбалансированные по всем лимитирующим питательным веществам. Жиры — один из важных незаменимых компонентов питания животных, энергетический и пластический материал, источник эссенциальных полиненасыщенных кислот, жирорастворимых витаминов и других биологически активных соединений. Физиологическая роль жиров в питании обусловлена их многофункциональностью. В состав растительных масел (в отличие от животных жиров) входит богатый набор полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), биологическое значение которых определяется их ролью структурных компонентов клеточных мембран. Известно, что жирнокислотный состав индивидуальных растительных масел не отвечает соотношению насыщенных, ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, необходимому для полного обеспечения физиологических потребностей животных и человека. Оптимизация рецептов растительных масел с целью улучшения их физиологических свойств широко обсуждается в связи с вопросами питания человека, но этот аспект не всегда учитывается при создании рационов птицы. Нами впервые получены результаты, которые указывают на корреляцию между активностью пищеварительных ферментов в кишечнике и крови птицы. Целью работы была оценка связи между продуктивностью, переваримостью корма, биохимическими показателями крови растущих цыплят-бройлеров и липидным компонентом их рациона. Опыты проводили в виварии СГЦ «Загорское» ФНЦ ВНИТИП РАН (Московская обл., 2019 год) на четырех группах цыплят-бройлеров (*Gallus gallus L.*) кросса Смена 8 с 1- до 35-суточного возраста. В базовый корм добавляли нерафинированные масла: подсолнечное (контроль), соевое, льняное и рапсовое (до 21-суточного возраста в количестве 3,1 %, с 22- до 35-суточного возраста — 6,0 % от массы корма). Учитывали основные зоотехнические показатели: живую массу птицы в возрасте 1, 7, 14, 21, 28 и 35 сут (индивидуальное взвешивание всего поголовья), сохранность, среднесуточный прирост живой массы, потребление и затраты корма на 1 кг прироста живой массы. В возрасте 30-35 сут выполняли физиологические опыты по определению переваримости и утилизации питательных веществ из комбикормов. Определяли биохимические показатели крови и активность пищеварительных ферментов в ткани поджелудочной железы. Полученные результаты показали, что рапсовое масло в составе комбикорма способствует достоверному ($p < 0,05$) увеличению живой массы цыплят-бройлеров относительно контроля (в 14-, 21- и 28-суточном возрасте соответственно на 1,97; 10,51 и 2,85 %). К концу выращивания бройлеры, получавшие рапсовое масло, имели преимущество по средней живой массе, которая была на 7,31 % выше, чем в контроле, при улучшении конверсии корма на 6,49 %. Рапсовое масло также улучшает показатели переваримости протеина (повышение на 2,74 %) и жира корма (на 3,08 %), что физиологически обусловило более интенсивный рост цыплят-бройлеров из этой группы по сравнению с контрольной птицей. Таким образом, растительные масла в рационе птицы влияют на липидный профиль крови, изменяют активность пищеварительных ферментов и щелочной фосфатазы в крови, что служит доказательством модуляции обменных процессов при замене липидного компонента в корме. Эффект растительных масел видоспецифичен и обусловлен их жирнокислотным составом.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, подсолнечное масло, соевое масло, рапсовое масло, льняное масло, биохимические показатели крови.

Для обеспечения высокой продуктивности бройлеров необходимы полнорационные комбикорма, сбалансированные по всем лимитирующим питательным веществам. В кормлении птицы жиры — один из важных незаменимых нутриентов, энергетический и пластический материал, источник эссенциальных полиненасыщенных кислот, жирорастворимых витаминов и других биологически активных соединений (1). Физиологическая роль жиров в питании обусловлена их разнообразными функциями в организме (2,

* Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ для реализации научного проекта № 16-16-04089-П «Изучение физиологических и микробиологических особенностей пищеварения кур мясных пород в эмбриональный и постэмбриональный периоды для создания новых технологий кормления, обеспечивающих максимально полную реализацию генетического потенциала птицы».

3). Растительные масла в отличие от животных жиров содержат богатый набор полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), биологическая функция которых определяется их ролью структурных элементов биомембран клеток. ПНЖК вовлечены в регуляцию обмена веществ в клетках, нормализацию кровяного давления, агрегацию тромбоцитов (4). Они влияют на обмен холестерина, стимулируя его окисление и выделение из организма; оказывают нормализующее действие на стенки кровеносных сосудов; участвуют в обмене витаминов группы В; стимулируют защитные механизмы организма, повышая устойчивость к инфекционным заболеваниям (4). Из ПНЖК синтезируются клеточные гормоны простагландины (4). К биологически активным компонентам растительных масел, обеспечивающим нормальный липидный обмен, в первую очередь относятся линолевая (ω -6) и линоленовая (ω -3) ПНЖК (5). Эти жирные кислоты не синтезируются в организме животных и человека, то есть относятся к незаменимым (или эссенциальным) и должны обязательно поступать с пищей (6).

Известно, что у растительных масел жирнокислотный состав не отвечает соотношению насыщенных, ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, позволяющему полностью обеспечивать физиологические потребности животных и человека. Установлено, что рапсовое масло оказывает благоприятное действие на работу сердца у животных и человека (7). Рапсовое масло (в сравнении с другими маслами, различающимися по составу ненасыщенных жирных кислот) благотворно влияло на содержание холестерина ЛПВП (липопротеины высокой плотности), триглицеридов и на кровяное давление (8). У овец активность трипсина и липазы в составе желчно-панкреатического секрета повышалась при добавлении к рациону рапсового и льняного масла, что свидетельствует об их положительном влиянии на процессы пищеварения у жвачных животных (9). При изучении эффекта разных растительных масел (пальмового, рапсового, подсолнечного и льняного) на взрослых крысах были получены данные о том, что состав жирных кислот может влиять на скорость переваривания корма, а затем на липидный профиль сыворотки (10). Это еще раз подтвердило, что липидный состав способен модулировать состояние пищеварения и всасывания в условиях желудочно-кишечного тракта.

