ISSN 2311-9322 (Print), ISSN 2311-9330 (Online)

Biology in Agriculture

Биология в сельском хозяйстве

№2, 2025

Научно-практический и теоретический журнал

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахин»

Фундаментальные и прикладные исследования по селекции, генетике, биотехнологии, физиологии, этологии, микробиологии и многим другим отраслям современной науки

scientia, virtus, libertas

≡ Russian Federation ≡

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина»

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Главный редактор:

Шендаков А.И.,
доктор с.-х. наук, профессор,
член Союза писателей России

Редакционная коллегия:
Балакирев Н.А., академик РАН, д. с.-х. н., профессор
Березина Н.А., д.т.н., профессор (председатель редколлегии)
Буяров В.С., д. с.-х. н., профессор
Горькова И.В., д.т.н., доцент
Делян А.С., д. с.-х. н., профессор
Егоров И.А., академик РАН, д. б. н., профессор
Зотиков В.И., член-корреспондент РАН, д. с.-х. н., профессор
Кавтарашвили А.Ш., член-корреспондент РАН, д. с.-х. н., профессор
Князев С.Д., д. с.-х. н., профессор
Коровушкин А.А., д. б. н., доцент
Крюков В.И., д. б. н., профессор
Лещуков К.А., д. с.-х. н., доцент
Лобков В.Т., д. с.-х. н., профессор
Ляшук Р.Н., д. с.-х. н., профессор
Макаркина М.А., д. с.-х. н., гл. научный сотрудник
Мамаев А.В., д. б. н., профессор
Мельник А.Ф., д. с.-х. н., доцент
Петрова С.Н., д. с.-х. н., доцент
Резвякова С.В., д. с.-х. н., доцент
Родимцев С.А., д.т.н., доцент
Сазонова В.В., д. в. н., доцент
Никитин Д.А., д.в.н., доцент
Степанова Л.П., д. с.-х. н., профессор
Харитонов С.Н., д. с.-х. н., профессор
Яровая Н.И., д. б. н., профессор

Соловьева А.О.,
к т.н., секретарь

Содержание

стр.

Актуальные вопросы зоотехнии и ветеринарии

Шендаков А.И., **Шендакова Т.А.**, **Ляшук Р.Н.** Генетические коды и гаплотипы голштинских быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998, семя которых реализует АО ПХ «Орловский Колос» (***Shendakov A.I., Shendakova T.A., Lyashuk R.N.*** *Genetic codes and haplotypes of Holstein breeding bulls-sires of line Reflection Sovereign 198998, whose semen is offered for sale by JSC Subsidiary Farm "Orlovskiy Kolos"*)..... 2

Мурленков Н.В., Шендаков А.И. Сравнительная характеристика геномно оцененных быков-производителей голштинской породы отечественной и зарубежной селекции (***Murlenkov N.V., Shendakov A.I.*** *Comparative characteristics of genomically evaluated sires of Holstein breed of domestic and foreign selection*)..... 7

Адаев Б.Н., Котарев В.И. Анализ относительных уровней экспресии генов провоспалительных цитокинов, тканей кишечника и тимуса у цыплят-бройлеров в критические периоды жизни (***Adaev B.N., Kotaryov V.I.*** *Analysis of relative expression levels of pro-inflammatory cytokine genes in intestinal and thymus tissues of broiler chickens during critical life period*)..... 13

Яровая Н.И., Комиссарова Н.А., Маркина В.М. Изучение показателей, характеризующих митохондриальную дисфункцию у коров при воздействии стресс-факторов (***Yarovan N.I., Komissarova N.A., Markina V.M.*** *The study of indicators describing mitochondrial dysfunction in cows under the influence of stress factors*)..... 17

Чевтаева Н.Д. Биохимические показатели крови высокопродуктивных коров при включении в рацион дрожжевой пробиотической добавки «КЛЮВЕР ПРО» (***Chevtaeva N.D.*** *Biochemical parameters of blood of highly productive cows with inclusion of the yeast probiotic supplement "KLUVER PRO" in the diet*)..... 22

Шаехова Н.А., Бушкарева А.С., Филинская О.В., Пивоварова Е.А. Оценка продуктивных признаков коров ярославской породы (***Shaehova N.A., Bushkareva A.S., Filinskaya O.V., Pivovarova E.A.*** *The evaluation of productive traits of Yaroslavl breed cows*)..... 28

Гнеушева И.А., Горькова И.В., Лушников А.В., Солохина И.Ю., Агеева Н.Ю. Условия ферментативного гидролиза растительного сырья, предобработанного ультразвуком, в технологии кормового белка **(*Gneusheva I.A., Gorkova I.V., Lushnikov A.V., Solokhina I.Yu., Ageeva N.Yu.*** *Conditions of enzymatic hydrolysis of plant raw materials pretreated with ultrasound in feed protein technology***)**..... 32

Актуальные вопросы растениеводства

Гагарина И.Н., Горькова И.В., Попова А.Ю., Костромичева Е.В. Активные методы биоконверсии птичьего помета в биоорганические удобрения для листовой подкормки зерновых культур (***Gagarina I.N., Gorkova I.V., Popova A.Yu., Kostromicheva E.V.*** *Active methods of bioconversion of bird droppings into bioorganic fertilizers for leaf fertilization of grain crops*)..... 37

Актуальные вопросы производства и переработки с.-х. продукции

Демина Е.Н., Симоненкова А.П., Ветрова О.Н. Разработка рецептуры и оценка качества обогащенного плавленого сырного продукта (***Demina E.N., Simonenkova A. P., Vetrova O.N.*** *Formulation development and quality assessmentof enriched processed cheese product*)..... 41

Данилова А.М., Березина Н.А. Способы трансформации углеводного комплекса крахмалсодержащего сырья к последующему его осахариванию с использованием ФП AMG 1100 BG (***Danilova A.M., Berezina N.A.*** *Methods of transforming the carbohydrate complex of starch-containing raw materials for its subsequent sacchari-zation using the enzyme preparation AMG 1100 BG*)..... 45

Лазарева Т.Н., Мурленков Н.В., Киреева О.С. Определение минерального профиля функциональных пищевых ингредиентов методом атомно-эмиссионной спектрометрии (***Lazareva T.N., Murlenkov N.V., Kireeva O.S.*** *Determination of the mineral profile of functional food ingredients by atomic absorption spectrometry*)..... 49

Адрес издателя и редакции: 302019, Орловская обл., г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69
Свидетельство о регистрации СМИ выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), ПИ №ФС 77-70557 от 03.08.2017 г. (предыдущее свидетельство ПИ №ФС 77-54372 от 29.05.2013 г.)
Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. **Адрес издательства** (типографии): 302028, г. Орёл, бульвар Победы, 19, лицензия ЛР№021325 от 23.02.1999 г. **Язык:** русский, английский
Телефон: гл. редактор – 8-953-816-78-84, **факс:** +7 (4862) 76-41-01, **e-mail:** bio413@ya.ru (для материалов)
Сдано в набор: 11.06.2025 г. **Подписано в печать:** 18.06.2025 г. **Дата выхода:** 25.06.2025 г.
Периодичность выхода, объём: 4 раза в год, до 100 страниц. **Тираж:** 300 экземпляров. Цена свободная.
Формат: 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Фото на обложке: летний пейзаж (Photo Summer by Olga Maleeva - landscape - PhotoForum.ru)
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов. Перепечатка материалов с письменного разрешения главного редактора.
Адрес в сети Интернет: http://www.orelsau.ru/science/zhurnal-biologiya-v-selskom-khozyaystve/
(свободный доступ к архиву номеров журнала).
16+

© ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2025

УДК 636.2.034

Шендаков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Шендакова Т.А., кандидат сельскохозяйственных наук
Ляшук Р.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия
Shendakov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Shendakova T.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Lyashuk R.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
FSBEI HE Oryol State Agrarian University, Orel, Russia, e-mail: aish78@yandex.ru

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КОДЫ И ГАПЛОТИПЫ ГОЛШТИНСКИХ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЛИНИИ РЕФЛЕКШН СОВЕРИНГ 198998, СЕМЯ КОТОРЫХ РЕАЛИЗУЕТ АО ПХ «ОРЛОВСКИЙ КОЛОС»

(Genetic codes and haplotypes of Holstein breeding bulls-sires of line Reflection Sovereign 198998, whose semen is offered for sale by JSC Subsidiary Farm "Orlovskiy Kolos"*)

Научная статья посвящена оценке племенных ресурсов быков-производителей голштинской породы линии Рефлекшн Соверинг 198998 в орловской популяции молочного скота. Установлено, что в структуре поголовья быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998, семя которых реализовывалось в 2025 году, 75,86% поголовья занимали быки-производители, рождённые в хозяйствах Орловской области, 24,14% – в хозяйствах других областей. Все изученные быки-производители прошли тестирование по наиболее опасным скрытым генетическим аномалиям и гаплотипам, ассоциированным с эмбриональной смертностью, ослаблением мускулатуры у телят, ухудшением воспроизводительных качеств и пр. Потенциал этих животных, согласно официальной оценке по дочерям, составил от 11000 до 13000 кг молока при жирности молока до 4,00% и выше, что позволяет сделать вывод о их конкурентоспособности в селекционном процессе на местном уровне.

Ключевые слова: голштинская порода, быки-производители, генетические коды, генотипы, гаплотипы, генетическая экспертиза

The scientific article is devoted to the assessment of breeding resources of Holstein breeding bulls of the Reflection Sovering 198998 line in the Oryol population of dairy cattle. It was established that in the structure of the herd of bulls of the Reflection Sovering 198998 line, the semen of which was sold in 2025, 75.86% of the population were bulls born on farms in the Oryol region, 24.14% - on farms in other regions. All the studied breeding bulls were tested for the most dangerous hidden genetic anomalies and haplotypes associated with embryonic mortality, weakening of the calf muscles, deterioration of reproductive qualities, etc. The potential of these animals, according to the official assessment of daughters, was from 11,000 to 13,000 kg of milk with a milk fat content of up to 4.00% and higher, which allows us to conclude that they are competitive in the selection process at the local level.

Key words: Holstein breed, bulls-sires, genetic codes, genotypes, haplotypes, genetic expertise

В последние годы в ряде областей и регионов генеалогическое разнообразие голштинских быков-производителей стало менее разнообразным, чем 10-15 лет назад; практически перестали использоваться быки-производители линий Силинг Трайджун Рокит (Seiling Triune Rocket) 252803 и Монтвик Чифтейн 95679. Нередко в предприятиях наибольший удельный вес стали занимать животные линии Вис Бэк Айдиал 1013415. В сложившейся ситуации, во-первых, возникает повышенный интерес к местным племенным ресурсам, в т. ч. линии Рефлекшн Соверинг 198998, т.к. зачастую внесение генетического разнообразия в стадах возможно только за счёт неё, а во-вторых, в связи с распространением мутаций у этой породы возникает необходимость анализа состояния организации молекулярно-генетической экспертизы разводимого поголовья [1, 2, 3]. Это объясняет актуальность направления исследований в нашей работе, **целью** которой стало изучение генетических кодов и гаплотипов голштинских быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998, семя которых реализует АО ПХ «Орловский Колос» в хозяйствах Орловской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в период с 2024 по 2025 год в АО ПХ «Орловский Колос». В работе применялись общепринятые зоотехнические методы. Для определения происхождения быков-производителей был использован сайт «Альта Дженетикс Раша» (https://www.altagenetics.ru/) [4], сайт головного центра по воспроизводству сельскохозяйственных животных (https://oaohcr.ru/) [5], АО "Невское" [6], ООО "Бетагран Липецк" [8] и др. Быки-производители были представлены на сайте АО ПХ «Орловский колос» [7] в свободном доступе. База данных была проанализирована в «M. Excel».

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ показал, что в 2025 году АО ПХ «Орловский Колос» предлагало для реализации семя 29 быков-производителей голштинской породы, 22 из которых были рождены в стадах Орловской области (см. табл. 1), 7 быков-производителей были рождены в Ленинградской, Тульской и Смоленской обл., а также в Германии (см. табл. 2). Согласно данным сайта «Альта Дженетикс Раша» (https://www.altagenetics.ru/) [4], отцы отцов быков-производителей имеют широко известное происхождение, их родословные по продолжателям линии можно проследить до родоначальника – *Rosafe Sovereign Supreme*, рождённого 17.09.1953 г. Все изученные быки-производители прошли тестирование по наиболее опасным скрытым генетическим аномалиям и гаплотипам, ассоциированным с эмбриональной смертностью, ослаблением мускулатуры у телят, ухудшением воспроизводительных качеств и пр.

