

УДК 636.085.57:636.085.25

DOI: 10.33284/2658-3135-104-3-104

Влияние химической обработки на повышение питательности веществ какаоеллы, модель «*in vitro*»

В.В. Гречкина^{1,2}, С.А. Медведев¹, С.В. Лебедев¹, Е.В. Шейда^{1,3}, И.В. Маркова¹

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)

²Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург)

³Оренбургский государственный университет (г. Оренбург)

Аннотация. Какаоелла является богатым источником пищевых волокон и белка, а также ценных биологически активных соединений (теобромин, кофеин, флавоноиды и др.) и благодаря своему составу может быть использована в качестве источника энергии в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. С целью увеличения питательной ценности какаоеллы в эксперименте были апробированы различные методы химической обработки. Обработка щёлочью (гидроксид натрия, NaOH) и экструдирование какаоеллы способствовало повышению переваримости сырого жира с 13,98 % в лузге до 43,55 % ($P \leq 0,05$), увеличивалась степень доступности минеральных веществ, содержащихся в продукте, что выражалось в повышении переваримости зольного остатка с 14,42 до 21,87 % ($P \leq 0,05$). Обработка какаоеллы щёлочью различной концентрации приводила к частичному разрушению жёстких поверхностей лузги, повышению доступности протеина и его переваримости с 16,62 % – в исходном образце до 57,92 % – в испытуемых, при этом эффект от вводимой щёлочи в количестве 45 г/кг и 60 г/кг был практически идентичен. Какаоелла благодаря своей питательной ценности и биологически активным соединениям может стать источником дешёвой энергии для выращивания сельскохозяйственных животных и птицы.

Ключевые слова: корма, обменная энергия, белки, переваримость, отходы.

UDC 636.085.57:636.085.25

The effect of chemical treatment on increasing the nutritional value of cocoa husks in "*in vitro*" model

Victoria V Grechkina^{1,2}, Sergey A Medvedev¹, Svyatoslav V Lebedev¹, Elena V Sheyda^{1,3}, Irina V Markova¹

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

²Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia)

³Orenburg State University (Orenburg, Russia)

Abstract. Cocoa husk is a rich source of dietary fiber and protein, as well as valuable biologically active compounds (theobromine, caffeine, flavonoids, etc.), and due to its composition can be used as an energy source in feeding farm animals and poultry. In order to increase the nutritional value of cocoa husk, various methods of chemical processing were tested in the experiment. Treatment with alkali (sodium hydroxide, NaOH) and extrusion of cocoa husks contributed to an increase in the digestibility of raw fat from 13.98% in the husk to 43.55% ($P \leq 0,05$), the degree of availability of minerals contained in the product increased, which was expressed in an increase in the digestibility of the ash residue from 14.42 to 21.87% ($P \leq 0,05$). Treatment with alkali of various concentrations of cocoa shell led to partial destruction of the hard surfaces of the husk, increased protein availability and its digestibility from 16.62% in the initial sample to 57.92% in the subjects, while the effect of the introduced alkali in the amount of 45 g/kg and 60 g/kg was almost identical. Due to its nutritional value and biologically active compounds, cocoa shell can become a source of cheap energy for raising farm animals and poultry.

Keywords: feed, metabolizable energy, proteins, digestibility, waste.

Введение.

В сложившейся экономической ситуации, когда идёт постоянное удорожание традиционных компонентов комбикормов практический интерес представляет разработка технологии, позволяющей удешевить стоимость корма для жвачных животных и птицы путём использования отходов перерабатывающей промышленности. Одним из источников таких компонентов является какао-обелла. Объём импорта какао-бобов в Россию в 2020 году составил 62,3 тыс. тонн общей стоимостью на уровне 202,5 млн USD (Околелова Т.М. и др., 2014). По сравнению с 2019 году объём импорта увеличился на 1,0 %.

Какао-обелла является богатым источником пищевых волокон и белка, а также ценных биологически активных соединений (теобромин, кофеин, флавоноиды и др.), и благодаря своему составу она может использоваться в качестве источника энергии в сельскохозяйственной промышленности (Антипова Л.В. и др., 2012; Awad WA et al., 2009; Grechkina VV et al., 2021).

Из-за содержания теобромина в какао-обелле использование её как корм животным и птицы ограничено, так как в больших количествах он действует как яд. Поэтому необходима обязательная обработка для извлечения различных компонентов, после чего какао-обелла может использоваться в качестве источника биологически активных добавок в птицеводстве (Kang JX et al., 2014; Gheisar MM et al., 2018).

Однако к положительным характеристикам какао-обеллы можно отнести её насыщенность макро- и микроэлементами. (Чугунова О.В. и др., 2014; Wang Y and Gu Q, 2010). Какао-обелла содержит большое количество азота, фосфора, витаминов, линоленовой и линолевой кислот, 16,23 % сырого протеина, что сопоставимо с показателями отрубей (Есауленко И.Э. и др., 2014; Rolfe RD, 2000; Caes BR et al., 2015).