Вопросы оптимизации рецептов растительных масел (в том числе с применением добавок или на основе сочетания разных видов масла) с целью улучшения их физиологических свойств широко обсуждаются для обеспечения питания человека, но при разработке рационов для кормления птицы этот фактор обычно не учитывается. Знание механизма действия разных растительных масел на метаболизм и продуктивность цыплят-бройлеров необходимо для совершенствования рационов для более полной реализации генетического потенциала продуктивности птицы. Ранее сравнительная оценка комбикормов для бройлеров с использованием нерафинированного подсолнечного, соевого, льняного и рапсового масел не проводилась.

В своем исследовании мы впервые выявили влияние растительных масел в составе комбикормов для цыплят-бройлеров на липидный профиль крови, активность пищеварительных ферментов и щелочной фосфатазы в крови.

Целью работы была оценка воздействия разных липидных компонентов рациона на продуктивность, биохимические показатели крови цыплят-бройлеров и переваримость корма.

Методика. Опыты проводили в виварии (СГЦ «Загорское» ФНЦ ВНИТИП РАН, Московская обл., 2019 год) на четырех группах цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) кросса Смена 8 с 1- до 35-суточного возраста.

Группы ($n = 38$ в каждой) формировали методом аналогов, в каждой группе цыплята получали основной рацион (ОР — комбикорм, сбалансированный по питательности по нормам Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства — ВНИТИП), дополненный пищевыми нерафинированными маслами — подсолнечным, соевым, льняным и рапсовым маслом соответственно в группах I (контроль), II, III и IV. Питательность рационов для бройлеров по периодам выращивания на протяжении учетного периода соответствовала нормам ФНЦ ВНИТИП РАН («Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы». Сергиев Посад, 2014) с учетом фактической питательности сырья, которая определялась в Испытательном центре ФНЦ ВНИТИП РАН по общепринятым методикам.

Питательность комбикормов, нормы посадки, световой, температурный и влажностный режим, фронт кормления и поения на протяжении всего опыта соответствовали рекомендациям ФНЦ ВНИТИП РАН («Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы». Сергиев Посад, 2014). Бройлеры содержались в клетках без разделения по полу с соблюдением нормативов по плотности посадки, фронту кормления и поения, продолжительности и интенсивности освещения. Птицу кормили вволю сухими комбикормами, корма раздавали вручную.

В период опыта учитывали основные зоотехнические показатели: живую массу птицы в возрасте 7, 14, 21, 28 и 35 сут (индивидуальное взвешивание), сохранность поголовья, среднесуточный прирост живой массы, потребление и затраты корма на 1 кг прироста живой массы («Методическое руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы». Сергиев Посад, 2015). Физиологические опыты по определению переваримости и использованию питательных веществ из комбикормов проводили на птице в возрасте 30-35 сут.

Кровь получали из подкрыльцовой вены до кормления. В пробирки добавляли свежеприготовленный раствор цитрата натрия, кровь центрифугировали при 5000 об/мин в течение 3 мин. Биохимический анализ крови выполняли на проточном полуавтоматическом анализаторе Sinnowa BS-3000P («SINNOWA Medical Science & Technology Co., Ltd», Китай) с использованием биохимических наборов («ДИАКОН-ВЕТ», Россия). Плазму крови исследовали на активность липазы на приборе Chem well 2900 (Т) («Awareness Technology», США) с необходимым набором реагентов («Human GmbH», Германия). Активность трипсина оценивали на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Sinnowa BS-3000P (11).

Активность ферментов в гомогенате поджелудочной железы выполняли следующими методами: амилазы — по Smith-Roe в модификации для определения высокой активности фермента (12), протеаз — по гидролизу казеина, очищенного по Гаммерстену, при фотометрическом контроле на КФК-3 («Загорский оптико-механический завод», Россия) (длина волны 450 нм) (12), липазы — на полуавтоматическом биохимическом анализаторе SINNOWA BS-3000P с набором ветеринарных диагностических реагентов для определения активности липазы в крови животных компании «ДИАКОН-ВЕТ» (Россия).

Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики. Результаты в таблицах представлены в виде $M \pm SEM$, где M — среднее арифметическое, $\pm SEM$ — ошибка средней арифметической. Достоверность различий оценивали по t -критерию Стьюдента при $p < 0,05$.

Результаты. Рецепты экспериментальных комбикормов для бройлеров приведены в таблице 1.

1. Состав и питательность экспериментальных комбикормов для цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) кросса Смена 8 разного возраста (виварий СГЦ «Загорское» ФНЦ ВНИТИП РАН, Московская обл., 2019 год)

Ингредиент, %, показатель	Возраст птицы 1-21 сут				Возраст птицы 22-35 сут			
	группа				группа			
	I (к)	II	III	IV	I (к)	II	III	IV
С о с т а в к о м б и к о р м о в								
Пшеница	20,85	20,85	20,85	20,85	19,97	19,97	19,97	19,97
Кукуруза	35,50	35,50	35,50	35,50	36,20	36,20	36,20	36,20
Шрот соевый	26,00	26,00	26,00	26,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Шрот подсолнечный	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Мука рыбная	6,50	6,50	6,50	6,50	4,00	4,00	4,00	4,00
Масло подсолнечное	3,10	0	0	0	6,00	0	0	0
Масло соевое	0	3,10	0	0	0	6,00	0	0
Масло льняное	0	0	3,10	0	0	0	6,00	0
Масло рапсовое	0	0	0	3,10	0	0	0	6,00
Монохлоргидрат лизина	0,18	0,18	0,18	0,18	0,22	0,22	0,22	0,22
DL-метионин	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23
Соль поваренная	0,22	0,22	0,22	0,22	0,27	0,27	0,27	0,27
Монокальцийфосфат	0,30	0,30	0,30	0,30	0,60	0,60	0,60	0,60
Известняковая мука	0,90	0,90	0,90	0,9	1,30	1,30	1,30	1,30
Премикс	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
П и т а т е л ь н о с т ь к о м б и к о р м о в								
Обменная энергия:								
ккал/100 г комбикорма	304	305	304	304	320	320	319	319
МДж/кг	12,74	12,78	12,74	12,74	13,41	13,41	13,37	13,37
Сырой протеин	22,65	22,65	22,65	22,65	20,74	20,74	20,74	20,74
Сырой жир	5,80	5,81	5,80	5,80	8,49	8,50	8,49	8,48
Линолевая кислота	2,91	2,62	0,59	0,93	4,60	4,05	0,91	1,38
Сырая клетчатка	4,30	4,30	4,30	4,30	4,21	4,21	4,21	4,21
Лизин (общий)	1,36	1,36	1,36	1,36	1,25	1,25	1,25	1,25
Лизин (усвояемый)	1,19	1,19	1,19	1,19	1,09	1,09	1,09	1,09
Метионин (общий)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,58	0,58	0,58	0,58
Метионин (усвояемый)	0,58	0,58	0,58	0,58	0,53	0,53	0,53	0,53
Метионин + цистин (общий)	0,98	0,98	0,98	0,98	0,90	0,90	0,90	0,90
Метионин + цистин (усвояемый)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,84	0,84	0,84	0,84
Треонин (общий)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,76	0,76	0,76	0,76
Треонин (усвояемый)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,64	0,64	0,64	0,64
Триптофан (общий)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25
Триптофан (усвояемый)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,21	0,21	0,21	0,21
Кальций	0,82	0,82	0,82	0,82	0,90	0,90	0,90	0,90
Фосфор (общий)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63
Фосфор (усвояемый)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Натрий	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17
Хлор	0,25	0,25	0,25	0,25	0,27	0,27	0,27	0,27