Таблица 1 - Список голштинских быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998, рождённых в Орловской области

№ п/п	Быки-производители (дата рождения, происхождение)	Отец быка-производителя (дата рождения)	Отец отца быка-производителя (дата рождения)	Молекулярно-генетическая экспертиза (дата); генетические коды - Genetic Codes и гаплотип быка-производителя или его предков (Отец – О; отец отца – ОО; ООО – отец отца отца)
	Акорд 1003 (05.05.2008, СП «Сабурово» Орловской обл.)	Акорд 345391168	Addison 839380546 (09.03.1994)	BM1818_266/266 - BM1824_178/180 - BM2113_125/127 -ETH10_217/225 - ETH225_148/152 - INRA023_210/210 -SPS115_248/248 - TGLA126_0/0 - TGLA122_143/161 -TGLA227_93/97 - TGLA53_158/176 (от 03.11.2020); OO: TL TV; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6C HMW0
	Ангар 2643 (21.08.2020, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	AltaAlpha 70346650 (01.02.2012)	Shamrock 68977120 (11.09.2009)	TGLA227_91/93 - BM2113_125/127 - TGLA53_166/184 - ETH10_219/219 - SPS115_248/248 - TGLA122_151/183 - INRA023_208/214 - TGLA126_117/121 - BM1818_262/266 -ETH225_148/150 - BM1824_178/180; O: TC TD TL TP TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Влас 2892 (06.10.2020, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	AltaWormont 312871394 (03.02.2015)	Supershot 755898903 (14.03.2013)	BM1818_266/266 - BM1824_188/188 - BM2113_127/139 -ETH10_209/219 - ETH225_140/150 - INRA023_202/214 -SPS115_248/260 - TGLA53_158/160 - TGLA122_143/163 -TGLA126_117/123 - TGLA227_89/91 (от 11.02.2021); O: TC TD TL TP TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Галий 5259 (22.08.2013, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	Г.Грего 255190	Grafit 253217 (26.03.2009)	BM1818_125/137 - BM1824_184/190 - BM2113_182/188 -ETH185_236/240 - ETH225_89/103 - ILST005_181/181 -ILST006_209/219 - INRA023_303/303 - TGLA122_143/149 -TGLA126_115/121 - TGLA227_264/266; OOO: CD TL TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDC HH6F HMW0
	Денди 9857 (17.09.2017, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	Danno 888659628	Bookem 66636657 (21.02.2009)	BM1818_262/266 - BM1824_180/188 - BM2113_125/125 -ETH10_213/217 -ETH225_140/150 - INRA023_206/206 -SPS115_248/248 - TGLA53_168/186 - TGLA122_151/161 -TGLA126_117/117 - TGLA227_87/89; O: TL TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Дукат 5316 (20.12.2013, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	Л.Д.Джевел, 95572	Juwel 661715492 (20.10.1994)	BM1818_127/135 - BM2113_180/188 - ETH10_148/150 -ETH185_240/240 - ETH225_89/97 - ILST005_181/181 -ILST006_217/219 - INRA023_297/301 - TGLA122_163/163 -TGLA126_117/121 - TGLA227_264/264 OOO: CV TL; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Илман 2547 (20.12.2010, СП «Сабурово» Орловской обл.)	Игнац 61774733	Igniter 6466625 (25.12.1995)	BM1818_266/266 - BM1824_180/182 - BM2113_125/139 -ETH10_219/219 - ETH225_140/148 - INRA023_210/214 -SPS115_248/252 - TGLA53_162/162 - TGLA122_149/149 -TGLA126_117/123 - TGLA227_97/103; OO: TL TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Имбирь 1771 (14.09.2019, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	AltaXray 72615083 (24.01.2014)	Moonray 70625790 (20.08.2011)	BM1818_266/266 - BM1824_178/188 - BM2113_135/139 -ETH10_213/219 - ETH225_148/150 - INRA023_202/206 -SPS115_248/252 - TGLA122_143/149 - TGLA126_115/117 -TGLA227_91/93; O: TD TL TP TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Кадилак 1479 (05.05.2010, ООО «Юпитер» Орловской обл.)	Cutler 8209795 (11.05.2001)	Igniter 6466625 (25.12.1995)	BM1818_262/262 - BM1824_180/188 - BM2113_125/127 -ETH10_217/219 - ETH225_140/148 - INRA023_214/214 -SPS115_248/248 - TGLA126_115/117 - TGLA122_149/171 -TGLA227_91/103 - TGLA53_154/158O: TL TV; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDC HH6F HMW0
	Каин 6750 (23.06.2015, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	AltaBaxter 132973942 (07.04.2002)	Blitz 17013604 (02.03.1996)	BM1818_266/258 - BM1824_180/188 - BM2113_125/125 -ETH10_219/219 - ETH225_150/150 - INRA023_206/208 -SPS115_248/252 - TGLA53_162/162 - TGLA122_161/163 -TGLA126_115/117; O: B/R TD TL TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Консул 5418 (18.10.2013, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	Кол Кларк 253555	Cole 247374 (19.01.2003)	BM1818_270/270 - BM1824_178/178 - BM2113_135/139 -ETH10_219/219 - ETH185_232/238 - ETH225_140/148 -ILST005_181/183 - ILST006_299/299 - TGLA122_149/185 -TGLA126_115/117 - TGLA227_87/97 (20.12.2013); OO: TV
	Лексус 2303 (21.08.2012, ООО «Юпитер» Орловской обл.)	Lexact 102482659 (19.01.2005)	Export 6812634 (15.04.1997)	BM1818_266/266 - BM2113_125/125 - ETH10_219/219 -ETH185_236/236 - ETH225_150/152 - ILST005_181/181 -ILST006_293/293 - TGLA122_143/165 - TGLA126_121/121 -TGLA227_89/97 (18.01.2013); O: TL TV; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Милорд 9541 (17.04.2017, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	AltaMalfi 58912054 (25.03.2013)	Maurice 69398748 (30.06.2010)	BM1818_266/266 - BM1824_178/180 - BM2113_135/139 -ETH10_217/219 - ETH225_148/148 - INRA023_214/214 -SPS115_248/260 - TGLA122_143/163 - TGLA227_89/97 (04.12.2017); O: CD TD TL TP TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDC HH6F HMW0
	Мудрец 9801 (22.08.2017, СП «Сабурово» Орловской обл.)	Mariott 10800542 02.06.2001	Mario 6468545 (02.10.1995)	BM1818_266/266 - BM1824_178/180 - BM2113_125/127 -ETH10_217/225 - ETH225_148/152 - INRA023_210/210 -SPS115_248/248 - TGLA126_0/0 - TGLA122_143/161 -TGLA227_93/97 - TGLA53_158/176 (03.11.2020); O: TL TV; HH1C HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Париж 3821 (22.12.2012, СП «Сабурово» Орловской обл.)	Pledger 62968888 (07.03.2006)	Goldwyn 10705608 (03.01.2000)	BM1818_262/268 - BM2113_135/135 - ETH10_217/219 -ETH185_234/244 - ETH225_148/148 - ILST005_183/183 -ILST006_299/305 - TGLA122_143/183 - TGLA126_115/123 -TGLA227_83/91 (20.12.2013); O: TL TV; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDC HH6F HMW0
	Санта 5365 (05.09.2013, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	А.Супер Суарез, 254430	Super 62065919 (29.12.2004)	BM1818_264/264 - BM1824_182/188 - BM2113_125/135 -ETH10_219/225 - ETH185_240/242 - ETH225_148/152 -ILST005_181/181 - TGLA122_163/165 - TGLA126_121/123 -TGLA227_83/103 (20.12.2013); OO: TC TD TL TP TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Север 2559 (29.12.2004, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	Стан Сааде, 45145	VH Stan 12189051 (21.06.2015)	TGLA227_81/103 - BM2113_135/137 - TGLA53_158/186 -ETH10_217/223 - SPS115_248/252 - TGLA122_143/171 -INRA023_210/214 - TGLA126_115/121 - BM1818_260/266 -ETH225_140/150 - BM1824_178/178 (22.12.2020); OO: TC TD TL TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Синус 2562 ЗАО (21.07.2020, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	С.Ситтон 260202	Спарк Сихтус 258651	TGLA227_87/97 - BM2113_125/125 - TGLA53_162/166 -ETH10_209/219 - SPS115_248/252 - TGLA122_143/151 -INRA023_210/210 - TGLA126_117/117 - BM1818_262/262 -ETH225_140/150 - BM1824_178/180 (22.12.2020)
	Султан 5342 (04.09.2013, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	Sudial 7832267 (11.10.2006)	Buckeye 130588960 (25.12.2000)	BM1818_264/270 - BM1824_180/188 - BM2113_125/125 -ETH10_219/227 - ETH185_240/240 - ETH225_148/150 -ILST005_183/183 - ILST006_297/301 - TGLA122_143/163 -TGLA126_117/121 - TGLA227_83/89 (20.12.2013): O: TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Таман 5473 (23.10.2013, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	Time 61143535 (11.12.2007)	Mac 605401644 (20.04.2001)	BM1818_262/266 - BM1824_178/182 - BM2113_125/139 -ETH10_219/219 - ETH185_232/238 - ETH225_148/150 -ILST005_181/183 - ILST006_295/295 - TGLA122_149/165 -TGLA126_115/117 - TGLA227_83/87 (20.12.2013); O: TD TL TV; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Честэр 3572 (23.10.2009, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	Rietben Charge 7229251 (04.06.1999)	AltaMarty 2231562 (07.03.1993)	BM1818_262/266 - BM1824_180/188 - BM2113_125/127 -ETH10_217/219 - ETH225_150/150 - INRA023_206/206 -SPS115_248/252 - TGLA126_117/119 - TGLA122_143/149 -TGLA227_91/97 - TGLA53_160/166 (27.02.2020); O: TL TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
	Эрос 5412 (01.10.2013, ЗАО «Славянское» Орловской обл.)	Энсино Эггерт 252518	Encino 60301421 (17.02.2001)	BM1818_266/266 - BM1824_180/188 - BM2113_125/135 -ETH10_219/223 - ETH185_234/236 - ETH225_140/150 -ILST005_181/181 - ILST006_299/299 - TGLA122_149/151 -TGLA126_119/121 - TGLA227_81/89 (20.12.2013);

Примечание: сокращённые клички, генетические коды и гаплотипы взяты с сайта https://www.altagenetics.ru/ «Альта Дженетикс Раша» [10]

Исследования также показали, что среди отцов отцов быков-производителей, рождённых в стадах Орловской области, были такие известные голштинские быки-производители, как AltaMarty 2231562 (дата рождения – 07.03.1993), Addison 839380546 (дата рождения – 09.03.1994), Juwel 661715492 (дата рождения – 20.10.1994), Mario 6468545 (02.10.1995), Shamrock 68977120 (дата рождения – 11.09.2009), Bookem 66636657 (дата рождения – 21.02.2009), Goldwyn 10705608 (дата рождения – 03.01.2000), Buckeye 130588960 (дата рождения – 25.12.2000), Super 62065919 (дата рождения – 29.12.2004) и др.

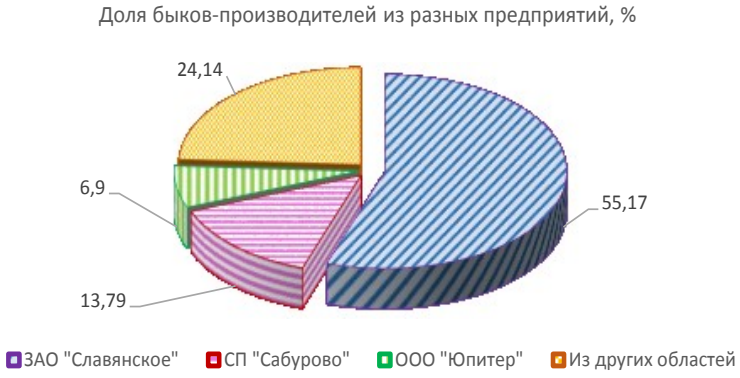


Рис. 1. – Доля быков-производителей разного происхождения, семя которых реализует в 2025 г. АО ПХ «Орловский Колос»

В структуре поголовья быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 (см. рис. 1), семя которых реализовывалось в 2025 году, 75,86% поголовья занимали быки-производители, рождённые в хозяйствах Орловской области, 24,14% – в хозяйствах других областей, т.е. поголовье АО ПХ «Орловский Колос» практически представляет местные племенные ресурсы, которые отличаются наличием выдающихся предков с отцовской стороны.

Таблица 1 - Список голштинских быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998, рождённых в других областях

№ п/п	Быки-производители (дата рождения, происхождение)	Отец быка-производителя (дата рождения)	Отец отца быка-производителя (дата рождения)	Молекулярно-генетическая экспертиза (дата); генетические коды - Genetic Codes и гаплотип быка-производителя или его предков (Отец – О; отец отца – ОО; ООО – отец отца отца)
1	Аландо 8180 (08.03.2013, ЗАО ПЗ «Рабитицы» Ленинградской обл.)	Автопилот 62364528	Goldwyn 10705608 (03.01.2000)	BM1818_262/268 - BM2113_133/139 - ETH10_219/219 -ETH185_234/236 - ETH225_148/150 - ILST005_181/181 -TGLA122_143/149 - TGLA126_115/125; OO: CD TL TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDC HH6F HMW0
2	Лайф 340 (13.11.2019, ООО «Новый путь» Брянской обл.)	Ж.Супкр Лок-М 11087776	Super 62065919 (29.12.2004)	BM1818_262/266 - BM1824_178/188 - BM2113_125/127 -ETH10_225/225 - ETH225_148/148 - INRA023_202/214 -SPS115_248/252 - TGLA126_121/121 - TGLA122_149/171 -TGLA227_81/97 - TGLA53_168/184 (10.07.2020); OO: TC TD TL TP TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
3	Легион 89806 (13.07.2009, ООО ПЗ «Новая жизнь» Тульской обл.)	Larez 100745737 (20.06.2002)	Aerowood 6682654 (05.08.1996)	O: TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
4	Мемфис 8116 (01.02.2013, ЗАО ПЗ «Рабитицы» Ленинградской обл.)	Maxum 137375664 (12.02.2006)	AltaAllegro 129608932 (16.09.1999)	BM1818_262/266 - BM2113_125/127 - ETH10_217/219 -ETH185_234/234 - ETH225_148/150 - ILST005_181/181 -TGLA122_149/149 - TGLA126_117/125 (21.10.2013); O: TD TL TP TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
5	Сиддик 35867302 (05.01.2009, Германия)	Sidney 9428124 (28.11.2002)	Lheros 6663935 (11.11.1996)	BM1824_180/188 - BM2113_125/135 - ETH3_129/129 -ETH10_213/219 - ETH225_148/150 - INRA023_202/210 -SPS115_248/256 - TGLA53_158/162 - TGLA122_143/143 -TGLA126_117/117 - TGLA227_83/93; O: TV; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
6	Силач 19133 (09.05.2022, ООО «Золотая нива» Смоленская обл.)	Stanwood (07.02.2018)	Frazzled 74261651 (10.04.2015)	BM1818_262/266 - BM1824_180/180 - BM2113_135/139 -ETH10_217/223 - ETH225_150/150 - ETH3_117/129 -INRA023_202/214 - SPS115_248/248 - TGLA126_117/117 -TGLA122_149/163 - TGLA227_97/97 - TGLA53_158/184 - CSRM60_92/102 - CSSM66_189/193 - ILST006_294/294; O: TC TD TE TL TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0
7	Стилист 8183 (12.03.2013, ЗАО ПЗ «Рабитицы» Ленинградской обл.)	Сувенир 886454292	Super 62065919 (29.12.2004)	BM1818_266/268 - BM2113_125/139 - ETH10_217/219 -ETH185_222/232 - ETH225_148/150 - ILST005_181/181 -TGLA122_149/151 - TGLA126_121/125 (21.10.2013); OO: TC TD TL TP TR TV TY; HH1F HH2F HH3F HH4F HH5F HCDF HH6F HMW0

Примечание: сокращённые клички, генетические коды и гаплотипы взяты с сайта https://www.altagenetics.ru/ «Альта Дженетикс Раша» [10]



Акорд 1003



Денди 9857



Сиддик 35867302



Кадилак 1479



Милорд 9541



Силач 19133



Консул 5418



Илман 2547

Рис. 2. – Голштинские быки-производители линии Рефлекшн Соверинг 198998, разного происхождения и рождённые в разных предприятиях по данным сайта АО ПХ «Орловский колос» [7])

Среди быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998, рождённых в других областях (см. табл. 2), отцы отцов были представлены такими известными голштинскими быками-производителями, как Goldwyn 10705608 (дата рождения – 03.01.2000), Super 62065919 (дата рождения – 29.12.2004), Aerowood 6682654 (дата рождения – 05.08.1996) Lheros 6663935 (11.11.1996), AltaAllegro 129608932 (дата рождения – 16.09.1999) Frazzled 74261651 (10.04.2015) и др. При этом среди быков-производителей прослеживались отличия как по экстерьеру, так и по масти (см. рис. 2), что способствует более разнообразным подходам при планировании подбора родительских пар в стадах.