Проблема низкого потребления животного белка (8-15 г в день) в большинстве стран была связана с удорожанием протеиносодержащих кормов. Затраты на кормление покрывают от 60 до 70 % от общей стоимости производства моногастрических животных. Таким образом, замена одного или нескольких основных ингредиентов рациона дешёвыми и доступными кормовыми субстратами будет способствовать снижению затрат на производство кормов для животных (Мирошников С.А. и др., 2013; Cheng G et al., 2014; Yadav AS et al., 2016).

Какао-обелла плохо усваивается по причине высокой устойчивости верхней оболочки шелухи. Для её разрушения используют различные методы воздействия, в том числе действие ударного типа, химическая обработка, инфракрасные лучи, лазерное облучение, микронизация (Rocha MVP et al., 2014; Uradhaya SD et al., 2016). Ввиду неоднозначной реакции различных видов животных на нетрадиционные кормовые ингредиенты, в частности какао-обеллы, необходимо изучить оптимальные методы её обработки и определить, какие питательные вещества увеличиваются при данных процедурах.

Цель исследования.

Влияние химической обработки на повышение питательности веществ какао-обеллы «in vitro».

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Образцы какао-обеллы, подвергнутые различной химической обработке.

Схема эксперимента. Исследования проводили на образцах какао-обеллы в условиях лаборатории биологических испытаний и экспертиз и Центра коллективного пользования Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

Для проведения эксперимента было исследовано 4 вида продукта: I группа – 15 г лузги без химической обработки, II группа – какао-обелла+30 г/кг NaOH г, III группа – какао-обелла+45 г NaOH, IV – какао-обелла+60 г NaOH, растворённого в дистиллированной воде. Затем полученную массу выдерживали в течение 24 ч с последующей экструзией.

Модифицирование лигнинцеллюлозного сырья проводилось методами экструзионной и экструзионно-химической обработки на экструдере ЭТР-500/30-КО, производительностью 45 кг/ч, с частотой вращения шнека $n=160$ об./мин. В процессе экструдирования создается давление 10 мПа и температура не выше $+120$ °С при влажности готовой смеси 30 %.

Методика определения переваримости *in vitro* выполнялась по ГОСТ 24230-80. Навески измельченной воздушно-сухой какаоветлы массой 0,5 г и исследуемые кормовые добавки соответствующих дозировок помещали в пробирки, предварительно высушенные до постоянной массы, заливали 50 см рубцовой жидкости с фосфатным буфером в соотношении 1:4, закрывали пробками и выдерживали в термостате при $t=+39$ °С. После 3 и 6 часов надосадочную жидкость удаляли и промывали остаток дистиллированной водой, пробирки центрифугировали в течение 5 мин с частотой вращения 2500 об./мин и снова удаляли надосадочную жидкость. Пробирки с неперева-ренными остатками помещали в сушильный шкаф, высушивали при температуре $+100\pm 5$ °С до постоянной массы.

Для расчёта ОЭ в кормах и рационах необходимо иметь сведения о содержании в них органических питательных веществ (клетчатки, сырого протеина, крахмала, сахара и т. д.). По разнице между сухим веществом и золой определяют органическое вещество корма (рациона), которое имеет усреднённую энергетическую ценность 20 МДж на 1 кг. Вместе с тем в большинстве кормов и рационов минеральная часть составляет 7-10 %, поэтому заранее дать оценку валовой энергии усреднённого корма (рациона) можно только с учётом содержания в нём сухого вещества. Для большинства кормов (рационов) валовая энергия (ВЭ) органических веществ составляет 18 МДж на 1 кг СВ.

$$\text{ОЭ}=17,48 \text{ пП}+31,23 \text{ пЖ}+13,85 \text{ пК}+14,78 \text{ пБЭВ},$$

где ОЭ – обменная энергия, МДж/кг;

пП – переваримый протеин, г;

пЖ – переваримый жир, г;

пК – переваримая клетчатка, г;

пБЭВ – переваримые безазотистые экстрактивные вещества, г.

Оборудование и технические средства. Анализ проводился в Испытательном центре ЦКП ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации № RA.RU.21ПФ59 от 02.12.15). Баня водяная LOIP LB (г. Санкт-Петербург, Россия), анализатор микропланшетный Infinite PRO F200 (TECAN, Австрия), термостат ТС-1/80 СПУ (ОАО «Смоленское СКТБ СПУ», Россия), центрифуга лабораторная медицинская ОПн-8 (п/я В-2331, Россия), сушильный шкаф ШС SUP-4 WAMED (Польша), весы BM 153 (ООО «ОКБ Веста», Россия). Химический состав и питательность какаоветлы до и после химической обработки щёлочью определены: сырой протеин – ГОСТ 13496.4-93, сырой жир – ГОСТ 13496.15-97, сырая клетчатка – ГОСТ 31675-2012, сырая зола – ГОСТ 26226-95.