П р и м е ч а н и е. I группа — контроль (к), подсолнечное, II — соевое, III — льняное, IV — рапсовое масло в рационе.

Жирнокислотный состав и качественные показатели использованных нерафинированных растительных масел представлены в таблице 2. Анализ состава использованных растительных масел показал сравнительно низкое содержание насыщенных жирных кислот, в частности пальмитиновой и стеариновой (см. табл. 2). На долю этих двух кислот в среднем приходится от 2,95 % в рапсовом масле до 14,84 % в соевом.

Следует отметить большие различия по содержанию полиненасыщенных линолевой, линоленовой кислот и мононенасыщенной олеиновой кислоты. В соевом и подсолнечном масле содержание линолевой кислоты составило соответственно 51,53 и 57,58 %, в льняном и рапсовом — 11,69 и 17,60 %. Высокое содержание линоленовой кислоты было характерно для льняного масла, олеиновой — для рапсового. По количеству полиненасыщенной незаменимой линоленовой кислоты льняное масло превосходило соевое, подсолнечное и рапсовое соответственно на 49,78; 54,04 и 47,72 %. Рапсовое масло по содержанию линолевой кислоты уступало соевому и подсолнечному (показатели ниже на 33,93 % и 39,98 %), но превосходило льняное (содержание выше на 5,91 %). Испытанная партия рапсового масла

практически не содержала эруковой кислоты (0,23 %).

2. Основные жирные кислоты и качественные показатели растительных масел, использованных в экспериментальных комбикормах для цыплят-бройлеров (*Gallus gallus L.*) кросса Смена 8 (виварий СГЦ «Загорское» ФНЦ ВНИТИП РАН, 2019 год)

Жирная кислота, %, показатель	Растительное масло			
	подсолнечное	соевое	льняное	рапсовое
Насыщенные кислоты	13,25	15,50	12,28	4,58
в том числе:				
миристиновая	0,08	0,14	—	0,17
пентадекановая	0,31	0,40	0,27	0,34
пальмитиновая	8,62	10,80	5,81	2,04
стеариновая	4,14	4,04	6,10	0,91
арахиновая	0,10	0,12	0,10	1,12
Мононенасыщенные кислоты	26,69	26,56	21,40	66,32
в том числе:				
миристолеиновая	—	—	—	0,20
пальмитолеиновая	—	—	—	0,40
олеиновая	26,69	26,56	21,40	65,72
эруковая	—	—	—	0,23
Полиненасыщенные кислоты	59,60	57,94	66,32	24,84
в том числе:				
линолевая	57,58	51,53	11,69	17,60
линоленовая	0,28	4,54	54,32	6,60
эйкозодиеновая	0,40	0,25	0,20	0,10
арахидоновая	1,34	1,62	0,11	0,54
Соотношение ненасыщенных и насыщенных кислот	6,51	5,45	7,14	19,90
Соотношение пальмитиновой и олеиновой кислот	0,32	0,41	0,27	0,03
Кислотное число, мг КОН/г	12,44	17,25	6,07	5,31
Перекисное число J, %	0,17	0,22	0,15	0,14
Сумма токоферолов, мкг/г	750	627	620	1200

Примечание. Исследования выполнены по ГОСТ 30418 «Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава» в Испытательном лабораторном центре ВНИИПП (Ржавки, Московская обл.). Указана величина пиков кислоты как процент от суммарной площади пиков всех жирных кислот. Прочерки означают отсутствие соответствующей жирной кислоты.

Самое большое превышение количества ненасыщенных жирных кислот над насыщенными отмечали в рапсовом масле — 19,90:1 против соотношений ниже 8:1 в соевом, подсолнечном и льняном (см. табл. 2). При этом именно в рапсовом масле пропорция между пальмитиновой и олеиновой кислотами была наименьшей — 0,03:1. Кроме того, в рапсовом масле кислотное и перекисное число было наименьшим. По сумме токоферолов рапсовое масло также превосходило соевое, подсолнечное и льняное (на 91,4; 60,0 и 93,5%).

Таким образом, рапсовое масло отличалось от остальных растительных масел, используемых в опыте, низким содержанием полиненасыщенных и насыщенных кислот, высоким — мононенасыщенных кислот. Установлено, что положительный эффект от применения рапсового масла в рационе проявляется в увеличении содержания ненасыщенных жирных кислот в мясе бройлеров (13). Этот жирнокислотный состав рапсового масла, по-видимому, оказал влияние на продуктивные показатели цыплят-бройлеров (табл. 3).

Результаты изучения эффективности применения подсолнечного, соевого, льняного и рапсового масел в рационах бройлеров (см. табл. 3) подтвердили, что качество экспериментальных комбикормов с разными источниками пищевых растительных масел обеспечило благоприятный зоотехнический фон и, как следствие, высокую продуктивность и сохранность цыплят в течение всего учетного периода. Среднесуточный прирост живой массы 35-суточных бройлеров находился в пределах 60,85–65,38 г при затратах корма на 1 кг прироста живой массы 1,658–1,773 кг.