Таим образом, в орловской популяции молочного скота племенные ресурсы голштинских быков-производителей линии Рефлекшн Соверинг 198998 в настоящее время представлены 22 головами, в родословных которых II ряд предков (отцы отцов) представлены выдающимися животными. Потенциал этих животных, согласно официальной оценке по дочерям, составил от 11000 до 13000 кг молока при жирности молока до 4,00% и выше, что позволяет сделать вывод о их конкурентоспособности в селекционном процессе на местном уровне.

Литература

1. ***Ковалюк Н.В., Сацук В.Ф., Мачульская Е.В.*** Новые тест-системы для выявления распространенных гаплотипов фертильности крупного рогатого скота айрширской и голштинской пород // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 7. С. 7-10.
2. ***Ковалюк Н.В., Волченко А.Е., Якушева Л.И., Шахназарова Ю.Ю.*** Идентификация и распространение гаплотипа нн7 фертильности голштинской породы крупного рогатого скота в субпопуляции краснодарского края // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 5. С. 36-38.
3. ***Сермягин А.А., Гладырь Е.А., Харитонов С.Н., Ермилов А.Н., Стрекозов Н.И., Брем Г., Зиновьева Н.А.*** Полногеномный анализ ассоциаций с продуктивными и репродуктивными признаками у молочного скота в российской популяции голштинской породы // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 2. С. 182-193.
4. ***https://www.altagenetics.ru/*** «Альта Дженетикс Раша» — крупнейший импортер иностранной спермопродукции в России (дата обращения 10.01.2025).
5. ***https://oaohcr.ru/*** Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных (дата обращения 10.01.2025)
6. ***https://oaonevskoe.com/*** АО "Невское" – крупнейшая организация Северо-Западного региона по производству высококачественной продукции. (дата обращения 20.12.2024).
7. ***https://clck.ru/3FHR2G*** Быки-производители голштинской породы АО ПХ «Орловский колос» (дата обращения 20.12.2024).
8. ***https://ooobetagran.ru/kontakty/*** ООО "Бетагран Липецк" (дата обращения 20.12.2024).

Поступила в редакцию: 10.03.2025 г.
Принята к публикации: 05.05.2025 г.

Шендаков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, **Шендакова Т.А.,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, **Ляшук Р.Н.,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия, e-mail: aish78@yandex.ru,

---

*- работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ФГБОУ ВО Орловский ГАУ по теме: «Повышение генетического потенциала селекционных признаков в орловской популяции молочного скота» (FEEF 2024-0011, рег. №10240322800041-7-4.2.1).

УДК / UDC 636.234.1.082.232.352636.234.1.082.355-055.6-055.2:636.082.2

Мурленков Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук
Шендаков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Орел, Россия
Murlenkov N.V., Candidate of Agricultural Sciences
Shendakov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education
"Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin", Orel, Russia, e-mail: chr98@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНОМНО ОЦЕНЕННЫХ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ

(Comparative characteristics of genomically evaluated sires of Holstein breed of domestic and foreign selection)

Актуальным направлением исследований и практики селекции крупного рогатого скота в последние годы выступает геномная оценка. Этот метод позволяет значительно повысить точность отбора животных на племенные качества благодаря использованию генетической информации, полученной путем анализа ДНК. Внедрение методов геномной оценки в систему управления стадом способствует ускорению темпов генетического прогресса и повышению экономической эффективности предприятий молочного направления деятельности. В представленном исследовании проведен анализ корреляционных связей и разниц между основными геномными индексами быков-производителей российской и зарубежной селекции. Установлено, что в обеих группах доминирует сильная положительная связь между индексом общей продуктивности (TPI) и экономическим индексом (NM$), что подчеркивает ведущую роль продуктивности в обеспечении финансовой доходности стад. В российской селекции выявлено умеренное позитивное влияние индекса TPI на молочную продуктивность (PTAM), тогда как в зарубежных линиях такого влияния нет, что объясняется иной направленностью селекционного процесса. Получены количественные оценки степени различий между быками разной селекции: максимальная разница отмечена по индексу PTAM (около 150,86%), наименьшая – по TPI (лишь 3,48%).

Ключевые слова: геномная оценка, племенные индексы, быки-производители, голштинская порода

A relevant area of research and practice in cattle selection in recent years has been genomic evaluation. This method allows for a significant increase in the accuracy of animal selection for breeding qualities due to the use of genetic information obtained through DNA analysis. The introduction of genomic evaluation methods into the herd management system helps to accelerate the pace of genetic progress and increase the economic efficiency of dairy enterprises. The presented study analyzes correlations and differences between the main genomic indices of sires of Russian and foreign selection. It was found that in both groups a strong positive relationship dominates between the total productivity index (TPI) and the economic index (NM$), which emphasizes the leading role of productivity in ensuring the financial profitability of herds. In Russian selection, a moderate positive effect of the TPI index on milk productivity (PTAM) was revealed, while in foreign lines there is no such effect, which is explained by a different focus of the selection process. Quantitative estimates of the degree of differences between bulls of different selection were obtained: the maximum difference was noted for the PTAM index (about 150.86%), the smallest - for TPI (only 3.48%).

Keywords: genomic evaluation, breeding indices, sires, Holstein breed

Введение. Использование геномной оценки стало стандартом современной селекции крупного рогатого скота во многих странах мира, включая Россию. Такой подход значительно повышает точность отбора животных для разведения, снижает риск передачи нежелательных признаков и ускоряет процесс улучшения породы [12].

Геномно оцененные быки – это животные, чья племенная ценность определена с использованием генетического анализа (генотипирования). Этот метод позволяет точно оценить потенциал животного передать желательные признаки потомству [8]. Геномная оценка основана на анализе ДНК, выявляя специфические гены и маркеры, влияющие на такие важные характеристики, как продуктивность молока, устойчивость к болезням, качество мяса и репродуктивные способности [5, 11].

При проведении геномной оценки используются различные породы крупного рогатого скота (далее КРС), каждая из которых обладает уникальными характеристиками и требованиями к проведению исследования [7]. Например, с анализом генетических маркеров, связанных с темпами роста, с эффективностью преобразования корма и качеством молока или мяса, а также с важностью оценки факторов, влияющих на здоровье и сопротивляемость заболеваниям [6].

Применение геномной оценки для различных пород КРС позволяет существенно увеличить эффективность племенной работы, обеспечивая выбор лучших производителей для дальнейшего совершенствования стад. Важно учитывать уникальные характеристики каждой породы и правильно выбирать подходы к анализу, учитывая специфику её назначения и условий содержания [1, 4].

Использование геномной оценки на быках-производителях имеет высокую актуальность в современном животноводстве благодаря следующим причинам:

1. Повышение точности отбора. Генетический анализ позволяет выявить конкретные гены и маркеры,

определяющие хозяйственно полезные признаки, такие как молочная продуктивность, рост мышечной массы, плодовитость и здоровье. Это помогает точнее оценивать потенциальное влияние каждого производителя на будущие поколения стада.

2. Сокращение сроков селекции. Традиционные методы оценки требуют длительного периода наблюдения за показателями потомства. Геномная оценка сокращает этот срок, позволяя быстро определить племенную ценность молодого бычка сразу после его рождения.

3. Улучшение эффективности производства. За счет точного подбора производителей удается ускорить прогресс пород, повысить продуктивность стад и снизить затраты на кормление и содержание менее ценных особей.

4. Экономическая выгода. Улучшение качества поголовья ведет к увеличению доходов фермерских хозяйств от продажи качественного молока, мяса и молодняка. Точное использование геномной оценки способствует повышению конкурентоспособности отечественных продуктов животноводства на внутреннем и международном рынках [10].

Исследование, проведенное Кисляковой Е.М. и др. [3], показывает сходство между результатами оценки быков-производителей, полученных посредством изучения характеристик потомства и путём геномного анализа. По обоим параметрам – количеству удоев и качественному составу молока – прогнозируемые значения близки друг другу. Тем не менее, заметны расхождения в итоговых показателях в зависимости от применяемых методик и принадлежащих животным линий. Например, у представителей линии M. Chiftain средний показатель прогноза удоя, рассчитанный на основании геномной оценки, составляет минус 195 килограммов, тогда как аналогичная величина, вычисленная методом BLUP, равна плюс 346 килограммам. Обобщённые данные свидетельствуют о том, что общий уровень прогноза удоя быков-анализируемых линий, основанный на геномных исследованиях, ниже, нежели показатели, полученные традиционными способами оценки качества потомства. Однако ситуация кардинально меняется, когда речь идёт о качественных характеристиках молока. Здесь прогнозы продуктивных качеств быков, сделанные на основе генома, превосходят оценку, проведённую традиционным способом BLUP. Эта закономерность проявляется среди всех исследованных линий.

Данные, представленные Березовиком Р.В. и др. [2], также акцентируют важность применения геномной оценки. Анализ полученных результатов подтверждает обоснованность внедрения геномной информации и метода ssGBLUP с целью повышения достоверности определения племенной (генетической) значимости чистопородных быков, у которых имеются сведения о продуктивности их дочерей. Показатели повышения точности оценки признаков, относящихся к молочному производству, варьировались от 0,1% до 15%, в зависимости от числа дочерей, учтённых при расчёте традиционной оценки методом BLUP AM.

В тоже время имеются сведения, которые не гарантируют точную оценку прогнозируемой продуктивности. Исследование продуктивного потенциала дочерей быков, проведенное Холодовой Л.В. и Смышляевой А.А. [9], показало, что фактическое содержание жирового и белкового компонентов в молоке не совпало с предсказанными значениями геномного прогноза. Итоги проведенных исследований позволяют сделать вывод, что отбор быков исключительно на основе геномных данных не гарантирует точную прогнозируемость степени воздействия конкретных производителей на экономически ценные признаки их потомства.

Немаловажным аспектом в геномной селекции выступает индекс экономической эффективности, интегрированный для оценки потенциала животного с учётом его влияния на производственные показатели, такие как удои молока, прирост массы тела, устойчивость к заболеваниям и воспроизводительные способности. Этот показатель позволяет оптимизировать отбор особей, наиболее перспективных с точки зрения прибыльности ведения животноводства, способствуя созданию высокопродуктивного и экономически выгодного стада. Так, Титоренко К.В. [6] в своей работе особенно подчеркивает важность рассматриваемого индекса. Ориентированное применение генетических маркеров даст мощный импульс развитию селекции и повышению продуктивных качеств животных, обеспечивая значительный рост экономической выгоды. Сокращение числа оценочных признаков, по сравнению с традиционными методами, ускорит процесс улучшения ключевых характеристик стада. По мнению ведущих отраслевых специалистов — руководителей племенных хозяйств и представителей Минсельхоза, внедрение данной методики способно обеспечить ежегодное производство от 9,5 до 10 тысяч килограммов молока на одну корову уже в ближайшие пять лет. Даже несмотря на возможное снижение общего количества голов, общий объём молочного производства возрастёт минимум на 50 тысяч тонн ежегодно. Применение экономико-генетического подхода в оценке племенной значимости крупного рогатого скота существенно повысит эффективность племенного дела, стимулируя увеличение надоев и объемов производства молочной продукции в регионах.

Таким образом, существует необходимость более детального анализа геномной оценки быков, в частности с сопоставлением реальных значений продуктивности потомства и предсказанных величин геномного прогноза. В то же время актуальным представляется проведение сравнительного анализа отечественных и зарубежных быков по данным геномного анализа, чтобы определить степень соответствия используемых моделей международной практике и выявить возможные направления усовершенствования отечественной системы геномной оценки. Это позволит объективнее определять генетический потенциал российских быков и эффективно интегрироваться в международные программы селекции и обмена племенными животными.

В связи с вышеизложенным, целью данного исследования являлась сравнительная характеристика геномно оцененных быков-производителей отечественной и зарубежной селекции.

Материалы и методы исследований. Результатом оценки быков-производителей голштинской породы служили геномные индексы, разработанные в США и представленные на ресурсе «Альта Дженетикс Раша» [13]. Геномные индексы в данном аспекте являются ключевыми инструментами для оценки племенной ценности производителей и принятия решений в программах пле-

менного скотоводства. Каждый индекс включает разные особенности, отражающие производительность, прибыльность и общую пригодность быков для целей размножения. В настоящем исследовании использовались индексы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика геномных индексов для оценки быков-производителей

Наименование индекса	Характеристика
TPI (*Total Performance Index*)	Индекс TPI разработан организацией Holstein Association USA специально для голштинской породы. Он представляет собой комбинированный показатель, объединяющий несколько аспектов производительности: продуктивность молока (количество и состав); здоровье и долговечность; фертильность и легкость осеменения; тип телосложения и экстерьерные характеристики. TPI интегрирует всю доступную информацию о быке и его родословной, предоставляя единый числовой показатель, позволяющий сравнивать потенциальных производителей и выбирать тех, кто обеспечит максимальную отдачу и экономическую выгоду
NM$ (*Net Merit Dollars*)	NM$ также используется для оценки крупных производителей и рассчитывается Министерством сельского хозяйства США (USDA). Этот индекс оценивает экономические преимущества от выбора определенного быка, суммируя выгоды от нескольких ключевых факторов: доход от продукции (молоко, мясо); затраты на лечение болезней и уход за животными; срок службы и общая продолжительность жизни животного; качество телосложения и другие производительные характеристики. Цель индекса NM$ заключается в максимизации прибыли фермы путем выбора быков, обеспечивающих оптимальное сочетание высоких производственных показателей и низкого риска возникновения затрат.
PTAM (*Predicted Transmitting Ability for Milk*)	PTAM является специализированным показателем, ориентированным именно на передачу генов, влияющих на молочную продуктивность. Данный индекс отражает способность быка передавать высокий уровень молочной продуктивности своему потомству. PTAM основан на широкомасштабных статистических расчетах и применяется в основном для крупномасштабных программ по разведению молочного скота.