Статистическая обработка. Статистический анализ выполняли с использованием офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Достоверными считали значения при $P\leq 0,05$.

Результаты исследований.

Обработка какаоветлы щёлочью различной концентрации частично разрушает жёсткую поверхность лужги, она набухает, становится мягкой, исходный химический состав изменяется. С увеличением количества вводимой щёлочи с 45 до 60 г/кг происходит заметное снижение содержания клетчатки по сравнению с исходным продуктом с 21,55 % до 10,55 %, при этом увеличивается содержание протеина с 16,23 до 18,67 % ($P\leq 0,05$) и безазотистого экстрактивного вещества с 38,56 до 48,55 % ($P\leq 0,05$). На содержание золы, сырого жира и органического вещества обработка не оказала существенного влияния.

После обработки щёлочью изменяется не только химический состав, но и переваримость какаоветлы (табл. 1).

По результатам «*in vitro*» было установлено, что переваримость сухого вещества исходного субстрата оставляет 21,3 %, при обработке гидроксидом натрия в количестве 30 г/кг – до 41,12 %, 45 и 60 г/кг – до 58,96 и 59,71 % ($P\leq 0,05$) соответственно, то есть переваримость сухого вещества увеличилась на 93-180 % после проведения химической обработки в зависимости от концентрации щёлочи.

Таблица 1. Влияние химической обработки на переваримость питательных веществ лузги какао «in vitro», (x±Sx)

Table 1. Effect of chemical treatment on the digestibility of cocoa husk nutrients «in vitro», (x±Sx)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	какаоовелла / cacao husk	какаоовелла+ 30 г/кг NaOH / cacao husk + 30 g/kg NaOH	какаоовелла+ 45 г/кг NaOH / cacao husk + 45 g/kg NaOH	какаоовелла+ 60 г/кг NaOH / cacao husk + 60 g/kg NaOH
Сухое вещество, % / Dry matter, %	21,30±1,16*	41,12±0,13	58,96±0,11	59,71±1,06*
Сырой жир, % / Raw fat, %	13,98±0,03*	25,36±0,06	37,49±0,05	43,55±0,03*
Зола, % / Ash, %	14,42±0,04	17,94±0,03	20,98±0,05	21,87±0,04*
Сырой протеин, % / Raw protein, %	16,60±0,14*	38,72±0,05	56,45±0,17	57,92±0,14*
Сырая клетчатка, % / Raw fiber, %	16,08±0,10*	30,24±0,11	44,59±0,15	44,85±0,10*
БЭВ / nitrogen-free extractive substances	20,61	44,62	66,70	67,95
Органическое вещество, % / Organic matter, %	18,24	40,29	60,26*	61,59*

Примечание: * – Различия с контролем достоверны при P≤0,05

Note: * – Differences with control are significant at P≤0.05

Химическая обработка какаоовеллы также способствовала повышению переваримости сырого жира с 13,98 % в лузге до 43,55 % (P≤0,05) в образце, обработанном гидроксидом натрия в количестве 60 г/кг. Обработка какаоовеллы гидроксидом натрия также способствовала степени доступности минеральных веществ, содержащихся в продукте, что выражалось в повышении переваримости зольного остатка с 14,42 до 21,87 % (P≤0,05). Обработка щёлочью различной концентрации какаоовеллы сопровождалась повышением доступности протеина и, как следствие, повышением его переваримости с 16,62 в исходном образце до 57,92 % – в испытуемых, при этом эффект от в водимой щёлочи в количестве 45 г/кг и 60 г/кг был практически идентичен.

Содержание обменной энергии также изменилось с увеличением концентрации щёлочи (табл. 2). Так, обменная энергия увеличилась с 10,07 МДж в исходном продукте до 11,64 МДж (P≤0,05) – при обработке щёлочью дозой 60 г/кг. А в образце, обработанном щёлочью в количестве 45 г/кг, через 24 часа содержание обменной энергии увеличилось до 11,54 МДж. Наряду с повышением обменной энергии произошло увеличения переваримого протеина с 149 г/кг в необработанном образце, до 156 г/кг – в образце, обработанном щёлочью (45 г/кг).