3. Продуктивность цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) кросса Смена 8, получавших экспериментальные комбикорма с разными растительными маслами ($M \pm SEM$, виварий СГЦ «Загорское» ФНЦ ВНИТИП РАН, Московская обл., 2019 год)

Показатель	Группа (в каждой $n = 35$)			
	I (к)	II	III	IV
Сохранность поголовья, %	100	100	100	97,14
Живая масса в разном возрасте, г				
1 сут	42,0 \pm 2,44	42,0 \pm 1,77	42,0 \pm 2,01	42,0 \pm 1,99
5 сут	110,5 \pm 0,80	110,7 \pm 0,80	111,1 \pm 0,70	111,0 \pm 0,80
7 сут	167,9 \pm 1,63	166,2 \pm 2,27	169,5 \pm 1,42	169,5 \pm 1,54
14 сут	443,2 \pm 5,070	434,4 \pm 5,37	444,9 \pm 4,82	451,9 \pm 4,62
21 сут	813,7 \pm 24,94	842,5 \pm 10,70	854,9 \pm 12,23	899,2 \pm 10,68*
28 сут	1467,8 \pm 20,26	1453,5 \pm 17,52	1458,8 \pm 19,63	1509,6 \pm 22,44
35 сут	2106,9 \pm 34,02	2169,6 \pm 32,48	2191,4 \pm 34,08	2235,5 \pm 38,78*
Средняя живая масса на 35-е сут (разница с контролем)	2110,79	2180,33 (+3,29 %)	2222,56 (+5,3 %)	2265,06 (+7,31 %)
в том числе				
у петушков	2247,47 \pm 36,40	2305,19 \pm 37,10*	2378,50 \pm 31,66	2432,36 \pm 46,67*
у курочек	1974,11 \pm 34,48	2055,47 \pm 33,50	2066,67 \pm 30,18	2097,75 \pm 31,18*
Затраты корма:				
на 1 голову, кг	3,663	3,669	3,623	3,636
на 1 кг прироста живой массы, кг	1,773	1,724	1,686	1,658
разница с контролем		-2,76 %	-4,91 %	-6,49 %
Среднесуточный прирост живой массы, г	60,85	62,89	64,13	65,38

Примечание. I группа — контроль (к), подсолнечное, II — соевое, III — льняное, IV — рапсовое масло в рационе. Описание рационов приведено в таблице 1.

* Различия с контролем статистически значимы при $p < 0,05$.

Как известно, при изготовлении комбикормов преимущественно используют подсолнечное масло (14, 15). Комбикорм с подсолнечным маслом в наших исследованиях получали цыплята контрольной группы. В кормопроизводстве распространена практика применения соевого масла. Соевое масло превосходит подсолнечное по содержанию обменной энергии, служит хорошим источником витамина Е, каротиноидов, но содержит меньшее количество линолевой кислоты. Сравнивая продуктивность цыплят I (контрольной) и II групп, необходимо отметить, что в начальный период выращивания цыплята из II группы по живой массе незначительно уступали контрольным (на 2,6 и 0,97 % соответственно в 14- и 28-суточном возрасте) (различия недостоверны). К концу выращивания средняя живая масса цыплят во II группе была выше контроля на 3,39 %, причем петушки по живой массе достоверно превосходили аналогов из контрольной группы (на 2,57 %, $p < 0,05$). Установлено, что затраты корма на 1 кг прироста живой массы у цыплят из II группы снизились на 2,76 % в сравнении с контролем. Полученный результат подтверждает оправданность широкого применения в кормопроизводстве соевого масла, так как оно позволяет обеспечить высокую продуктивность птицы.

В отличие от соевого и подсолнечного масла использование льняного и рапсового в кормопроизводстве ограничено. Связано это не только меньшим объемом их промышленного производства, но и с возможным наличием антипитательных факторов. В нашем исследовании высокую скорость роста цыплят, получавших льняное и рапсовое масло в составе комбикормов, мы объясняем тем фактом, что в опытах использовались свежизготовленные пищевые масла высокого качества.

Как видно из таблицы 3, включение в состав комбикормов цыплят из III группы 3,1 % льняного масла обеспечило увеличение живой массы особей в сравнении с контролем на 0,37 и 5,07 % в 14- и 21-суточном возрасте. Повышение дозировки льняного масла до 6,0 % с 22-суточного возраста не сказалось отрицательно на скорости роста цыплят: до 28-суточного

возраста прирост живой массы у них не отличался от контрольного, а к концу откорма был выше контроля на 5,3 % при снижении затрат корма на 4,91 % в расчете на 1 кг прироста живой массы.

Рапсовое масло (IV группа) способствовало достоверному ($p < 0,05$) увеличению этого показателя в 14-, 21- и 28-суточном возрасте на 1,97; 10,51 и 2,85 %. К концу выращивания проявилось заметное преимущество бройлеров из IV группы по средней живой массе по сравнению с контролем (превышение на 7,31 %) при улучшении конверсии корма (на 6,49 %).

Данные по переваримости питательных веществ по группам представлены в таблице 4.

4. Переваримость экспериментальных комбикормов с разными растительными маслами и использование основных питательных веществ цыплятами-бройлерами (*Gallus gallus* L.) кросса Смена 8 ($M \pm SEM$, виварий СГЦ «Загорское» ФНЦ ВНИТИП РАН, Московская обл., 2019 год)

Показатель, %	Группа (в каждой $n = 35$)			
	I (к)	II	III	IV
Переваримость				
сухого вещества	71,4±0,34	71,5±0,30	72,6±0,32	72,6±0,34
протеина	90,4±0,42	90,6±0,40	92,7±0,37*	93,1±0,30*
жира	80,8±0,37	82,4±0,30*	83,5±0,32*	83,9±0,34*
клетчатки	28,5±0,27	29,4±0,22	28,6±0,25	28,8±0,27
Использование				
азота	60,8±0,44	61,3±0,42	61,6±0,47	62,6±0,41
кальция	48,7±0,39	49,1±0,35	48,8±0,37	49,6±0,31
фосфора	33,5±0,22	33,3±0,24	33,6±0,20	33,8±0,22
Доступность				
лизина	91,8±0,28	91,5±0,47	92,1±0,70	94,2±0,45*
метионина	93,9±0,20	91,1±0,49*	92,8±0,65	94,8±0,41

Примечание. I группа — контроль (к), подсолнечное, II — соевое, III — льняное, IV — рапсовое масло в рационе. Описание рационов приведено в таблице 1.