Для сравнительного анализа в качестве опытного поголовья были отобраны голштинские быки-производители российского и зарубежного происхождения в количестве 30 голов (рис. 1).



Рис. 1 – Быки-производители российской и иностранной генетики, имеющие отличия по экстерьерно-конституционаольным особенностям (источник: https://www.altagenetics.ru/sire/)

Анализ, обработка и интерпретация информативных показателей осуществлялась посредством статистического и математического моделирования в программе SPSS. Приложение позволяет с большей точностью и надежностью получить результаты – определить уровень, а также силу достоверности связей или их отсутствие.

Результаты исследований и их обсуждение. Для проверки соответствия эмпирического распределения выборочных данных теоретическому (нормальному) были построены квантиль-квантиль графики (График Q-Q) для искомых индексов. Наличие линейности на графиках Q-Q (см. рис. 2) позволяет сделать вывод, что индексы быков-производителей характеризуется отсутствием выраженных признаков искажений формы распределения и соответствует основному критерию нормальной случайной величины. Данный факт важен для последующего применения методов статистики, таких как t-тест или F-тест.

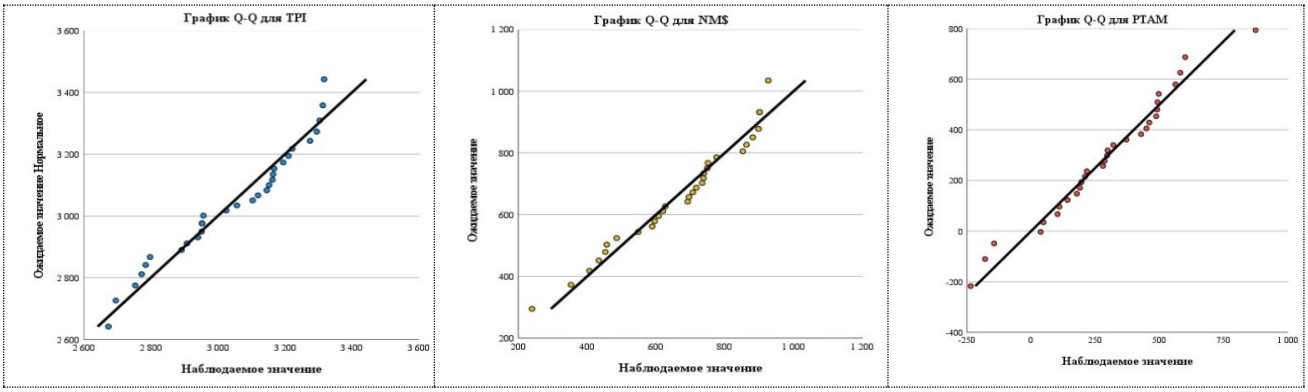


Рис. 2 – Распределение информативных показателей

Для оценки влияния фактора (породы быков российской и зарубежной селекции) на геномные индексы был проведен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), основанный на проверке гипотезы о равенстве средних значений зависимой переменной среди различных уровней независимых переменных. Анализ показал (см. табл. 2), что значимые различия фиксировались между зависимой переменной и индексом PTAM на уровне 0,004 ($p<0,01$). Полученные результаты позволяют утверждать, что способность быка передавать высокий уровень молочной продуктивности своему потомству служит существенным фактором, определяющим вариацию рассматриваемых характеристик. Это может указывать на необходимость учета данного показателя при дальнейшем анализе данных, разработке стратегий отбора особей или оптимизации производственных процессов.

Таблица 2 – Однофакторный дисперсионный анализ

Показатели		Сумма квадратов	*df*	Средний квадрат	F_{test}	*p-value*
TPI	Между группами	81224,033	1	81224,033	2,195	0,150
	Внутри групп	1036230,267	28	37008,224		
	Всего	1117454,300	29			
NM$	Между группами	94528,533	1	94528,533	3,086	0,090
	Внутри групп	857796,667	28	30635,595		
	Всего	952325,200	29			
PTAM	Между группами	460536,300	1	460536,300	9,785	**0,004**
	Внутри групп	1317845,867	28	47065,924		
	Всего	1778382,167	29			

Далее была построена матрица корреляций для производителей разной селекции (табл. 3). Корреляционные связи между геномными индексами быков-производителей также отражали взаимозависимость, что позволила понять, насколько тесно связаны разные черты и каким образом изменения одной переменной влияют на другие. Рассматривая корреляции быков российской селекции можно отметить следующее: наиболее крепкая прямая связь образовывалась между TPI и NM$ – на уровне 0,881 ($p<0,01$), то есть улучшение общих показателей продуктивности связано с улучшением экономических выгод; слабее, но также достовернее корреляция проявлялась между TPI и PTAM – на уровне 0,570 ($p<0,05$), что указывает на тенденцию увеличения общего потенциала животных с ростом молочных способностей. У животных зарубежной селекции схожая динамика прослеживалась по TPI и NM$, которая положительно коррелировали на уровне 0,795 ($p<0,01$), однако взаимосвязь между TPI и PTAM отсутствовала. Вероятно, зарубежные программы селекции уделяют большее внимание другим характеристикам, помимо объема молока, таким как здоровье, устойчивость к болезням или продолжительность жизни.

Таблица 3 – Матрица корреляционных связей между индексами быков-производителей

Показатели		TPI	NM$	PTAM
Взаимосвязи индексов быков-производителей российской селекции				
TPI	*r*-Пирсона	1	0,881**	0,570*
	p-value (двухсторонняя)	-	0,0005	0,027
NM$	*r*-Пирсона	0,881**	1	0,486
	p-value (двухсторонняя)	0,0005	-	0,066
PTAM	*r*-Пирсона	0,570*	0,486	1
	p-value (двухсторонняя)	0,027	0,066	-
Взаимосвязи индексов быков-производителей зарубежной селекции				
TPI	*r*-Пирсона	1	0,795**	0,062
	p-value (двухсторонняя)	-	0,0005	0,827
NM$	*r*-Пирсона	0,795**	1	0,288
	p-value (двухсторонняя)	0,0005	-	0,298
PTAM	*r*-Пирсона	0,062	0,288	1
	p-value (двухсторонняя)	0,827	0,298	-

Примечание: * – корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя); ** – корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

Итоговым анализом служила сравнительная оценка индексов животных (см. табл. 4). Показатели индексов быков-производителей российской и зарубежной селекции имели следующие различия: по TPI разница составляет 3,48%; по NM$ – 18,45%; по PTAM – 150,86% ($p<0,01$).

Таблица 4 – Сравнительная оценка индексов быков-производителей

Индексы	Быки-производители	
	российской селекции	зарубежной селекции
TPI	2990,26±54,476	3094,33±44,347
NM$	608,46±45,880	720,73±44,494
PTAM	164,26±47,207	412,06±63,615**

Примечание: ** – значимость на уровне 0,01

Заключение. Исследование показало, что у российских и зарубежных быков существуют устойчивые сильные корреляции между общим индексом продуктивности (TPI) и экономическим индексом (NM$), демонстрируя прямую связь между качеством животных и их вкладом в экономику фермы. Вместе с тем выявлены важные различия: в российской селекции существует умеренная связь между TPI и молочностью (PTAM), тогда как у зарубежных быков такой связи практически нет, что указывает на приоритеты селекции, направленные на другие признаки (например, здоровье и долговечность). Показано, что иностранные быки превосходят российских по молочности (разрыв в 150,86%) и экономической ценности (разрыв в 18,45%), несмотря на минимальное отставание по общему индексу продуктивности (всего 3,48%). Результаты подтверждают необходимость учёта особенностей обоих направлений селекции при формировании собственных программ развития отечественного поголовья.

Литература

1. ***Алтухова В.В., Востроилов А.В.*** Геномная оценка потенциала молочной продуктивности крупного рогатого скота голштинской породы // Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции: материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2024. С. 160-163.
2. ***Березовик Р.В.*** Влияние геномных данных на надежность оценок племенной ценности быков-производителей молочного направления продуктивности / Р.В. Березовик, Н.М. Храмченко, И.Н. Коронец, Е.Р. Макаро, И.В. Лощинин // Животноводство и ветеринарная медицина. 2023. № 1 (48). С. 7-13.
3. ***Кислякова Е.М.*** Сравнительный анализ результатов геномной оценки быков-производителей и оценки по качеству потомства / Е.М. Кислякова, Ю.В. Исупова, Н.А. Антропова, Е.Л. Владыкина, М.К. Кузнецова // Вестник аграрной науки. 2023. № 4 (103). С. 82-88.
4. ***Кислякова Е.М., Исупова Ю.В., Кузнецова М.К.*** Реализация геномного прогноза молочной продуктивности в разных технологических условиях // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2 (78). С. 96-103.
5. ***Мархотина Е.А., Дикарев А.Г.*** Геномная оценка в животноводстве // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам научно-практической конференции. Краснодар, 2024. С. 682-683.
6. ***Титоренко К.В.*** Экономический индекс оценки племенной ценности крупного рогатого скота // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 4 (65). С. 104-108.

7. ***Трофименкова Е.В., Федоров И.В.*** Эффективность инноваций в отрасли животноводства // Устойчивое развитие агропромышленного комплекса как основа продовольственной безопасности: сборник материалов международной научной конференции. Смоленск, 2023. С. 240-245.
8. ***Убийко А.С.*** Эффективность инновационных технологий в животноводстве Российской Федерации // Естественно-гуманитарные исследования. 2023. № 1 (45). С. 265-268.
9. ***Холодова Л.В., Смышляева А.А.*** Влияние геномной оценки быков-производителей на продуктивные качества их дочерей // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2021. № 23. С. 507-509.
10. ***Цыганок В.О.*** Расчёт экономической эффективности проведения геномного тестирования // Актуальные вопросы развития отрасли животноводства на современном этапе: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции. Тюмень, 2023. С. 101-106.
11. ***Цыганок В.О., Цыганок Е.О., Бахарев А.А.*** Использование геномной оценки в совершенствовании продуктивных качеств коров голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 2. С. 218-231.
12. ***Шендаков А.И.*** Эффективность геномной оценки племенной ценности голштинских быков-производителей в сравнении с оценкой по дочерям // Вестник аграрной науки. 2018. № 2 (71). С. 52-61.
13. ***Alta Genetics Russia*** [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.altagenetics.ru/ (Дата обращения: 05.03.2025).

Поступила в редакцию: 15.04.2025 г.
Принята к публикации: 06.05.2025 г.

Мурленков Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук**, Шендаков А.И.,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Орел, Россия**,** e-mail: chr98@yandex.ru

*- работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ФГБОУ ВО Орловский ГАУ по теме: «Разработка методики комплексной оценки генетической детерминации селекционных признаков при совершенствовании молочных пород крупного рогатого скота РФ» на 2023-2025 гг. (Рег. №1023050400009-2-4.2.1; 4.4.1, код научной темы, присвоенный учредителем, FEEF-2023-0015)

УДК 57.017.645

Адаев Б.Н., аспирант
Котарев В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБНУ ВНИВИПФиТ, г. Воронеж, Россия, e-mail: b.adaev2016@yandex.ru
Adaev B.N., postgraduate student
Kotaryov V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Federal State Budgetary Scientific Institution VNIIVIPFIT, Voronezh, Russia, e-mail: b.adaev2016@uapedex.ru

АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ЭКСПРЕСИИ ГЕНОВ ПРОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЦИТОКИНОВ, ТКАНЕЙ КИШЕЧНИКА И ТИМУСА У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ В КРИТИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ЖИЗНИ

(Analysis of relative expression levels of pro-inflammatory cytokine genes in intestinal and thymus tissues of broiler chickens during critical life period)

В данной работе исследована экспрессия генов провоспалительных цитокинов ИЛ-8 и ИЛ-16 в тканях кишечника и тимуса цыплят-бройлеров в критические периоды жизни после вакцинации. Целью работы явилось изучение влияния вакцинации против инфекционного бронхита кур (ИБК) на 10-й день и вакцинации против Гамборо и болезни Ньюкасла на 18-й день на экспрессию генов ИЛ-8 и ИЛ-16 в тканях кишечника и тимуса цыплят-бройлеров. Для достижения цели был использован метод количественного ПЦР-теста для определения экспрессии генов ИЛ-8 и ИЛ-16 в образцах тканей, отобранных у цыплят-бройлеров до и после вакцинации. В результате исследования было выявлено увеличение экспрессии генов ИЛ-8 и ИЛ-16 в тканях кишечника и тимуса цыплят-бройлеров после вакцинации на 10-й и 18-й день. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых методов иммунокоррекции у цыплят-бройлеров, а также для оптимизации схем вакцинации с целью снижения риска развития иммунодепрессии. На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что экспрессия генов провоспалительных цитокинов ИЛ-8 и ИЛ-16 в тканях кишечника и тимуса цыплят-бройлеров зависит от наличия источника воспаления, в данном случае от примененных вакцин. Ответная реакция организма на вакцинацию проявляется в увеличении экспрессии изучаемых генов в тканях кишечника и тимуса, как одних из значимых органов иммунитета у цыплят-бройлеров.

Ключевые слова: экспрессия генов, цитокины, бройлеры, периоды жизни

This work investigated the expression of pro-inflammatory cytokine genes IL-8 and IL-16 in the intestinal and thymus tissues of broiler chickens during critical life periods after vaccination. The aim of the work was to study the effect of vaccination against infectious bronchitis of chickens (IBK) on the 10th day and vaccination against Gamboro and Newcastle disease on the 18th day on the expression of IL-8 and IL-16 genes in the intestinal and thymus tissues of broiler chickens. To achieve the goal, a quantitative PCR test method was used to determine the expression of IL-8 and IL-16 genes in tissue samples taken from broiler chickens before and after vaccination. The study revealed an increase in the expression of IL-8 and IL-16 genes in the intestinal and thymus tissues of broiler chickens after vaccination on the 10th and 18th days. The results obtained can be used to develop new methods of immunocorrection in broiler chickens, as well as to optimize vaccination schemes in order to reduce the risk of immunodepression development. Based on the study, it can be concluded that the expression of pro-inflammatory cytokine genes IL-8 and IL-16 in the intestinal and thymus tissues of broiler chickens depends on the presence of an inflammation source, in this case, on the vaccines used. The body's response to vaccination is manifested in an increase in the expression of the studied genes in the intestinal and thymus tissues, as one of the significant immune organs in broiler chickens.