Таблица 2. Содержание обменной, валовой энергии и переваримого протеина в образцах какаоовеллы после химической обработки, (x±Sx)

Table 2. The content of metabolizable, gross energy and digestible protein in cocoa husk samples after chemical treatment, (x±Sx)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	какаоовелла / cocoa husk	какаоовелла+ 30 г/кг NaOH / cocoa husk + 30 g/kg NaOH	какаоовелла+ 45 г/кг NaOH / cocoa husk + 45 g/kg NaOH	какаоовелла+ 60 г/кг NaOH / cocoa husk + 60 g/kg NaOH
Валовая энергия, МДж / Gross energy, MJ	18,40±1,02*	18,05±0,19	18,09±0,16	18,17±1,08*
Обменная энергия, МДж / Metabolizable energy, MJ	10,07±0,10*	11,27±0,14	11,54±0,21	11,64±0,13*
Переваримый протеин, г / Digestible protein, g	0,129±0,11	0,149±0,23	0,156±0,15	0,152±0,14*

Примечание: * – Различия с контролем достоверны при P≤0,05

Note: * – Differences with control are significant at P≤0.05

Частичное разрушение лигнинцеллюлозных комплексов, возникающее в результате экспозиции какаоовеллы с щёлочью, приводило к доступности клетчатки для воздействия ферментов пищеварительных соков, как результат –повышение переваримости сырой клетчатки с 16,88 % в на-

тивной лузге до 44,35 % – в обработанной гидроксидом натрия. Повышение переваримости трудно усвояемых углеводов способствовало доступности безазотистых экстрактивных веществ с 20,61 % в исходном образце до 67,95 % – в опытных образцах. Суммарное повышение всех питательных веществ какао лузги после обработки щёлочью повлияло на переваримость органического вещества, увеличив его с 18,24 до 61,59 % ($P \leq 0,05$).

Таким образом, обработка щёлочью повышала доступность питательных веществ какао-веллы. При этом обработка гидроксидом натрия в количестве 45 г/кг приводила к практически такому же эффекту, что и при 60 г/кг.

Обсуждение полученных результатов.

Использование отходов мукомольной промышленности (отрубей) стало уже традиционным, достигая 5 % в комбикормах (Скоклеенко М.В. и др., 2014). При этом использование отходов других производств не находит широкого распространения, что приводит к их накоплению, порче и загниванию, негативно сказываясь на состоянии окружающей среды. К числу таковых относится лузга какао-бобов (какао-велла), которая по своей питательности не уступает пшеничным отрубям (Liu Z et al., 2006).

Вторичному использованию отходов сельскохозяйственного производства в животноводстве препятствуют антипитательные вещества, которые снижают метаболизм животных и птицы. Поэтому различные процедуры, такие как ферментация, обработка золы, ферментные добавки (Bakkali F et al., 2008), замачивание и сушка увеличивают питательную ценность агроотходов. По результатам исследований показано, что достижение увеличения переваримости питательных веществ возможно путём обработки грубых кормов химическими реагентами, безвредными для организма животных.

Какао-велла используется, как ароматическая ростостимулирующая добавка с целью увеличения поедаемости кормов при использовании недорогих сырьевых компонентов с непривлекательным вкусом и запахом, как стимулятор и стабилизатор пищеварения, а также для стандартизации аромата при переходе с корма на корм (для сохранения рефлекса на известный аромат) (Tang Q, 2016). При добавлении какао-веллы в корма для коров было отмечено повышение содержания витамина D в удоях (Фицев А.И. и др., 2003).

Нами была предложена предварительная обработка какао-веллы раствором гидроксида натрия с целью нарушения связей лигнинового комплекса, при котором происходят физико-химические и структурные изменения и в молекулах целлюлозы. Химические реакции приводят к образованию нового соединения – щелочной целлюлозы, физические изменения – к интенсивному набуханию и частичному растворению, а также к изменению степени кристалличности целлюлозы. Всё это повышает переваримость и питательность лузги за счёт частичного разрушения лигнина и целлюлозы (Zhou J et al., 2016).

Обработка какао-веллы щёлочью различной концентрации частично разрушает жёсткую поверхность лузги, она набухает, становится мягкой, исходный химический состав изменяется. С увеличением количества вводимой щёлочи происходит заметное снижение содержания клетчатки, по сравнению с исходным продуктом с 21,55 % до 10,55 %, при этом возрастает количество протеина с 16,23 до 18,67% ($P \leq 0,05$) и безазотистого экстрактивного вещества с 38,56 до 48,55 % ($P \leq 0,05$) в лузге, обработанной щёлочью в количестве 60 г/кг, по сравнению с исходным продуктом. При этом уменьшается на 11-12 % содержание токсичных веществ в организме птицы (Zdunczyk Z et al., 2015).

Анализ после химической обработки какао-веллы показал, что она способствовала повышению переваримости сырого жира с 13,98 % в нативной лузге до 43,55 % ($P \leq 0,05$) – в образце, обработанном гидроксидом натрия в количестве 60 г/кг. Известно, что сочетание обработки золой с ферментацией улучшает питательную ценность муки из шелухи стручков какао и её пригодность для животноводства и птицеводства (Kimball SR et al., 2006). В частности, включение в рацион обработанной муки из шелухи стручков какао до 150 г/кг поддерживает нормальные показатели ро-

ста, характеристики туши и относительную массу внутренних органов кроликов (Delaquis PJ et al., 2002).