* Различия с контролем статистически значимы при $p < 0,05$.

Полученные результаты свидетельствуют, что при добавлении соевого масла к корму переваримость жира повышается на 1,58 % ($p < 0,05$), но доступность метионина снижается на 2,8 % ($p < 0,05$), если сравнивать с подсолнечным маслом. Использование льняного масла вместо подсолнечного увеличивало переваримость протеина корма на 2,4 % ($p < 0,05$), жира — на 2,7 % ($p < 0,05$). Замена подсолнечного масла на рапсовое повышала переваримость протеина на 2,7 % ($p < 0,05$), жира — на 3,1 % ($p < 0,05$), а доступность лизина в корме увеличивалась на 2,4 % ($p < 0,05$).

5. Биохимические показатели крови у 35-суточных цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) кросса Смена 8, получавших экспериментальные комбикорма с разными растительными маслами ($n = 5$, $M \pm SEM$, виварий СГЦ «Загорское» ФНЦ ВНИТИП РАН, Московская обл., 2019 год)

Показатель	Группа			
	I (к)	II	III	IV
Активность трипсина, ед/л	99±6,0	76±5,9*	72±4,1*	98±4,7
Активность липазы, ед/л	7,4±0,13	8,5±0,31*	10,1±0,72*	8,7±0,23*
Триглицериды, ммоль/л	1,1±0,01	0,9±0,02*	1,0±0,01*	0,8±0,02*
Холестерин, ммоль/л	2,6±0,11	2,6±0,18	2,3±0,09*	2,7±0,03
Общий белок, г/л	30,0±0,9	32±0,5	31±0,9	33±0,2*
Щелочная фосфатаза, ед/л	2448±163,0	3265±502,0	2541±135,1	3309±248,1*
Фосфатазно-протеазный индекс	24	43	35	34

Примечание. I группа — контроль (к), подсолнечное, II — соевое, III — льняное, IV — рапсовое масло в рационе. Описание рационов приведено в таблице 1.

* Различия с контролем статистически значимы при $p < 0,05$.

Биохимические исследования (табл. 5) выявили неодинаковое влияние изученных растительных масел, различающихся по химическому составу, на показатели крови у цыплят. По активности трипсина бройлеры, получавшие добавку соевого и льняного масла, отставали от контрольных

соответственно на 23,2 и 27,3 % ($p < 0,05$), прирост активности липазы при замене подсолнечного масла по II-IV группам составил соответственно 14,9; 17,6 и 36,5 % ($p < 0,05$), при этом количество триглицеридов в крови снижалось в случае соевого масла на 18,2 % ($p < 0,05$), льняного — на 27,3 % ($p < 0,05$), рапсового — на 9,1 % ($p < 0,05$). Льняное масло снижало уровень холестерина в крови на 11,5 % по сравнению с контролем ($p < 0,05$), рапсовое — повышало активность щелочной фосфатазы на 35,2 % ($p < 0,05$) и количество общего белка на 10,0 % ($p < 0,05$). Фосфатазно-протеазный индекс (соотношение активности щелочной фосфатазы и трипсина) был оптимальным при добавлении в корм подсолнечного масла и последовательно увеличивался для рапсового, льняного и соевого масла, что указывает на напряженный метаболизм в печени.

6. Активность панкреатических ферментов в гомогенате поджелудочной железы цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) кросса Смена 8, получавших экспериментальные комбикорма с разными растительными маслами ($n = 3$, $M \pm SEM$, в вариации СГЦ «Загорское» ФНЦ ВНИТИП РАН, 2019 год)

Показатель	Группа			
	I (к)	II	III	IV
Масса поджелудочной железы, г	4,7±0,17	5,0±0,15	4,7±0,14	4,8±0,16
Амилаза, мг/(г·мин)	17600±150,0	16667±311,1*	17467±366,5	17533±283,4
Липаза, мкмоль/(л·мин)	107940±4305,0	97116±7341,1	122740±5675,3	117584±8614,1
Протеазы, мг/(г·мин)	669±23,1	628±36,5	616±18,3	628±40,2

Примечание. I группа — контроль (к), подсолнечное, II — соевое, III — льняное, IV — рапсовое масло в рационе. Описание рационов приведено в таблице 1.
* Различия с контролем статистически значимы при $p < 0,05$.

Изучение активности ферментов в ткани поджелудочной железы (табл. 6) не подтвердило достоверность различий между группами из-за небольшого размера выборки, но выявило стойкую тенденцию к увеличению активности липазы у бройлеров, получавших в рационе льняное и рапсовое масло. Во II группе отмечалось снижение ферментативной активности по сравнению с контрольными бройлерами, что может быть связано с гипертрофией поджелудочной железы при использовании соевого масла, содержащего ингибиторы трипсина. На это указывает масса поджелудочной железы (выше контрольного показателя на 6,4 %, $p > 0,05$).

Таким образом, биохимические показатели крови цыплят-бройлеров отражают состояние метаболизма при добавлении в корм разных растительных масел. Наиболее критичны значения при использовании льняного и соевого масла. В этом случае у цыплят-бройлеров повышается фосфатазно-протеазный индекс. Причина низкой эффективности метаболизации жирных кислот при использовании льняного масла, по имеющимся сообщениям (16), заключается в избытке линоленовой кислоты, который отличает это масло от остальных масел в нашем опыте. Имеются данные о том, что льняное масло практически не вызывает изменений жировой ткани, но способствует накоплению α -линоленовой кислоты в печени и крови бройлеров (17). Известно (18), что линолевая кислота, главным образом поступающая из растительных источников, используется различными видами кишечных микробов для получения конъюгированной линолевой кислоты (CLA), которая обладает противовоспалительными, антиадипогенными, антидиабетогенными и антиканцерогенными свойствами. По вопросу о соотношении в маслах жирных кислот ω -6: ω -3 в научной литературе нет единого мнения. Так, считается, что для здорового человека оптимальное соотношение в маслах ω -6 к ω -3 жирных кислот — 10:1 или 11:1 (19). По результатам нашего опыта на птице, в подсолнечном масле соотношение ω -6 и ω -3 жирных кислот 193:1, в соевом — 11:1, в льняном — 5:1 и в рапсовом — 3:1.