Key words: gene expression, cytokines, broilers, life stages

В современном птицеводстве, особенно в промышленном производстве бройлеров, профилактическая иммунизация молодняка играет ключевую роль в обеспечении здоровья и продуктивности птицы. Массовые вакцинации, проводимые в первые дни жизни цыплят, являются неотъемлемой частью стратегии защиты от различных инфекционных заболеваний. Однако, несмотря на свою важность, вакцинация, как и любое другое вмешательство в иммунную систему, может оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на организм птицы.

Введение вакцинных препаратов, содержащих живые или инактивированные патогены, неизбежно приводит к активации иммунной системы цыплят. В ответ на это происходит сложный комплекс реакций, направленных на распознавание и уничтожение чужеродных агентов. В результате иммунного ответа формируется специфический иммунитет, обеспечивающий защиту от конкретного заболевания в будущем.

Однако, наряду с формированием специфического иммунитета, вакцинация может приводить к развитию транзиторных или стабильных иммунодепрессивных состояний (Джавадов Э.Д., 2004). Это связано с тем, что в ответ на введение вакцины происходит перераспределение иммунных ресурсов организма, что может временно ослабить его способность реагировать на другие антигены. Кроме того, некоторые вакцины могут оказывать прямое воздействие на иммунокомпетентные клетки, вызывая их временную дисфункцию.

Иммунодепрессия, вызванная вакцинацией, может иметь различные последствия для здоровья цыплят. В критические периоды жизни, когда иммунная

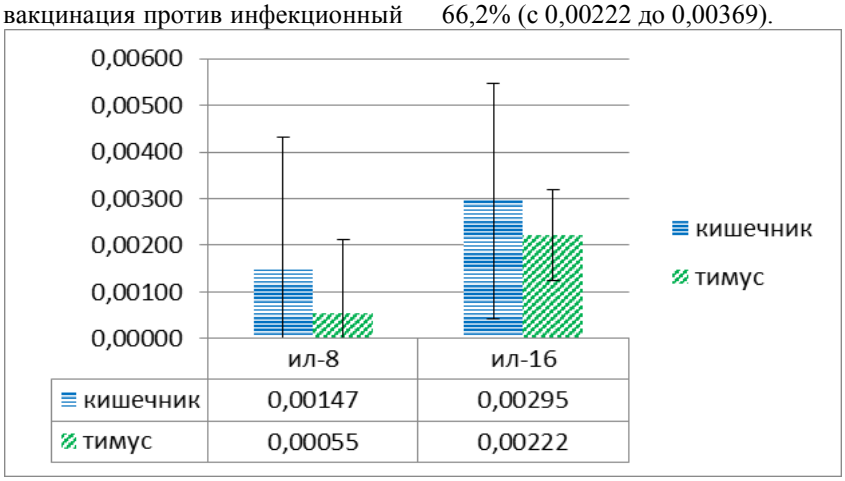
система птицы еще не полностью сформирована или находится в состоянии стресса, иммунодефицит может сделать ее более восприимчивой к различным инфекциям. Это может привести к возникновению вторичных заболеваний, снижению продуктивности и увеличению падежа птицы.

В связи с этим, изучение механизмов развития иммунодепрессии, связанной с вакцинацией, а также поиск способов ее профилактики и коррекции являются важными задачами современной ветеринарной иммунологии. Особое внимание следует уделять исследованию экспрессии генов провоспалительных цитокинов, которые играют ключевую роль в регуляции иммунного ответа (Бирман Б.Я., 2005; Громов И.Н., Журов Д.О., Баршай Е.А. 2017).

В данной работе мы сосредоточимся на анализе относительных уровней экспрессии генов провоспалительных цитокинов в тканях кишечника и тимуса у цыплят бройлеров в критические периоды жизни после вакцинации. Исследование экспрессии генов цитокинов позволит нам получить более полное представление о молекулярных механизмах, лежащих в основе развития иммунодепрессии у цыплят, а также выявить потенциальные мишени для разработки новых методов иммунокоррекции.

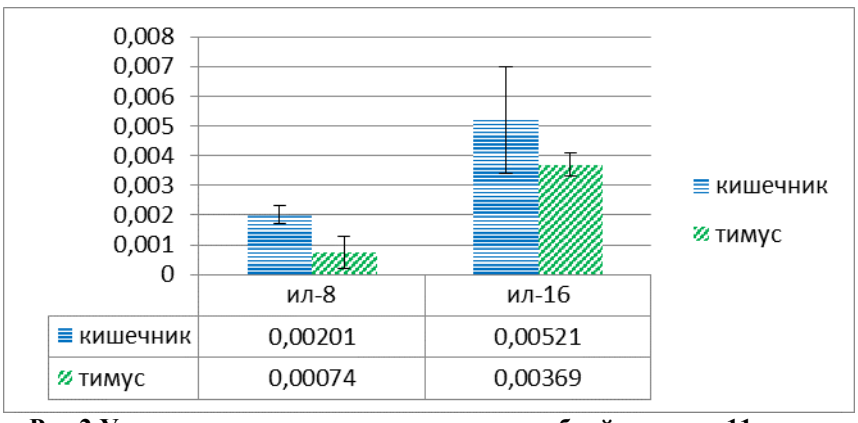
Материалы и методы исследований. Исследования проведены на базе ООО СЗЦ «Свеженка» Орловской области и на базе научных подразделений института. Для убоя отбирали по 5 цыплят бройлеров из изучаемой группы за день до и за день после вакцинации, а именно вакцинация против инфекционный бронхит кур (ИБК) на 10 день и вакцинация против Гамборо и болезни Ньюкасла на 18 день. Для изучения влияния вакцинации на экспрессию генов, проводился отбор тканей кишечника и тимуса, затем проводился количественный ПЦР-анализ. Полимеразная цепная реакция производилась на приборах Bio-Rad CFX 96 (Bio-rad, США), Rotor-Gene 6000 (Corbett Research, Австралия) и DTLite 4S1 (ДНК-Технология, Россия) с готовой коммерчески доступной смесью для PCR 5X qPCRmix-HS LowROX (Евроген, Россия). Выделение тотальной РНК осуществлялось набором «РНК-Экстран» (Синтол, Россия) по утвержденной инструкции. Оценка качества выделенной РНК проводилось с помощью электрофореза в 2% агарозном геле. Исследование происходило посредством ПЦР-анализа с добавлением красителя SYBR Green. Для оценки экспрессии изучаемых генов использовалась панели специфичных праймеров для исследования уровней экспрессии генов, ответственных за иммунитет.

Результаты исследований и их обсуждение. При исследовании (см. рис.1, 2) была выявлена тенденция увеличения экспрессии генов провоспалительных цитокинов ИЛ-8 и ИЛ-16. При исследовании тканей кишечника до и после вакцинации на 10 день наблюдалось увеличение экспресии гена ИЛ-8 на 36,7% (с 0,00147 до 0,00201), тканей тимуса на 34,5% (с 0,00055 до 0,00074). Ген ИЛ-16 имел похожую тенденцию, и его экспрессия в образцах кишечника повышалась на 76,6% (с 0,00295 до 0,00521), а тимуса на 66,2% (с 0,00222 до 0,00369).



	ил-8	ил-16
кишечник	0,00147	0,00295
тимус	0,00055	0,00222

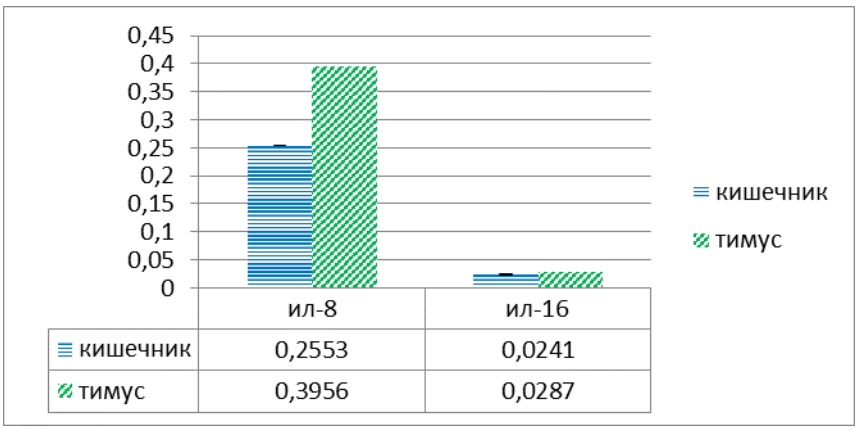
Рис.1 Уровень экспрессии органов цыплят-бройлеров на 9 сутки



	ил-8	ил-16
кишечник	0,00201	0,00521
тимус	0,00074	0,00369

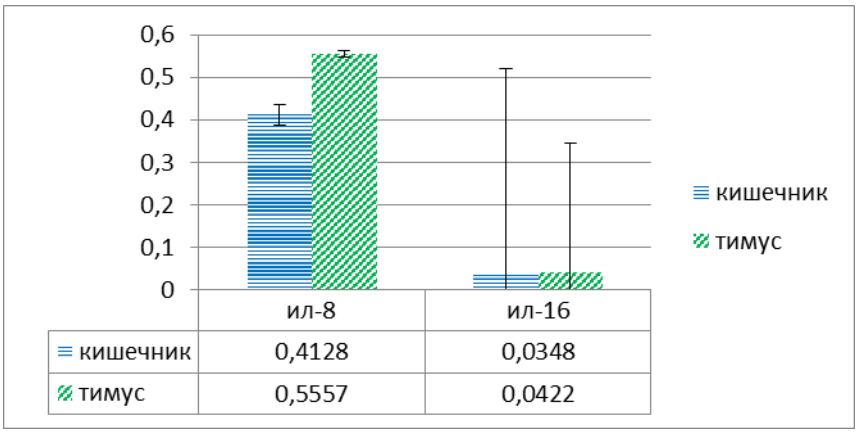
Рис.2 Уровень экспрессии органов цыплят-бройлеров на 11 сутки

Экспрессия гена ИЛ-8 тканей кишечника (см. рис. 3, 4) до и после вакцинации на 18 день увеличилась на 61.7% (с 0,2553 до 0,4128), а тканей тимуса на 40.5% (с 0,3956 до 0,5557). Экспрессия ИЛ-16, показывает схожие результаты и в тканях кишечника увеличивается на 45.2% (с 0,0241 до 0,0348), а у тканей тимуса повышение составило 47% (с 0,0287 до 0,0422)



	ил-8	ил-16
кишечник	0,2553	0,0241
тимус	0,3956	0,0287

Рис.3 Уровень экспрессии органов цыплят-бройлеров на 17 сутки



	ил-8	ил-16
кишечник	0,4128	0,0348
тимус	0,5557	0,0422

Рис.4 Уровень экспрессии органов цыплят-бройлеров на 19 сутки

Заключение. По результатам исследований, можно сделать вывод о том, что экспрессия генов провоспалительных цитокинов ИЛ-8 и ИЛ-16, как в тканях кишечника, так и тимуса, зависит от наличия источника воспаления, в данном случае от применённых вакцин. Ответная реакция организма на вакцинацию, проявляется в увеличении экспрессии изучаемых генов в тканях кишечника и тимуса, как одних из значимых органов иммунитета цыплят-бройлеров.

Литература

1. ***Бирман Б. Я.*** Иммунодефициты птиц и их профилактика / Б. Я. Бирман //Ветеринарный консультант. - 2005. - № 19. - С. 7-8.
2. ***Боголюбова, Н. В.*** Антиоксидантный статус и качество мяса у сельскохозяйственной птицы и животных при стрессе и его коррекция с помощью адаптогенов различной природы (Обзор) / Н. В. Боголюбова, Р. В. Некрасов, А. А. Зеленченкова // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 4. – С. 628-663. – DOI 10.15389/agrobiology.2022.4.628rus. – EDN XAAKNC.
3. ***Громов И.Н., Журов Д.О., Баршай Е.А***./ Респираторные болезни птиц: патоморфология и диагностика: рекомендации. - Витебск: ВГАВМ, 2017. - 40 с.
4. ***Джавадов Э.Д.*** Вирус-индуцированные иммуносупрессии и способы их предупреждения в промышленном птицеводстве: автореф. дис. ... д-ра ветеринар.наук / Э. Д. Джавадов. - М., 2004. - 49 с.
5. ***Козыренко О.В.*** Экспрессия гена IRF7 в тканях фабрициевой сумки кур-несушек и цыплят-бройлеров при вакцинации иммунокомплексной вакциной из штамма «ВНИВИП» / О. В. Козыренко, Э. Д. Джавадов, Н. В. Тарлавин [и др.] // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Молекулярно-генетические технологии анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных», Москва, 30 сентября 2021 года / Под общей редакцией С.В. Позябина, И.И. Кочиша, М.Н. Романова; Министер-

ство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина». – Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2021. – С. 264-271. – EDN RKFTLW.

6. ***Крутов И.О.*** Влияние пробиотика «Бацелл-М®» на уровень экспрессии генов у бройлеров кросса «Кобб 500» на фоне вакцинации против инфекционного бронхита / И. О. Крутов, А. В. Голубцов, Н. А. Стрельников [и др.] // Птица и птицепродукты. – 2024. – № 3. – С. 17-21. – DOI 10.30975/2073-4999-2024-26-3-17-21. – EDN JRWDCO.
7. ***Лутковская, Я. В.*** Генотипические маркеры стрессоустойчивости и иммунного ответа цыплят-бройлеров / Я. В. Лутковская // Современные научные исследования: теория, методология, практика: Сборник научных статей по материалам IV Международной научно-практической конференции, Уфа, 03 ноября 2020 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2020. – С. 26-30. – EDN DLBIHR.
8. ***Резниченко Л.В.*** Эффективность применения антиоксидантов в бройлерном птицеводстве / Л. В. Резниченко, А. А. Резниченко, С. Б. Носков, Е. Н. Рябцева // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2021. – № 1(19). – С. 33-37. – EDN YIIFEA.
9. ***Тюрина Д.Г.*** Метод полнотранскриптомного секвенирования в изучении активности генов антиоксидантной защиты в тканях печени бройлеров / Д. Г. Тюрина, Е. С. Пономарева, Г. Ю. Лаптев [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. – 2024. – № 3(51). – С. 56-63. – EDN VCLZQL.

Поступила в редакцию: 15.01.2025 г.
Принята к публикации: 06.05.2025 г.