Использование какаоеллы в кормах для животных ограничено содержанием в них ядовитого для многих животных теобромина. Содержание теобромина не должно превышать 0,027 г на 1 кг массы тела (Cowan MM, 1999; Wegener HC, 2003). Теобромин может быть удалён из какаоеллы экстракционными методами, такими как сверхкритическая экстракция CO₂. С помощью сверхкритического CO₂ можно полностью удалить теобромин из оболочек и получить экстракты, богатые этим компонентом. Обработка щёлочью также доказала свою способность снижать содержание теобромина (Malesci A et al., 1995; Huang MJ et al., 2016).

Выводы.

Таким образом, эффективным методом повышения продуктивного действия какаоеллы, отхода перерабатывающей промышленности, является обработка гидроксидом натрия в количестве 45 г/кг. При которой происходит повышение сухого вещества, сырого протеина, жира, энергетической ценности и способствует созданию условий максимального положительного использования какаоеллы для выращивания сельскохозяйственных животных и птицы.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда «Разработка системной диагностики и коррекции элементозов в зависимости от генетических ресурсов сельскохозяйственных животных» (№ 21-16-00009)

Литература

1. Антипова Л.В., Морковкина И.А., Попов В.И. Использование молочного и растительного сырья как основы для функциональных продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2012. № 2-3(326-327). С. 81-84. [Antipova LV, Morkovkina IA, Popov VI. Use of dairy and vegetative raw materials as bases for functional drinks. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Food Technology. 2012;2-3(326-327):81-84. (In Russ)].
2. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Введ. 01.01.1995. М.: Стандартинформ, 1993. 17 с. [GOST 13496.4-93 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya azota i syrogo proteina. Vved. 01.01.1995. Moscow: Standardinform; 1993:17p. (In Russ)].
3. ГОСТ 24230-80. Корма растительные. Метод определения переваримости in vitro. Введ. 01.07.1981. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 4 с. [GOST 24230-80. Vegetable feeds. Method for determination of digestibility in vitro. Vved. 01.07.1981. Moscow: Standardinform; 2003:4 p. (In Russ)].
4. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения сырой золы. Введ. 01.01.1977. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. 8 с. [GOST 26226-95. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya syroi zoly. Vved. 01.01.1977. Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov; 1996:8 p. (In Russ)].
5. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2014. 18 с. [GOST 31675-2012. Feeds. Methods for determination of crude fibre content with intermediate filtration. Vved. 01.07.2013. Moscow: Standardinform; 2014:18 p. (In Russ)].
6. ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения содержания сырого жира (с Изменением № 1). Введ. 01.01.1999. М.: Стандартинформ. 1997. 19 с. [GOST 13496.15-97. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya syrogo zhira (s Izmeneniem № 1). Vved. 01.01.1999. Moscow: Standardinform; 1997:19 p. (In Russ)].
7. Есауленко И.Э., Попов В.И., Петрова Т.Н. Гигиеническая оценка различных форм организации школьного питания // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: материалы Междунар. науч.-тех. конф. (Воронеж, 13-14 нояб. 2014 г.). Воронеж: ВГУИТ 2014. Ч. 2. С. 77-84. [Esaulenko IE, Popov VI, Petrova TN. Gigienicheskaya otsenka razlichnykh form organizatsii shkol'nogo pitaniya (Conference proceedings) Prodovol'stvennaya bezopas-

nost': nauchnoe, kadrovoe i informatsionnoe obespechenie: materialy Mezhdunar. nauch.-tekh. konf. (Voronezh, 13-14 noyab. 2014 g.). Voronezh: VGUI;. 2014;2:77-84. (*In Russ*)].

8. Региональные особенности элементного гомеостаза и проблема экологофизиологической адаптации: методологический аспект / С.А. Мирошников, С.В. Нотова, С.В. Мирошников, И.П. Болодурина, А.В. Скальный // Вестник восстановительной медицины. 2013. № 6(58). С. 52-55. [Miroshnikov SA, Notova SV, Miroshnikov SV, Bolodurina IP, Skalnyi AV. Regional features of elemental homeostasis and problem of ecolo physiological adaptation: methodological aspect. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2013;6(58):52-55. (*In Russ*)].

9. Скоклеенко М.В., Куличенко А.И., Мамченко Т.В. Применение вторичных продуктов переработки какао бобов для повышения конкурентоспособности кондитерских изделий // Молодой учёный. 2014. №6(65). С 366-368. [Skokleenko MV, Kulichenko AI, Mamchenko TV. Primenenie vtovichnykh produktov pererabotki kakao bobov dlya povysheniya konkurentosposobnosti konditerskikh izdelii. Young Scientist. 2014;6(65):366-368. (*In Russ*)].