Пропорции, в которых эти ненасыщенные кислоты поступают в организм с пищей, существенно влияют на синтезируемые далее длинноцепочечные и более ненасыщенные метаболиты жирных кислот, что при некоторых условиях может вызывать нежелательное нарушение обменных процессов (20). Известно, что добавление в рацион бройлеров смеси соевого и льняного масел положительным образом сказывается на содержании ω -6 и ω -3 жирных кислот в мышечных волокнах, улучшая пищевую ценность мяса и благоприятно влияя на здоровье человека (21). Смесь пальмового и подсолнечного масла увеличивает выход тушки бройлеров и снижает содержание жира в мышцах и брюшной полости (22). Отмечено положительное влияние сочетания растительных масел на качество животноводческой продукции. Так, при добавлении в рацион бройлеров 3 % смеси растительных масел (кукурузное, пальмовое, льняное, арахисовое и соевое) отмечали увеличение содержания глюкозы, альбумина, ω -6 и ω -3 жирных кислот в сыворотке крови, а также усиление окраски мышечной ткани по сравнению с вариантом, когда использовалось только соевое масло (23). При этом возраст мясной птицы не влиял на усвоение жирных кислот из рациона (24).

Рапсовое масло богато олеиновой кислотой, содержание которой превышает 50 % (25). Есть данные о том, что добавление к корму арахисовой муки с высоким содержанием олеиновой кислоты (10-12 %) положительно сказывается на вкусовых качествах мяса бройлеров и снижает стоимость корма (26).

Наши данные согласуются с результатами исследований влияния растительных масел на продуктивность и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров. В частности, выявлены различные корреляции между составом жирных кислот корма и липидными профилями сыворотки крови (авторами приведены значения *r*-Пирсона) (22). Установлено (27), что препараты желчи могут влиять на липидный профиль крови. Это позволяет предположить, что состав жирных кислот может влиять сначала на скорость переваривания корма, а затем на липидные профили сыворотки крови. Следовательно, липидный состав рациона может модулировать состояние пищеварения и всасывания в желудочно-кишечном канале. Полученные другими авторами данные дают представление о наличии связей между липидным составом растительных масел и их функциональными различиями (10, 23, 28, 29). Однако именно в наших исследованиях было впервые установлено, что активность липазы крови при изменении липидного компонента в корме изменяется одновременно с активностью фермента в панкреатическом соке (30).

Известно, что добавление 3 % рапсового масла в рацион бройлеров способствует увеличению содержания эйкозапентаеновой кислоты (ЭПК) и докозагексаеновой кислоты (ДГК) в фосфолипидах сердца, что оказывает кардиопротективный и антиаритмический эффект на сердечную мышцу у животных и человека (7, 26). При идентичной питательности рационов рапсовое масло значительно снижает отложение липидов в печени, а соевое — увеличивает количество жира в брюшной полости (31).

Установлено, что преобладающие в масле жирные кислоты коррелируют с показателями мяса у кур (32), также высказано предположение, что размер жировых отложений может быть изменен в зависимости от жирнокислотного профиля корма. В частности, сравнение рационов с добавлением говяжьего жира, оливкового, подсолнечного и льняного масла показало, что при использовании добавок, богатых полиненасыщенными жирными кислотами, жировые отложения у бройлеров меньше, чем при обогащении рациона насыщенными или мононенасыщенными жирными кисло-

тами (33). На других видах сельскохозяйственных животных, в частности на овцах, показано, что масло в качестве пищевой добавки может изменять секрецию желчи и панкреатического сока и ферментативную активность поджелудочной железы, а также влиять на качество мяса (9).

Таким образом, следует отметить сравнительно низкое содержание насыщенных жирных кислот (в частности, пальмитиновой и стеариновой) в изученных нами растительных маслах. Имеются большие различия по количеству линолевой, линоленовой и олеиновой жирных кислот: высокое содержание линоленовой кислоты характерно для льняного, олеиновой — для рапсового масла. Также неодинаково соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот: наибольшее — в рапсовом масле (20,8:1), наименьшее — в соевом (5,4:1). Установлено, что соевое, льняное и рапсовое масло в сравнении с подсолнечным способствует повышению живой массы цыплят на 3,29; 5,3 и 7,31 % при улучшении конверсии корма на 2,76; 4,91 и 6,49 % за счет усиления обменных процессов, улучшения переваримости и использования питательных веществ корма.

Итак, наши эксперименты подтверждают, что эффективность растительных масел зависит от их жирнокислотного состава и способности пищеварительных ферментов четко адаптироваться к индивидуальным липидным компонентам рациона. Это позволяет нам сделать следующие выводы. Комбикорма с включением рапсового масла, содержащего 0,23 % эруковой кислоты, способствуют увеличению живой массы цыплят-бройлеров в 14-, 21-, 28-суточном возрасте соответственно на 1,97; 10,51 и 2,85 %. К концу выращивания преимущество по сравнению с контролем по средней живой массе у бройлеров из группы, получавшей рапсовое масло, составляет 7,31 % при улучшении конверсии корма на 6,49 %. Рапсовое масло способствует высокой переваримости протеина и жира корма (увеличение показателей соответственно на 2,74 и 3,08 %) при лучшем усвоении лизина, что стало физиологической основой интенсивного роста цыплят-бройлеров этой группы по сравнению с контролем. Выявлено влияние растительных масел, добавляемых в рационы птицы, на липидный профиль крови, активность пищеварительных ферментов и щелочной фосфатазы в крови, что служит доказательством модуляции обменных процессов при замене липидного компонента корма. Наблюдаемые изменения специфичны для вида масла и определяются его жирнокислотным составом.

*ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский
и технологический институт птицеводства РАН,
141311 Россия, Московская обл., г. Сергиев Посад,
ул. Птицеградская, 10,
e-mail: Vertiprakhov63@mail.ru ✉, olga@vnitip.ru, andrianova@vnitip.ru,
Alena_fisinina@mail.ru*

*Поступила в редакцию
24 сентября 2020 года*

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2020, V. 55, № 6, pp. 1159-1170

THE PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF THE SUPPLEMENTATION OF DIETS FOR BROILERS (*Gallus gallus* L.) WITH DIFFERENT VEGETABLE OILS

V.G. Vertiprakhov ✉, I.A. Egorov, E.N. Andrianova, A.A. Grozina

Federal Scientific Center All-Russian Research and Technological Poultry Institute RAS, 10, ul. Ptitsegradskaya, Sergiev Posad, Moscow Province, 141311 Russia, e-mail Vertiprakhov63@mail.ru (✉ corresponding author), olga@vnitip.ru, andrianova@vnitip.ru, Alena_fisinina@mail.ru

ORCID:

Vertiprakhov V.G. orcid.org/0000-0002-3240-7636

Andrianova E.N. orcid.org/0000-0002-6769-6351

Egorov I.A. orcid.org/0000-0001-9122-9553

Grozina A.A. orcid.org/0000-0001-9654-7710

The authors declare no conflict of interests

Abstract

The full-diet compound feeds with balanced contents of all limiting macro- and micronutrients are the essential key to the high productive performance in broilers (*Gallus gallus* L.). Fats are indispensable ingredients of animal diets necessary for energy supply and body structure, the source of essential polyunsaturated fatty acids (PUFAs), fat-soluble vitamins, and other bioactive compounds. This multi-functionality determines the physiological role of fats in nutrition. Vegetable oils (unlike animal one) contain a wide range of PUFAs playing an important biological role as a structural component of cell membranes. It is known that fatty acid profiles of individual vegetable oils do not fit the proportion of saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids necessary for full support of the physiological requirements in human and animals. The optimization of the mixtures of different vegetable oils aimed at the improvement of fatty acid nutrition in human is at presented widely discussed; however, this aspect is often missed in the formulation of diets for poultry. In a previous study we presented the pioneer data on the correlation between the activities of the digestive enzymes in the intestine and blood in poultry was obtained. The aim of the study presented was the investigation of the effects of dietary lipid profile on the productive performance, digestibility of dietary nutrients, and biochemical blood indices in broilers. The trial was performed in 2019 in conditions of a vivarium on four treatments of broilers (cross Smena 8, 38 birds per treatment) from 1 to 35 days of age. The basal diets common for all treatments were supplemented with four different vegetable oils: sunflower oil (SFO, control treatment), soybean oil (SBO), flaxseed oil (FSO), and rapeseed oil (RSO) in doses 3.1 % of total diet from 1 to 21 days of age and 6.0 % from 22 to 35 days of age. The indices of the productive performance were recorded (live bodyweight weekly by individual weighing, mortality, average daily weight gains, feed consumption, feed conversion ratio FCR). At 30-35 days of age the balance trial was performed to determine the digestibility and retention rates of dietary nutrients; the biochemical blood indices and the activities of the digestive enzymes in pancreatic tissue were determined. The results evidenced that RSO significantly ($p < 0.05$) increased average live bodyweight at 14, 21, and 28 days of age in compare to control by 1.97; 10.51 and 2.85%, respectively; at 35 days of age this difference was 7.31 % while FCR was lower by 6.49 % in compare to control. RSO improved the digestibility of crude protein by 2.74 % and crude fat by 3.08 %; these improvements resulted in more intense growth in compare to control. It was found that dietary vegetable oils affected lipid profile and the activities of the digestive enzymes and alkaline phosphatase in blood serum thus indicating the modulation of lipid metabolism; the effects were specific and related to the fatty acid profiles of the oils.

Keywords: broiler chicks, sunflower oil, soybean oil, rapeseed oil, flaxseed oil, biochemical blood indices.

REFERENCES

1. Subbotina M.A. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv: sbornik nauchnykh rabot* [Technique and technology of food production: collection of research papers]. Kemerovo, 2009, v. 4: 54-57 (in Russ.).
2. Rogov I.A., Antipova L.V., Dunchenko N.I. *Khimiya pishchi* [The chemistry of food]. Moscow, 2007 (in Russ.).
3. Bukin Yu.V. *Nezamenimye zhirnye kisloty: prirodnye istochniki, metabolizm, fiziologicheskie funktsii i znachenie dlya zdorov'ya* [Essential fatty acids: natural sources, metabolism, physiological functions, and health benefits]. Moscow, 1999 (in Russ.).
4. Lobanov V.G., Shcherbin V.V. *Izvestiya vuzov. Pishhevaya tekhnologiya*, 2003, 4: 21-23 (in Russ.).
5. Skoryukin A.N., Nechaev A.N., Kochetkova A.A., Baryshev A.G. *Maslozhirovaya promyshlennost'*, 2002, 2: 26-27 (in Russ.).
6. Titov V.N. *Voprosy pitaniya*, 1999, 3: 34-41 (in Russ.).
7. Gregory M.K., Geier M.S., Gibson R.A., James M.J. Effect of dietary canola oil on long-chain omega-3 fatty acid content in broiler hearts. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2014, 98(2): 235-238 (doi: 10.1111/jpn.12072).
8. Jones P., Senanayake V.K., Pu S., Jenkins D., Connelly P.W., Lamarche B., Couture P., Charrest A., Baril-Gravel L., West S.G. DHA-enriched high-oleic acid canola oil improves lipid profile and lowers predicted cardiovascular disease risk in the canola oil multicenter randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2014, 100(1): 88-97 (doi: 10.3945/ajcn.113.081133).
9. Kowalik B., Majewska M.P., Miltko R., Bełzecki G. The effect of supplementing sheep with rapeseed and linseed oils on the activity of pancreatic digestive enzymes. *J. Anim. Physiol. Anim.*