Адаев Б.Н., аспирант, **Котарев В.И.,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ ВНИВИПФиТ, г. Воронеж, Россия, b.adaev2016@yandex.ru

УДК: 619:636.03

Яровая Н.И., доктор биологических наук, профессор
Комиссарова Н.А., кандидат биологических наук
Маркина В.М., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орел, Россия e-mail: n.yarovan@yandex.ru
Yarovan N.I., Doctor of Biological Sciences, Professor
Komissarova N.A., Candidate of Biological Sciences
Markina V.M., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
FSBEI HE Oryol State Agrarian University, Orel, Russia, e-mail: n.yarovan@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ МИТОХОНДРИАЛЬНУЮ ДИСФУНКЦИЮ У КОРОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СТРЕСС-ФАКТОРОВ

(The study of indicators describing mitochondrial dysfunction in cows under the influence of stress factors)

В статье приводятся результаты исследований биохимических показателей, подтверждающих митохондриальную дисфункцию у коров, которая сохранялась на протяжении 21 дня под сенсибилизированным действием сопровождающих технологию стресс-факторов, и диагностирующих состояние адаптационного напряжения (по уровню МДА, кортизола и соотношения кортизол/инсулин). Работа была выполнена в период с 2018 по 2024 гг. на базе промышленного комплекса ООО «Маслово», а также в лабораторных условиях кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской и в условиях ИНИИЦ ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина. Объектом исследования были коровы голштинизированной породы, содержащиеся в стрессогенных условиях промышленного комплекса ООО «Маслово». В качестве показателя, используемого для диагностики митохондриальной дисфункции, авторы изучали малоновый диальдегид (МДА). Так, в сыворотке крови коров на протяжении 21-го дня исследования наблюдался значительно увеличенный уровень МДА (в 5,4-9,5 раз относительно нормы) и сниженное относительно референсных значений содержание церулоплазмина (на 0,12-0,79 мкмоль/л). Состояние напряжения (стресса) определяли по индексу кортизол/инсулин, который к 21-м суткам исследования составил 1,11±0,11, что соответствует высокому состоянию напряжения и низкому адаптационному резерву у исследованных коров.

Ключевые слова: митохондриальная дисфункция, перекисное окисление липидов, малоновый диальдегид, молочная продуктивность, промышленный стресс, высокопродуктивные коровы.

The article presents the results of research of biochemical parameters confirming mitochondrial dysfunction in cows, which continue for 21 days under the sensitized effect of the stress factors accompanying the technology, and diagnosing the state of adaptive stress (in terms of MDA, cortisol, and cortisol/insulin ratio). The work was performed in the period from 2018 to 2024 on the basis of the industrial complex of OOO "Maslovo" and in the laboratory conditions of the Department of Biotechnology and Chemistry named after Professor N.E. Pavlovskaya and in the conditions of the INIC of the Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina. The object of the research was Holstein cows kept in stressful conditions of the industrial complex of OOO "Maslovo". The authors studied malondialdehyde (MDA) as an indicator used to diagnose mitochondrial dysfunction. Thus, during the 21st day of the research, a significantly increased level of MDA was observed in the blood serum of cows (5.4-9.5 times higher than normal) and a decrease in the content of ceruloplasmin relative to the reference values (by 0.12-0.79 mmol/l). The state of tension (stress) was determined by the cortisol/insulin index, which by the 21st day of the research was 1.11± 0.11, which corresponds to a high state of tension and a low adaptive reserve in the cows studied.

Keywords: mitochondrial dysfunction, lipid peroxidation, malondialdehyde, dairy productivity, industrial stress, highly productive cows.

Введение. Многочисленными исследованиями было установлено, что при технологическом стрессе у коров усиливаются процессы свободно-радикального окисления, включая процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ), и снижается активность антиоксидантной системы крови [1, 2].

При активации ПОЛ происходит интенсивный распад фосфолипидов мембран клеток и митохондрий, включая фосфолипид внутренней мембраны митохондрий - кардиолипин, в следствие чего увеличивается проницаемость этих мембран и повышается уровень внутриклеточного и внутримитохондриального кальция.

Окислительное повреждение митохондриального кардиолипина и нарушения в метаболизме кальция активизируют открытие митохондриальных пор неспецифической проницаемости, что приводит к набуханию митохондрий, к еще большему повреждению митохондриальных мембран и гибели клеток [3, 4].

Для обеспечения синтеза АТФ необходимым условием является целостность внутренних мембран митохондрий. Интенсивность процессов синтеза АТФ определяется как энергетический статус клетки [5].

Живой многоклеточный организм, в том числе и организм коров, представляет собой единую энергетическую систему, суммированную из энергетических потенциалов всех клеток [6].

Нарушения в энергообразующих процессах клетки, в том числе вызванных усилением свободнорадикального окисления (СРО) приводит к развитию митохондриальной дисфункции [3, 7]. Митохондриальной дисфункцией называется патологический процесс, не зависящий от этиологии и протекания заболевания, проявляющийся, в первую очередь, нарушением энергообразующей функции митохондрий [1, 3]. Энергетический обмен является основой для функционирования всех органов и систем в организме, поэтому нарушения в нем провоцируют развитие патологических процессов [8].

Самыми распространенными заболеваниями у высокопродуктивных коров являются болезни неинфекционной этиологии, в частности заболевания, возникающие в том числе за счет развития митохондриальной дисфункции на фоне окислительного стресса у коров, в следствие чего происходит нарушение баланса между процессом синтеза молока и внутренними резервами организма для обеспечения метаболического гомеостаза [9].

Отел и транзитный период у коров сопровождается гормональной перестройкой и увеличением потребности в пластических и энергетических веществах. В отмеченные периоды происходит смена условий содержания и кормления, что в итоге приводит к чрезмерному напряжению процессов обмена у животных и повышению чувствительности к воздействию стресс-факторов [2, 10, 11].

На данный момент для диагностики митохондриальной дисфункции не существует стандартного набора методов и показателей [4]. Одним из маркеров, используемых при выявлении митохондриальной дисфункции, считается малоновый диальдегид (МДА). Малоновый диальдегид считается общепризнанным показателем окислительного стресса и перекисного окисления липидов [3]. При окислительном повреждении липидов, ДНК и аминокислот накапливается МДА, который инактивирует митохондриальные комплексы I, II и V и негативно влияет на функциональность митохондрий [12].

Особое внимание в современном промышленном животноводстве уделяется разработке и применению методов, направленных на снижение стресс-нагрузки на сельскохозяйственных животных [13]. Однако, согласно анализу литературных данных, отрицательное влияние существующих при данной технологии стресс-факторов остается высоким, в том числе и за счет эффекта сенсибилизации, т.е. повышения чувствительности организма к воздействию последующих стрессоров [13, 14]. Поэтому считаем, что одним из важных путей минимизации влияния стресс-факторов на коров является повышение функциональных резервов организма, в том числе за счет коррекции нарушений при окислительном стрессе и митохондриальной дисфункции.

Для разработки способов коррекции митохондриальной дисфункции у коров в условиях промышленного комплекса актуальным является диагностика и определение степени выраженности данной патологии.

Целью исследований являлось выявление митохондриальной дисфункции у коров стрессогенного промышленного содержания и наблюдение за тенденцией ее сохранения на протяжении 21 дня под сенсибилизированным действием сопровождающих стресс-факторов и изучение взаимозависимости данной патологии с состоянием оксидантно-антиоксидантного и гормонального статусов у животных, а также анализ показателей продуктивности исследуемых коров на фоне установленных адаптационных нарушений.

Условия, материалы и методы. Исследования были выполнены в период с 2018 по 2024 гг. на базе промышленного комплекса ООО «Маслово», в лабораториях кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской и в условиях инновационного научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина.

Объектом эксперимента являлись коровы голштинизированной породы, содержащиеся в стрессогенных условиях промышленного комплекса ООО «Маслово».

В качестве материала для исследований использовали сыворотку крови. Кровь для исследований отбирали в утренние часы перед кормлением из яремной вены у коров, соблюдая все правила асептики и антисептики [15].

Для выявления митохондриальной дисфункции и оксидантного статуса у коров определяли содержание малонового диальдегида в сыворотке крови методом Э.Н. Коробейниковой (1989) по реакции с тиобарбитуровой кислотой.

Оценку антиоксидантного статуса проводили по показателю церулоплазмина (ЦП), как основного антиоксиданта плазмы крови, с помощью экспресс-метода по Э.В. Тэну (1981).

Состояние гормонального статуса оценивали по уровням кортизола и инсулина. Данные гормоны совместно с еще некоторыми другими гормонами обеспечивают энергетический гомеостаз, являющийся ключевой составляющей для обеспечения высокой молочной продуктивности у коров. Также исследовали соотношение кортизола к инсулину, как степень выраженности напряжения в организме и резерв его компенсаторных возможностей [16].

Массовую долю жира и массовую долю белка определяли с помощью ультразвукового анализатора «Лактан 1-4» (Россия).

Полученные экспериментальные данные были статистически обработаны и представлены в статье в виде M±SD, где M - среднее арифметическое, SD - среднеквадратичное отклонение. Достоверность отличий между средними величинами в разных группах исследования устанавливали с помощью критерия Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждения. У исследуемых коров, содержащихся в условиях промышленного комплекса, был установлен окислительный стресс, что подтверждалось значительным увеличением содержания в сыворотке крови малонового диальдегида и снижением уровня церулоплазмина относительно нормальных значений (см. рис. 1).

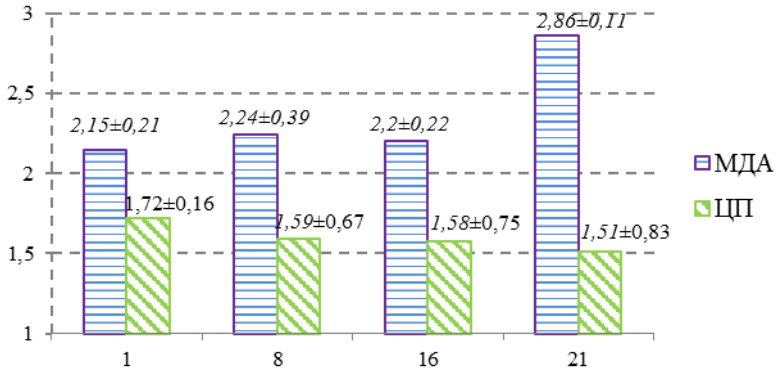


Рис. 1 – Показатели оксидантно-антиоксидантного статуса у высокопродуктивных коров при технологическом стрессе в течение 21 дня, (ООО «Маслово»)

Концентрация малонового диальдегида в крови коров была выше относительно верхней (0,4 мкмоль/л) и нижней (0,3 мкмоль/л) границ нормы соответственно: в 1 день исследования – в 5,4 раза и в 7,2 раза, на 8-й день – в 5,6 раза и 7,5 раза, на 16-й день – в 5,5 раза и в 7,3 раза, к 21-му дню – в 7,2 раза и в 9,5 раза.

Диагностированный нами повышенный уровень малонового диальдегида на протяжении всего исследования свидетельствует о наличии митохондриальной дисфункции у коров.

Митохондриальная дисфункция сопровождалась низким уровнем церулоплазмина в крови коров относительно верхней (1,84 мкмоль/л) и нижней (1,6 мкмоль/л) границ нормы, соответственно: в 1 день уровень был ниже на 0,12 мкмоль/л и на 0,58 мкмоль/л, на 8-ой день - на 0,25 и 0,71 мкмоль/л, на 16-й день - на 0,26 мкмоль/л и на 0,72 мкмоль/л, к 21-му дню - на 0,33 и 0,79 мкмоль/л.

Окислительный стресс у высокопродуктивных коров в стрессогенных условиях промышленного комплекса протекал на фоне нарушений гормонального статуса (по уровню кортизола и инсулина) (см. рис. 2).

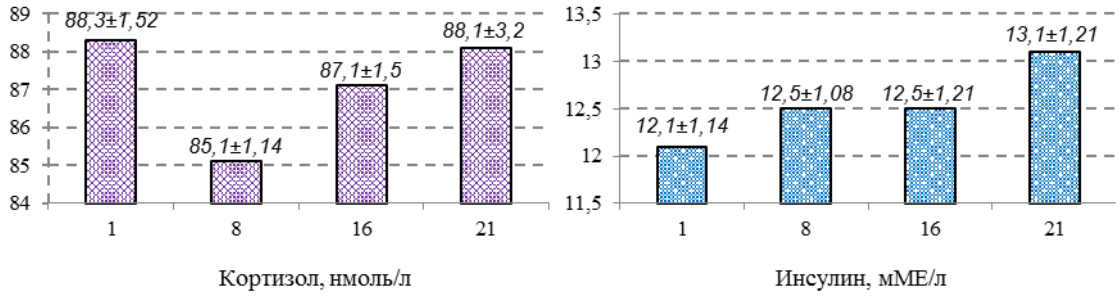


Рис. 2 – Динамика уровней кортизола и инсулина в крови высокопродуктивных коров при технологическом стрессе в течение 21 дня, (ООО «Маслово»)

К концу исследования (к 21-му дню) уровень кортизола в сыворотке крови коров приближался к верхней границе референса и составил 88,1±3,2 нмоль/л при норме 26-90 нмоль/л. Инсулин находился в пределах нормальных значений (2-20 мМЕ/л) и к 21-му дню составил 13,1±1,21 мМЕ/л. При этом было установлено, что концентрация глюкозы в сыворотке крови у коров была ниже нормальных значений весь период исследования и к 21-му дню составила 2,2±1,22 ммоль/л при норме 2,5-4,1 ммоль/л.

Анализ научной литературы показывает, что гормональная реакция организма на воздействие стресс-факторов может меняться, и в связи с чем уровень стресса (напряжения) следует выявлять не по количеству глюкокортикоидов и инсулина, а по их соотношению – по индексу кортизол/инсулин. Установлено, что высокое соотношение кортизола к инсулину отражает более сильное напряжение и меньший адаптационный резерв [17, 18].

Согласно исследованиям Алексанина С.С. соотношение кортизол/инсулин у исследуемых животных оценивали по отношению к медиане, которая рассчитывалась как частное медиан диапазонов нормальных значений для кортизола (в нмоль/л) и инсулина (в пмоль/л), и составила 0,6 [14, 17]. К 21-му дню исследования индекс кортизол/инсулин составил 1,11±0,11, что в 2 раза ($p<0,05$) превышало медиану, рассчитанную на основе диапазонов нормы данных гормонов (см. рис. 3). Определение индекса кортизол/инсулин, как показателя стресса, позволило установить, что исследуемые коровы находились в состоянии напряжения, и у них отмечалось снижение адаптационных возможностей.