10. Фицев А.И., Григорьев Н.Г., Гаганов А.П. Современная оценка энергетической и протеиновой питательности растительных кормов // Кормопроизводство. 2003. № 12. С. 29-32. [Fitsev AI, Grigor'ev NG, Gaganov AP. Sovremennaya otsenka energeticheskoi i proteinovoi pitatel'nosti rastitel'nykh kormov. Kormoproizvodstvo. 2003;12:29-32. (*In Russ*)].

11. Чугунова О.В., Кокорева Л.А., Заворохина Н.В. Перспективы использования какао-шеллы при производстве шоколадного сиропа // Пиво и напитки. 2014. № 6. С. 62-64. [Chugunova OV, Kokoreva LA, Zavorokhina NV. Prospects of using cocoa-shell in the production of chocolate syrup. Pivo i napitki. 2014; 6:62-64. (*In Russ*)].

12. Эффективность провитола в комбикормах для кур / Т.М. Околелова, Г.Ю. Лаптев, В.Н. Большаков, Д.Г. Селиванов, Р.Ш. Мансуров // Птицеводство. 2014. № 1. С. 12-14. [Okolelova TM, Laptev GYu, Bol'shakov VN, Selivanov DG, Mansurov RSh. Effektivnost' provitola v kombikormakh dlya kur. Ptitsevodstvo. 2014;1:12-14. (*In Russ*)].

13. Awad WA, Ghareeb K, Abdel-Raheem S, Böhm J. Effect of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. Poultry Science. 2009;88(1):49-56. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00244>

14. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils – A review. Food Chem. Toxicol. 2008;46(2):446-475. doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106

15. Caes BR, Teixeira RE, Knapp KG, Raines RT. Biomass to Furanics: Renewable Routes to Chemicals and Fuels. ACS Sustain Chem Eng. 2015;3(11):2591-2605. doi: <https://doi.org/10.1021/acsschemeng.5b00473>

16. Cheng G, Hao H, Xie S, Wang X, Dai M, Huang L, Yuan Z. Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry? Frontiers in Microbiology. 2014;5:217. doi: 10.3389/fmicb.2014.00217

17. Cowan MM. Plant products as antimicrobial agents. Clinical Microbiology Reviews. 1999;12(4):564-582. doi: <https://doi.org/10.1128/cmr.12.4.564>

18. Delaquis PJ, Stanich K, Girard B, Mazza G. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. International Journal of Food Microbiology. 2002;74(1-2):101-109. doi: 10.1016/S0168-1605(01)00734-6

19. Gheisar MM, Kim IH. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. Ital J Anim. Sci. 2018;17(1):92-99. doi: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>

20. Grechkina VV, Lebedev SV, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Sheida EV, Korolev V L. Justification of rational and safe biotechnological methods of using fat additives from vegetable raw materials. IOP: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness; 2020 4-5 July, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624:012160. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012160

21. Huang MJ, Huang HQ, Salam N, Xiao M, Duan YQ, Kim CJ, Li QQ, Chen W, Li WJ. *Nocardioides intraradicalis* sp. nov., isolated from the roots of *psammosilene tunicoides* W. C. Wu et C. Y. Wu. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2016;66(10):3841-3847. doi: 10.1099/ijsem.0.001274

22. Kang JX, Wan JB, He C. Concise review: regulation of stem cell proliferation and differentiation by essential fatty acids and their metabolites. *Stem Cells*. 2014;32(5):1092-1098. doi: <https://doi.org/10.1002/stem.1620>
23. Kimball SR, Jefferson LS. Signaling pathways and molecular mechanisms through which branched-chain amino acids mediate translational control of protein synthesis. *J. Nutr.* 2006;136(1):227S-231S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.227S>
24. Liu Z, Long W, Fryburg DA, Barret EJ. The regulation of body and skeletal muscle protein metabolism by hormones and amino acids. *J. Nutr.* 2006;136(1):212S-217S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.212S>
25. Malesci A, Gaia E, Fioretta A et al. No effect of long-term treatment with pancreatic extract on recurrent abdominal pain in patients with chronic pancreatitis. *Scand. J. Gastroenterol.* 1995;30(4):392-398. doi: <https://doi.org/10.3109/00365529509093296>
26. Rocha MVP, Rodrigues THS, de Albuquerque TL, Gonçalves LRB, de Macedo GR. Evaluation of dilute acid pretreatment on cashew apple bagasse for ethanol and xylitol production. *Chem Eng J*. 2014;243:234-243. doi: 10.1016/j.cej.2013.12.099
27. Rolfe RD. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. *The Journal of Nutrition*. 2000;130(2):396S-402S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.396S>
28. Tang Q. Lipid metabolism and diseases. *Sci. Bull.* 2016;61(19):1471-1472. doi: 10.1007/s11434-016-1174-z
29. Upadhaya SD, Kim SJ, Kim IH. Effects of gel-based phyto-genic feed supplement on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and intestinal morphology in weanling pigs. *J Appl Anim Res*. 2016;44(1):384-389. doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1091334>
30. Wang Y, Gu Q. Effect of probiotic on growth performance and digestive enzyme activity of Arbor Acres broilers. *Research in Veterinary Science*. 2010;89(2):163-167. doi: 10.1016/j.rvsc.2010.03.009
31. Wegener HC. Antibiotics in animal feed and their role in resistance development. *Curr Opin Microbiol*. 2003;6(5):439-445 doi: <https://doi.org/10.1016/j.mib.2003.09.009>
32. Yadav AS et al. Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry - a review. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 2016;4(3S):368-383. doi: [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(3S\).368.383](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(3S).368.383)
33. Zdunczyk Z, Jankowski J, Kaczmarski S, Juskiewicz J. Determinants and effects of postileal fermentation in broilers and turkeys. Part 1: gut microbiota composition and its modulation by feed additives. *World's Poult. Sci. J.* 2015;71(1):37-48. doi: 10.1017/S0043933915000045
34. Zhou J, Liu H, Zhou S et al. Adaptor protein APPL1 interacts with EGFR to orchestrate EGF-stimulated signaling. *Sci. Bull.* 2016;61(19):1504-1512. doi: <https://doi.org/10.1007/s11434-016-1157-0>