- Nutr.*, 2018, 102(5): 1194-1198 (doi: 10.1111/jpn.1293).
10. Ye Z., Cao C., Li R., Cao P., Li Q., Liu Y. Lipid composition modulates the intestine digestion rate and serum lipid status of different edible oils: a combination of in vitro and in vivo studies. *Food & Function*, 2019, 10(3): 1490-1503 (doi: 10.1039/c8fo01290c).
 11. Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. *Veterinariya*, 2018, 12: 51-54 (doi: 10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54).
 12. Batoev Ts.Zh. *Fiziologiya pishchevareniya ptits* [Physiology of digestion in birds]. Ulan-Ude, 2001 (in Russ.).
 13. Abbasi M.A., Ghazanfari S., Sharifi S.D., Ahmadi Gavlighi H. Influence of dietary plant fats and antioxidant supplementations on performance, apparent metabolizable energy and protein digestibility, lipid oxidation and fatty acid composition of meat in broiler chicken. *Veterinary Medicine and Science*, 2020, 6(1): 54-68 (doi: 10.1002/vms3.212).
 14. Selina T.V. *Ptitsevodstvo*, 2015, 7: 43-46 (in Russ.).
 15. Mal'tseva N.A., Yadrishchenskaya O.A., Selina T.V. *Ptitsevodstvo*, 2016, 7: 11-13 (in Russ.).
 16. YAzeva L.I., Filippova G.I., Fedina N.I. *Voprosy pitaniya*, 1989, 3: 45-50 (in Russ.).
 17. Manterys A., Franczyk-Zarow M., Czyzyska-Cichon I., Drahun A., Kus E., Szymczyk B., Kostogryś R.B. Haematological parameters, serum lipid profile, liver function and fatty acid profile of broiler chickens fed on diets supplemented with pomegranate seed oil and linseed oil. *British Poultry Science*, 2016, 57(6):771-779 (doi: 10.1080/00071668.2016.1219977).
 18. O'Shea E.F., Cotter P.D., Stanton C., Ross R.P., Hill C. Production of bioactive substances by intestinal bacteria as a basis for explaining probiotic mechanisms: bacteriocins and conjugated linoleic acid. *International Journal of Food Microbiology*, 2012, 152: 189-205 (doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.05.025).
 19. British Nutrition Foundation (BNF). *The Report BNF Task Force*. Chapman &Hall, 1992, London.
 20. Subotina M.A. *Vestnik KuzGTU*, 2009, v. 2: 86-90 (in Russ.).
 21. Marzec M.E., Wojtysiak D., Poitowicz K., Nowak J. ToF-SIMS spectrometry to observe fatty acid profiles of breast tissues in broiler chicken subjected to varied vegetable oil diet. *Journal of Mass Spectrometry*, 2019, 55(3): 1-8 (doi: 10.1002/jms.4486).
 22. Khatun J., Loh T.C., Akit H., Foo H.L., Mohamad R. Fatty acid composition, fat deposition, lipogenic gene expression and performance of broiler fed diet supplemented with different sources of oil. *Journal of Animal Science*, 2017, 88(9): 1406-1413 (doi: 10.1111/asj.12775).
 23. Long S., Xu Y., Wang C., Li C., Liu D., Piao X. Effects of dietary supplementation with a combination of plant oils on performance, meat quality and fatty acid deposition of broilers. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2018, 31(11): 1773-1780 (doi: 10.5713/ajas.18.0056).
 24. Aardsma M.P., Mitchell R.D., Parsons C.M. Relative metabolizable energy values for fats and oils in young broilers and adult roosters. *Poultry Science*, 2017, 96(7): 2320-2329 (doi: 10.3382/ps/pex028).
 25. Konuskan D.B., Arslan M., Oksuz A. Physicochemical properties of cold pressed sunflower, peanut, rapeseed, mustard and olive oils grown in the Eastern Mediterranean region. *Saudi Journal Biological Sciences*, 2019, 26(2): 340-344 (doi: 10.1016/j.sjbs.2018.04.005).
 26. Toomer O.T., Livingston M.L., Wall B., Sanders E., Vu T.C., Malheiros R.D., Livingston K.A., Carvalho L.V., Ferket P.R. Meat quality and sensory attributes of meat produced from broiler chickens fed a high oleic peanut diet. *Poultry Science*, 2019, 98(10): 5188-5197 (doi: 10.3382/ps/pez258).
 27. Lai W., Huang W., Dong B., Cao A., Zhang W., Li J., Wu H., Zhang L. Effects of dietary supplemental bile acids on performance, carcass characteristics, serum lipid metabolites and intestinal enzyme activities of broiler chickens. *Poultry Science*, 2018, 97(1): 196-202 (doi:10.3382/ps/pex2880).
 28. Hu X.Q., Wang W.B., Liu L., Wang C., Feng W., Luo Q.P., Han R., Wang X.D. Effects of fat type and emulsifier in feed on growth performance, slaughter traits, and lipid metabolism of Cherry Valley ducks. *Poultry Science*, 2019, 98(11): 5759-5766 (doi: 10.3382/ps/pez369).
 29. Muralidharan J., Galiè S., Hernández-Alonso P., Bullu M., Salas-Salvadu J. Plant-based fat, dietary patterns rich in vegetable fat and gut microbiota modulation. *Frontiers in Nutrition*, 2019, 6: 157 (doi: 10.3389/fnut.2019.00157).
 30. Vertiprakhov V.G., Grozina A.A., Fisinin V.I. The exocrine pancreatic function in chicken (*Gallus gallus* L.) fed diets supplemented with different vegetable oils. *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya biologiya]*, 2020, 55(4): 726-737 (doi: 10.15389/agrobiol.2020.4.726eng).
 31. Scaife J.R., Moyo J., Galbraith H., Michie W., Campbell V. Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. *British Poultry Science*, 1994, 35(1):107-118 (doi: 10.1080/00071669408417675).
 32. Skřivan M., Marounek M., Englmaierová M., Čermák L., Vlčková J., Skřivanová E. Effect of dietary fat type on intestinal digestibility of fatty acids, fatty acid profiles of breast meat and abdominal fat, and mRNA expression of lipid-related genes in broiler chickens. *PLoS ONE*, 2018, 19; 13(4): e0196035 (doi: 10.1371/journal.pone.0196035).
 33. Baião N.C., Lara L.J.C. Oil and fat in broiler nutrition. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 2005, 7(3): 129-141 (doi: 10.1590/S1516-635X2005000300001).