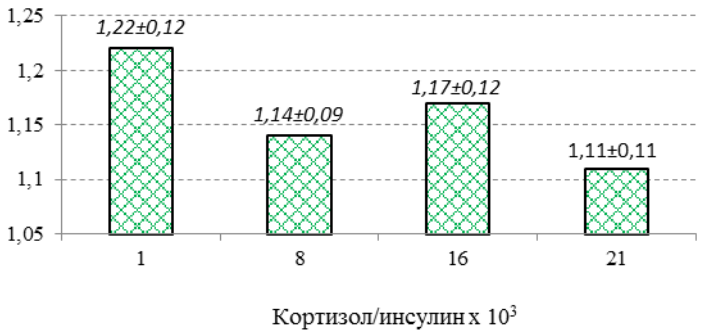


Рис. 3 -Динамика изменения соотношения кортизола к инсулину в крови высокопродуктивных коров при технологическом стрессе в течение 21 дня, (ООО «Маслово»)

Установленные нами нарушения в оксидантно-антиоксидантном и гормональном статусах и их взаимозависимости с митохондриальной дисфункцией сопровождались низкой молочной продуктивностью у коров. К 21-м суткам исследований среднесуточный удой составил 23,1±0,42 кг (низкий удой) при норме (средний удой) 31 кг, массовая доля белка и жира составили 3,16±0,04 и 3,49±0,09%, соответственно [19].

Важным показателем состояния организма животного является молочная продуктивность. Нарушения в метаболических и энергетических процессах у коров являются препятствием для реализации их генетически детерминированного потенциала молочной продуктивности. В основном, причины возникновения данных патологий заключаются в погрешностях в кормлении, в не соответствующих условиях содержания и хозяйственного использования высокопродуктивных коров. Метаболические и энергетические нарушения необходимо устранять с помощью корректирующих средств желательно природного происхождения, что позволит оптимизировать обмен веществ и увеличить молочную продуктивность.

Выводы. У исследуемых коров выявлена митохондриальная дисфункция, которая сохранялась на протяжении 21 дня под сенсибилизированным действием сопровождающих технологию стресс-факторов, было диагностировано состояние адаптационного напряжения, что подтвердилось увеличением свободно-радикального окисления (по уровню МДА), содержанием стрессовых гормонов и их соотношением. Установленные патологические изменения рассматриваются нами как причина метаболических нарушений и низкой продуктивности у обследованных коров.

Литература

1. ***Бельских Э.С.*** Современные представления о патогенезе и подходах к коррекции митохондриальной дисфункции / Э. С. Бельских, В. И. Звягина, О. М. Урясьев // Наука молодых (Eruditio Juvenium). – 2016. – С. 104-112;
2. ***Иващенко М.Н.*** Состояние окислительного гомеостаза крови коров в условиях технологического стресса / М.Н. Иващенко, А.В. Дерюгина, М.Н. Таламанова, А.А. Дунаевская // Прикаспийский международный молодёжный научный форум агропромтехнологий и продовольственной безопасности. – 2022. – С. 75-77;
3. ***Лысенко В.И.*** Оксидативный стресс как неспецифический фактор патогенеза органных повреждений (обзор литературы и собственных исследований) / В. И. Лысенко // Медицина неотложных состояний. – 2020. – Т. 16. №1. – С. 24-35;
4. ***Пристром М.С.*** Митохондриальная дисфункция и продолжительность жизни / М.С. Пристром, М.В. Штонда, И.И. Семененков // Медицинские новости. – 2023. – №5. – С. 33-38;
5. ***Джумаева М.*** Characteristics of the influence of some isoquinoline alkaloids on the dysfunction of rat liver mito-chondria under oxidative stress / M. Джумаева, И. Мухамедиева, З. Маматова, Ш. Журакулов, М. Позилов // News of the NUUz. – 2024. – №3(3.1). - С.40-44. https://doi.org/10.69617/uzmu.v3i3.1.1704
6. ***Шишков Ю.И.*** Влияние энергоинформационного состояния клетки на жизнедеятельность биологических систем / Ю. И. Шишков, В. А. Миронов // Пиво и напитки. – 2008. – №5. - С. 20-24;
7. ***Путилина М.*** Комбинированная нейропротекторная терапия при цереброваскулярных заболеваниях / М. Путилина // Врач. – 2012. – № 4. – С. 69-73;
8. ***Фрелих Г.А.*** Современные методы оценки функционального состояния митохондрий / Г.А. Фрелих, Н.Ю. Поломеева, А.С. Васильев, В.В. Удут // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2013. – №3 (28). - С. 7-13;
9. ***Черепанов Г.Г.*** Проблемы биологии продуктивных животных с позиций новых информационных технологий: зачем нужен «Зоофизтех» / Г. Г. Черепанов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2021. – С. 62-78;
10. ***Ланец О.В.*** Фармакокоррекция метаболического и антиоксидантного профиля коров в ранний послео-тельный период / О. В. Ланец, В. А. Гринь, М. П. Семененко, Е. В. Кузьминова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное об-

разование. – 2021. – № 3(63). – С. 274-282;
11. ***Соболева Е.Н.*** Оценка состояния организма коров в хозяйстве СХПК «Племзавод Майский» / Е. Н. Соболева // Молочнохозяйственный вестник. – 2011. – С. 95-98;
12. ***McClintock C.R.*** Biomarkers of mitochondrial dysfunction in acute respiratory distress syndrome: A systematic review and meta-analysis / C. R. McClintock, N. Mulholland, A. D. Krasnodembskaya // Front. Med. 9:1011819. doi: 10.3389/fmed.2022.1011819;
13. ***Фёдорова А.О.*** Стресс-фактор и реакция организма животных на его влияние: монография / А. О. Фёдорова, Н. С. Кухаренко. – Благовещенск: Дальневосточный ГАУ. 2021. – 216 с.;
14. ***Разводовский Ю.Е.*** Психосоциальный дистресс как фактор риска смертности от ишемической болезни сердца / Ю. Е. Разводовский // Медицинская панорама. – 2021. – С. 51-54;
15. ***Кондрахин И.П.*** Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник /И.П. Кон-драхин, А.В. Архипов, В. И. Левченко / под ред. И. П. Кондрахина. – М.: Колос. – 2004. – 520 с.;
16. ***Речкалов А.В.*** Спортивная эндокринология: учебное пособие / А. В. Речкалов, О. Л. Пшеничникова. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та. 2007. – 86 с.;
17. ***Алексанин С.С.*** Лабораторные маркеры адаптации к условиям Арктики: научный поиск и перспективы внедрения / С. С. Алексанин, Н. А. Алхутова, Н. А. Ковязина, О. Л. Жижина, Н. В. Нестеренко, В. Ю. Рыбников // Клиническая лабораторная диагностика. – 2022. – №5. – С. 267-270;
18. ***Сюсюка В.Г.*** Оценка баланса кортизол/инсулин у беременных с задержкой роста плода / В. Г. Сюсюка, Н. Г. Колокот, А.В. Абрамов, И. Ф. Беленичев // Актуальные проблемы биохимии: Сборник материалов научно-практической конференции с международным участием. Гродно. 28 мая 2021 года. – Гродно: Гродненский государственный медицинский университет. 2021. – С. 241-244;
19. ***Абрамян А.С.*** Влияние набора кормов и добавок на молочную продуктивность коров и экономические показатели / А.С. Абрамян // Адаптивное кормопроизводство. - 2021. – №2. - С. 81-85.

Поступила в редакцию: 02.04.2025 г.
Принята к публикации: 06.05.2025 г.

Яровая Н.И., доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской; **Комиссарова Н.А.**, кандидат биологических наук, **Маркина В.М.**, кандидат химических наук, доцент**.** ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орел, Россия, e-mail: n.yarovan@yandex.ru

УДК 636.2:612.12

Чевтаева Н.Д., аспирант
Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия, e-mail: chevtaeva_natasha@mail.ru
Chevtaeva N.D., PhD student
Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН ДРОЖЖЕВОЙ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ «КЛЮВЕР ПРО»

(Biochemical parameters of blood of highly productive cows with inclusion of the yeast probiotic supplement "KLUVER PRO" in the diet)

Стабильное функционирование рубцового пищеварения, поддержание сбалансированного состава микробиоты и профилактика алиментарных заболеваний являются важными аспектами кормления жвачных. В этих целях в молочном скотоводстве активно применяются пробиотические добавки, в частности, активные дрожжи. Молочные дрожжи вида *Kluyveromyces marxianus* являются в настоящее время менее изученными в молочном скотоводстве, но перспективными в качестве пробиотика. Коровы контрольной группы находились на рационе, применяемом в хозяйстве, опытной же группе задавалась добавка «КЛЮВЕР ПРО» на основе живых высушенных дрожжей вида *Kluyveromyces marxianus* в дозе 20 г на голову в сутки. По результатам исследования наблюдались достоверно значимые изменения – доля альбуминов в сыворотке крови опытных коров, получавших пробиотическую добавку, повысилась на 7,00 % ($p < 0,05$) по сравнению с зафиксированным показателем на начало опыта, концентрация мочевины при том же сравнении снизилась на 32,16 % ($p < 0,01$), тогда как в сравнении с контролем этот показатель понизился на 23,11 % ($p < 0,05$). Уровень холестерина в опытной группе повысился на 42,35 % ($p < 0,05$) по сравнению с подготовительным периодом.

Ключевые слова: дойные коровы, дрожжи, пробиотики, биохимические показатели крови, метаболизм

Stable functioning of ruminal digestion, maintenance of a balanced microbiota composition, and prevention of alimentary diseases are key aspects of ruminant feeding. To achieve these goals, probiotic supplements particularly active yeasts are widely used in dairy cattle farming. Milk yeasts of the species *Kluyveromyces marxianus* are currently less studied in dairy production but show promise as a probiotic agent. Cows in the control group were maintained on the standard diet used on the farm, whereas cows in the experimental group received the «KLUVER PRO» supplement, based on live dried *Kluyveromyces marxianus* yeast, at a dose of 20 g per head per day. The study results revealed statistically significant changes: the proportion of albumins in the blood serum of cows receiving the probiotic supplement increased by 7.00% ($p < 0.05$) compared to baseline values; urea concentration decreased by 32.16% ($p < 0.01$) relative to the initial measurement, and by 23.11% ($p < 0.05$) compared to the control group. Cholesterol levels in the experimental group increased by 42.35% ($p < 0.05$) compared to the preparatory period.

Keywords: dairy cows, yeast, probiotics, biochemical blood parameters, metabolism

Введение. Современное молочное скотоводство является одной из ведущих отраслей животноводства. Уровень молочной продуктивности крупного рогатого скота в значительной степени определяется генетическими факторами, а также зависит от качества и доступности кормовой базы, обеспечивая животных питательными веществами с учетом их уровня продуктивности и физиологического состояния.

Известно, что оптимизация кормления играет ключевую роль в реализации генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных [18]. Несмотря на кажущуюся простоту данного процесса, его успешная реализация представляет собой сложную задачу, обусловленную взаимодействием множества взаимосвязанных факторов.

Особенно сложным является балансирование рационов для высокопродуктивных коров, характеризующихся преобладанием концентратов в рационе. Такой подход нарушает стабильность жизнедеятельности рубцовой микрофлоры и негативно сказывается на процессах рубцовой ферментации, что в свою очередь, снижает эффективность переваривания и усвоения питательных веществ организмом животных [8]. Дисбаланс ферментативных процессов в преджелудках может провоцировать развитие алиментарных заболеваний различной этиологии. В частности, наблюдается повышение кислотности рубцового содержимого и угнетение активности симбиотической микрофлоры, развитие острых и подострых форм ацидоза, снижение буферной емкости крови, ухудшение репродуктивной функции, а также повышение риска возникновения ламинитов и других патологий обмена веществ [13]. В связи с этим, кормовые рационы должны быть сбалансированы не только с целью повышения удоев, а также для нормализации и поддержания физиологического состояния и здоровья животных.

Поэтому в настоящее время стабильное функционирование рубцового пищеварения, поддержание сбалансированного состава микробиоты и профилактика алиментарных заболеваний являются важными аспектами кормления жвачных. В этих целях в молочном скотоводстве активно применяются пробиотические добавки, в частности, активные дрожжи. Исследования отечественных и зарубежных ученых, а также практический опыт использования таких доба-

вок подтверждают их влияние на нормализацию микробиоценоза рубца, предотвращение развития пищеварительных расстройств, снижение риска инфекционных заболеваний, укрепление иммунного статуса и улучшение репродуктивных показателей [1]. Пробиотические препараты демонстрируют способность модулировать микробиоценоз преджелудков, воздействуя на метаболические процессы, улучшая переваримость кормовых компонентов, и, как следствие, способствуют увеличению объема и улучшению качества получаемой молочной продукции [15].

Экспериментально и практически подтвержденными в качестве пробиотических добавок являются виды *Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces boulardii, Candida utilis* и др. По данным исследований основная их функция заключается в поддержании оптимального уровня pH рубцового содержимого, а также угнетении роста молочнокислых бактерий и ускорения расщепления молочной кислоты. Это создает благоприятные условия для жизнедеятельности симбиотической микрофлоры, участвующей в ферментации грубых кормов, улучшает переваримость питательных веществ, способствует высвобождению максимального количества энергии и увеличению поедаемости корма, что, в конечном итоге, приводит к росту молочной продуктивности [5].

Пробиотические микроорганизмы, попадая в организм, способствуют поддержанию физиологической целостности различных систем, включая иммунную, гормональную и эндокринную. Их механизм действия связан с активной колонизацией желудочно-кишечного тракта, выработкой биологически активных метаболитов, обеспечивающих конкурентное вытеснение патогенной микрофлоры, а также стабилизацией процессов пищеварения [10].

Молочные дрожжи вида *Kluyveromyces marxianus* являются в настоящее время менее изученными в молочном скотоводстве, но перспективными в качестве пробиотика. Их уникальные свойства, такие как термоустойчивость и способность перерабатывать широкий спектр субстратов, обеспечивают дополнительные преимущества перед другими видами дрожжей [16].