References

1. Antipova LV, Morkovkina IA, Popov VI. Use of dairy and vegetative raw materials as bases for functional drinks. *News of Higher Educational Institutions. Food Technology*. 2012;2-3(326-327):81-84.
2. GOST 13496.4-93 Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for the determination of nitrogen and crude protein content. Intro. 01.01.1995. Moscow: Standardinform; 1993:17 p.
3. GOST 24230-80. Vegetable feeds. Method for determination of digestibility in vitro. Intro. 01.07.1981. Moscow: Standardinform; 2003:4 p.
4. GOST 26226-95. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for the determination of raw ash. Intro. 01.01.1977. Moscow: PPC Publishing house of standards; 1996:8 p.
5. GOST 31675-2012. Feeds. Methods for determination of crude fibre content with intermediate filtration. Intro. 01.07.2013. Moscow: Standardinform; 2014:18 p.
6. GOST 13496.15-97. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determination of crude fat content (with Amendment No. 1). Intro. 01.01.1999. Moscow: Standardinform; 1997:19 p.
7. Esaulenko IE, Popov VI, Petrova TN. Hygienic assessment of various forms of organizing school meals. (Conference proceedings) *Food security: scientific, personnel and information support: ma-*

terials of the International conference. scientific and technical conf. (Voronezh, November 13-14, 2014). Voronezh: VGUIT; 2014;2:77-84.

8. Miroshnikov SA, Notova SV, Miroshnikov SV, Bolodurina IP, Skalniy AV. Regional features of elemental homeostasis and problem of ecolo physiological adaptation: methodological aspect. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2013;6(58):52-55.

9. Skokleenko MV, Kulichenko AI, Mamchenko TV. The use of secondary products of processing of cocoa beans to improve the competitiveness of confectionery products. Young Scientist. 2014;6(65):366-368.

10. Fitsev AI, Grigoriev NG, Gaganov AP. Modern assessment of the energy and protein nutritional value of plant feed. Feed Production. 2003;12:29-32.

11. Chugunova OV, Kokoreva LA, Zavorokhina NV. Prospects of using cocoa-shell in the production of chocolate syrup. Beer and Drinks. 2014; 6:62-64.

12. Okolelova TM, Laptsev GYu, Bolshakov VN, Selivanov DG, Mansurov RSh. The effectiveness of provitol in mixed feed for chickens. Poultry. 2014;1:12-14.

13. Awad WA, Ghareeb K, Abdel-Raheem S, Böhm J. Effect of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. Poultry Science. 2009;88(1):49-56. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00244>

14. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils – A review. Food Chem. Toxicol. 2008;46(2):446-475. doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106

15. Caes BR, Teixeira RE, Knapp KG, Raines RT. Biomass to Furanics: Renewable Routes to Chemicals and Fuels. ACS Sustain Chem Eng. 2015;3(11):2591-2605. doi: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b00473>

16. Cheng G, Hao H, Xie S, Wang X, Dai M, Huang L, Yuan Z. Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry? Frontiers in Microbiology. 2014;5:217. doi: 10.3389/fmicb.2014.00217

17. Cowan MM. Plant products as antimicrobial agents. Clinical Microbiology Reviews. 1999;12(4):564-582. doi: <https://doi.org/10.1128/cmr.12.4.564>

18. Delaquis PJ, Stanich K, Girard B, Mazza G. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. International Journal of Food Microbiology. 2002;74(1-2):101-109. doi: 10.1016/S0168-1605(01)00734-6

19. Gheisar MM, Kim IH. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. Ital J Anim. Sci. 2018;17(1):92-99. doi: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>

20. Grechkina VV, Lebedev SV, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Sheida EV, Korolev V L. Justification of rational and safe biotechnological methods of using fat additives from vegetable raw materials. IOP: Earth and Environmental Science: International Conference on World Technological Trends in Agribusiness; 2020 4-5 July, Omsk City, Western Siberia, Russian Federation. Bristol, England: IOP Publishing; 2021;624:012160. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012160

21. Huang MJ, Huang HQ, Salam N, Xiao M, Duan YQ, Kim CJ, Li QQ, Chen W, Li WJ. *Nocardioides intraradicalis* sp. nov., isolated from the roots of psammosilene tunicoides W. C. Wu et C. Y. Wu. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2016;66(10):3841-3847. doi: 10.1099/ijsem.0.001274

22. Kang JX, Wan JB, He C. Concise review: regulation of stem cell proliferation and differentiation by essential fatty acids and their metabolites. Stem Cells. 2014;32(5):1092-1098. doi: <https://doi.org/10.1002/stem.1620>

23. Kimball SR, Jefferson LS. Signaling pathways and molecular mechanisms through which branched-chain amino acids mediate translational control of protein synthesis. J. Nutr. 2006;136(1):227S-231S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.227S>

24. Liu Z, Long W, Fryburg DA, Barret EJ. The regulation of body and skeletal muscle protein metabolism by hormones and amino acids. J. Nutr. 2006;136(1):212S-217S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.212S>

25. Malesci A, Gaia E, Fioretta A et al. No effect of long-term treatment with pancreatic extract on recurrent abdominal pain in patients with chronic pancreatitis. *Scand. J. Gastroenterol.* 1995;30(4):392-398. doi: <https://doi.org/10.3109/00365529509093296>
26. Rocha MVP, Rodrigues THS, de Albuquerque TL, Gonçalves LRB, de Macedo GR. Evaluation of dilute acid pretreatment on cashew apple bagasse for ethanol and xylitol production. *Chem Eng J.* 2014;243:234-243. doi: 10.1016/j.cej.2013.12.099
27. Rolfe RD. The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. *The Journal of Nutrition.* 2000;130(2):396S-402S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/130.2.396s>
28. Tang Q. Lipid metabolism and diseases. *Sci. Bull.* 2016;61(19):1471-1472. doi: 10.1007/s11434-016-1174-z
29. Upadhaya SD, Kim SJ, Kim IH. Effects of gel-based phyto-genic feed supplement on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and intestinal morphology in weanling pigs. *J Appl Anim Res.* 2016;44(1):384-389. doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1091334>
30. Wang Y, Gu Q. Effect of probiotic on growth performance and digestive enzyme activity of Arbor Acres broilers. *Research in Veterinary Science.* 2010;89(2):163-167. doi: 10.1016/j.rvsc.2010.03.009
31. Wegener HC. Antibiotics in animal feed and their role in resistance development. *Curr Opin Microbiol.* 2003;6(5):439-445 doi: <https://doi.org/10.1016/j.mib.2003.09.009>
32. Yadav AS et al. Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry - a review. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences.* 2016;4(3S):368-383. doi:[http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(3S\).368.383](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(3S).368.383)
33. Zdunczyk Z, Jankowski J, Kaczmarski S, Juskiwicz J. Determinants and effects of postileal fermentation in broilers and turkeys. Part 1: gut microbiota composition and its modulation by feed additives. *World's Poult. Sci. J.* 2015;71(1):37-48. doi: 10.1017/S0043933915000045
34. Zhou J, Liu H, Zhou S et al. Adaptor protein APPL1 interacts with EGFR to orchestrate EGF-stimulated signaling. *Sci. Bull.* 2016;61(19):1504-1512. doi: <https://doi.org/10.1007/s11434-016-1157-0>

Гречкина Виктория Владимировна, кандидат биологических наук, и.о. заведующего лабораторией биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; доцент кафедры незаразных болезней животных, Оренбургский государственный аграрный университет, 460000, ул. Челюскинцев 18, тел. 8-922-877-14-97, e-mail: Viktoria1985too@mail.ru

Медведев Сергей Анатольевич, лаборант-исследователь лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-922-551-78-27, e-mail: dis14@yandex.ru

Лебедев Святослав Валерьевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-912-345-87-38, e-mail: lsv74@list.ru

Шейда Елена Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-922-862-64-02, e-mail: elena-shejjda@mail.ru; старший научный сотрудник экспериментально-биологической клиники, Оренбургский государственный университет, пр. Победы, 13, г. Оренбург, РФ. Тел.: 89228626402. E-mail: elena-snejjda@mail.ru.

Маркова Ирина Викторовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-961-047-40-26, e-mail: irinazz88@yandex.ru

Поступила в редакцию 12 июля 2021 г.; принята после решения редколлегии 13 сентября 2021 г.; опубликована 30 сентября 2021 г. / Received: 12 July 2021; Accepted: 13 September 2021; Published: 30 September 2021