Влияние пробиотических добавок разных видов дрожжей на молочную продуктивность исследовалось в работах **Н.А. Морозкова** (2015), **И.Н. Миколайчика** (2017), **И.С. Борзенковой** (2020) и других авторов. Однако данные о воздействии этих компонентов рациона на биохимические показатели крови, отражающие процессы метаболизма белков, жиров, углеводов, витаминов, а также макро- и микроэлементов в организме животных, остаются недостаточно изученными. Эти значения являются ценным инструментом для диагностики скрытых патологий обмена веществ, прогнозирования племенных характеристик и продуктивности стада.

Кровь играет фундаментальную роль в поддержании гомеостаза и реализует ряд жизненно важных функций: транспортную, дыхательную, каталитическую, регуляторную, энергетическую и защитную [9]. Она обеспечивает доставку кислорода, углекислого газа, энергетических субстратов (углеводов, белков, липидов) и продуктов катаболизма (например, мочевины), а также участвует в регуляции клеточных процессов посредством транспорта гормонов.

Настоящее исследование направлено на оценку изменений биохимических показателей крови коров при введении в рацион пробиотической дрожжевой добавки «КЛЮВЕР ПРО».

Условия проведения исследования и методология. Исследование проведено в условиях сельскохозяйственного продовольственного кооператива племенного завода им. Ленина в Атнинском районе Республики Татарстан. Объектами опыта стали дойные коровы голштинской породы привязного содержания. Для проведения исследований из клинически здоровых животных были сформированы опытная и контрольная группа по 60 голов в каждой по принципу аналогов. Продолжительность опыта составила 80 дней, включая 20 дней подготовительного периода. Условия кормления, содержания и ухода подопытных животных в период проведения экспериментальной части исследования были одинаковы. Рацион для дойных коров составлялся в соответствии с требованиями детализированных норм кормления, и был идентичен по количеству и качеству основных кормов [7]. Средняя продуктивность в предыдущую лактации составила 8900 кг молока с массовой долей жира 3,76 и 3,23 %.

Коровы контрольной группы находились на рационе, применяемом в хозяйстве, опытной же группе задавалась добавка «КЛЮВЕР ПРО» на основе живых высушенных дрожжей вида *Kluyveromyces marxianus* в дозе 20 г на голову в сутки согласно рекомендуемым нормам от производителя.

По общепринятым методикам для изучения метаболических процессов в организме животных трижды отобрали пробы крови для определения биохимических показателей в начале, середине и в конце опыта. Пробы отбирали из хвостовой вены утром за час до кормления. Анализы сыворотки крови проводились в ГБУ «Республиканская ветеринарная лаборатория» г. Казань.

Результаты исследований и их обсуждение. Степень соответствия уровня белкового питания биологическим потребностям организма оценивается по таким диагностическим показателям, как общий белок, альбумины, ферменты аспартатаминотрансфераза (АСТ) и аланинаминотрансфераза (АЛТ), мочевина и др. Эти показатели, называемые биомаркерами белкового обмена, представлены в таблице 1.

Результаты исследования отобранных проб показали, что в опытной группе содержание общего белка за период исследования повысилось на 2,91 г\л или 3,43 %. По сравнению с контролем эта разница по итогам опыта составила 3,23 %. В контрольной группе этот показатель за тот же период оставался фактически стабильным с незначительным снижением на 0,6 %. В целом, следует отметить, что содержание общего белка в опытной и контрольной группе было выше нормативных значений (61,6-82,2), что является признаком активного катаболизма тканевых белков.

Таблица 1 – Биохимические показатели белкового обмена веществ в сыворотке крови подопытных коров

Показатель	Интервальные значения	Группа	
		контрольная (n = 15)	опытная (n = 15)
Подготовительный период (28.10.2023)			
Общий белок, г\л	61,6-82,2	85,48 ± 7,44	84,76 ± 5,72
Альбумин, г/л	30,0-50,0	45,21 ± 1,13	45,28 ± 1,10
Глобулин, г/л	50,0-70,0	54,79 ± 1,89	54,72 ± 1,74
Белковый индекс, г%	0,6-1,6	0,83 ± 0,13	0,84 ± 0,12
Мочевина, ммоль/л	2,8-8,8	8,62 ± 0,92	8,24 ± 0,60
АЛТ, ед/л	6,9-35,0	25,06 ± 4,22	26,67 ± 2,75
АСТ, ед/л	45,3-110,2	88,34 ± 28,42	96,45 ± 17,68
Опытный период (21.11.2023)			
Общий белок, г\л	61,6-82,2	84,69 ± 4,83	85,52 ± 6,24
Альбумин, г/л	30,0-50,0	45,98 ± 1,19	49,37 ± 1,18
Глобулин, г/л	50,0-70,0	54,02 ± 1,61	50,63 ± 2,30
Белковый индекс, г%	0,6-1,6	0,86 ± 0,04	0,95 ± 0,06
Мочевина, ммоль/л	2,8-8,8	7,90 ± 0,44	5,13 ± 0,43
АЛТ, ед/л	6,9-35,0	25,76 ± 6,19	29,44 ± 6,81
АСТ, ед/л	45,3-110,2	92,44 ± 13,73	118,76 ± 64,02
Опытный период (25.12.2023)			
Общий белок, г\л	61,6-82,2	84,93 ± 7,62	87,67 ± 6,33
Альбумин, г/л	30,0-50,0	46,39 ± 1,15	48,45 ± 1,13*
Глобулин, г/л	50,0-70,0	53,61 ± 1,52	51,55 ± 1,97
Белковый индекс, г%	0,6-1,6	0,86 ± 0,04	0,94 ± 0,09
Мочевина, ммоль/л	2,8-8,8	7,27 ± 0,57	5,59 ± 0,51**
АЛТ, ед/л	6,9-35,0	25,61 ± 6,16	29,88 ± 7,54
АСТ, ед/л	45,3-110,2	93,81 ± 14,33	102,62 ± 20,29

*Примечание: * – $p \le 0,05$; ** – $p \le 0,01$*

Белки сыворотки крови являются компонентами динамической циркулирующей системы, участвующими в питании тканей, формировании иммунного ответа при инфекциях и инвазиях, а также в поддержании кислотно-основного баланса и осмотического давления. Обеспеченность рациона по протеину и интенсивность обменных процессов, в том числе, определяется по содержанию альбуминов, которые характеризуют белковый резерв организма [5].

Доля альбуминов в сыворотке коров опытной группы в ходе эксперимента достоверно повысилась с 45,28 г/л до 48,45 г/л, то есть на 3,17 г/л по сравнению с подготовительным периодом ($p < 0,05$) или на 7,00%. Разница в сравнении с контрольной группой составила 2,06 г/л или 4,26%.

Мочевина, являясь конечным продуктом белкового обмена, образуется в печени и может служить индикатором уровня эффективности потребления протеина рациона. Ее концентрация в крови повышается при избытке белка в рационе, нарушении его метаболизма или дисфункции печени. В период разгара лактации у первотелок имеет место снижение концентрации данного показателя, что может быть следствием преобладания синтеза белка над его распадом [4].

Содержание мочевины к концу опытного периода снизилось в обеих подопытных группах, но в опытной группе достоверная разница с показателями, полученными в ходе подготовительного этапа, составила 2,64 ммоль/л или 32,16% ($p<0,01$). Этот показатель по итогам эксперимента у опытного поголовья в сравнении с контролем оказался ниже на 1,68 ммоль/л или 23,11% ($p<0,05$). Снижение концентрации мочевины может быть связано с оптимизацией азотистого обмена при сбалансированном белковом питании за счет улучшения усвояемости кормовых компонентов при использовании пробиотической дрожжевой добавки «КЛЮВЕР ПРО».

Показатель АЛТ в опытной группе за период исследования повысился с 26,67 ед/л до 29,88 ед/л – на 12,03%, тогда как этот показатель в контрольной группе характеризовался устойчивостью. Активность АЛТ в экспериментальном поголовье в середине опыта увеличилась с 96,45 ед/л до 118,76 ед/л (23,13%), затем уменьшилось до 102,62 ед/л (6,40%), но оставалась выше по сравнению с контрольным показателем на 9,39 %. Установлено, что у животных с повышенной активностью данных ферментов в пределах физиологической нормы наблюдается более высокая молочная продуктивность и лучшая устойчивость к неблагоприятным факторам [3].

В целом, рацион соответствует уровню продуктивности исследуемого поголовья, достаточно обеспечен по протеину и удовлетворяет физиологические потребности животных в белке.

Энергетическое обеспечение молочных коров на 50 % зависит от содержания углеводов в рационе, поскольку они являются основным источником энергии и предшественниками жиров и сахаров в организме. Основную долю в сухом веществе растений составляют углеводы – вплоть до 80-90% [12]. Клетчатка обеспечивает нормальную моторику ЖКТ, а также образование в рубце летучих жирных кислот, необходимых для синтеза молочного жира и не только. У жвачных животных в крови постоянно присутствуют основные метаболиты углеводов – уксусная, пропионовая и молочная кислоты [4].

Уксусная кислота участвует как в энергетическом обмене, так и в синтезе жирных кислот молока, при этом более 50% данного соединения поступает в молочную железу. Пропионовая и молочная кислоты являются основными субстратами глюконеогенеза в печени, что позволяет жвачным животным поддерживать стабильный уровень глюкозы даже при низком поступлении легкоусвояемых углеводов с кормом [5].

Ключевым индикатором углеводного обмена является концентрация глюкозы в крови, оптимальное физиологическое значение которой у молочного скота составляет 2,2-3,8 ммоль/л [4]. Глюкоза – химически активное соединение, подверженное быстрому разрушению *in vitro* (до 40 % в течение суток).

В период максимальной лактации наблюдается высокая потребность организма в глюкозе, которая является ключевым субстратом для синтеза лактозы. Основным источником глюкозы служит крахмал, однако жвачные способны также синтезировать глюкозу из структурных углеводов, таких как целлюлоза и гемицеллюлоза, содержащиеся в грубых кормах [18].

За период исследования уровень глюкозы в обеих группах незначительно повысился в середине опыта и вновь снизился к концу – до 2,96 ммоль/л в опытной и 3,00 ммоль/л в контрольной группе соответственно (табл. 2).

Таблица 2 – Биохимические показатели углеводного обмена веществ в сыворотке крови подопытных коров

Показатель	Интервальные значения	Группа	
		контрольная (n = 15)	опытная (n = 15)
Подготовительный период (28.10.2023)			
Глюкоза, ммоль/л	2,2-3,8	3,12 ± 0,49	3,09 ± 0,39
Альфа-амилаза, ед/л	405,0-1337,0	517,35 ± 8,29	523,66 ± 6,97
Опытный период (21.11.2023)			
Глюкоза, ммоль/л	2,2-3,8	3,46 ± 0,39	3,32 ± 0,45
Альфа-амилаза, ед/л	405,0-1337,0	523,11 ± 7,56	519,43 ± 5,37
Опытный период (25.12.2023)			
Глюкоза, ммоль/л	2,2-3,8	3,00 ± 0,37	2,96 ± 0,43
Альфа-амилаза, ед/л	405,0-1337,0	533,52 ± 8,07	533,67 ± 6,42

Согласно данным **Я.А. Жарикова** (2021) установлено, что между содержанием холестерина в крови и уровнем молочной продуктивности существует прямая корреляционная связь. По результатам исследования уровень холестерина в опытной группе повысился на 1,44 ммоль/л, что составило 42,35% ($p<0,05$) по сравнению с подготовительным периодом (табл. 3). В контрольной группе также наблюдалось повышение концентрации, но лишь на 15,58%.

Таблица 3 – Биохимические показатели липидного обмена веществ в сыворотке крови подопытных коров

Показатель	Интервальные значения	Группа	
		контрольная (n = 15)	опытная (n = 15)
Подготовительный период (28.10.2023)			
Триглицериды, ммоль/л	0,2-0,6	0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,02
Холестерин, ммоль/л	1,3-5,0	3,53 ± 0,50	3,40 ± 0,39
Липаза, ед/л	50,0-350,0	56,14 ± 0,50	56,06 ± 0,47
Опытный период (21.11.2023)			
Триглицериды, ммоль/л	0,2-0,6	0,11 ± 0,02	0,12 ± 0,03
Холестерин, ммоль/л	1,3-5,0	4,22 ± 0,59	4,61 ± 0,88
Липаза, ед/л	50,0-350,0	60,39 ± 1,24	60,11 ± 1,29
Опытный период (25.12.2023)			
Триглицериды, ммоль/л	0,2-0,6	0,08 ± 0,01	0,13 ± 0,03
Холестерин, ммоль/л	1,3-5,0	4,08 ± 0,49	4,84 ± 0,57*
Липаза, ед/л	50,0-350,0	59,60 ± 0,93	60,25 ± 1,97

*Примечание: * – $p \le 0,05$; ** – $p \le 0,01$*

Известно, что щелочная фосфатаза, локализованная в костной ткани и печени, служит индикатором состояния фосфорно-кальциевого обмена [4]. Основная биологическая функция фермента связана с регуляцией отложения фосфатов кальция в костной ткани. Ее активность увеличивается при дефиците кальция, фосфора и витамина D.

Исследованиями установлено, что активность щелочной4 фосфатазы сыворотки крови в течение эксперимента оставалась в пределах физиологической нормы как у животных контрольной, так и у опытной групп, что представлено в таблице 4. При этом показатель щелочной фосфатазы уменьшился в обеих группах, но в опытном поголовье произошло более значимое снижение на 13,36 ед/л или 9,67 % соответственно.

Таблица 4 – Биохимические показатели минерального обмена веществ и каротина в сыворотке крови подопытных коров

Показатель	Интервальные значения	Группа	
		контрольная (n = 15)	опытная (n = 15)
Подготовительный период (28.10.2023)			
Щелочная фосфатаза, ед/л	50,0-200,0	150,94 ± 32,39	138,13 ± 31,25
Кальций, ммоль/л	2,5-3,3	2,48 ± 0,09	2,55 ± 0,12
Фосфор, ммоль/л	1,4-2,0	1,88 ± 0,06	1,85 ± 0,05
Натрий, ммоль/л	136,0-146,0	128,77 ± 5,01	134,08 ± 4,77
Калий, ммоль/л	3,5-5,1	6,95 ± 0,16	6,79 ± 0,19
Магний, ммоль/л	0,7-1,1	1,02 ± 0,11	1,09 ± 0,12
Хлориды, ммоль/л	95,7-108,6	96,18 ± 1,54	83,57 ± 2,16
Каротин, мг%	0,46-1,08	0,48 ± 0,04	0,40 ± 0,03
Опытный период (21.11.2023)			
Щелочная фосфатаза, ед/л	50,0-200,0	147,94 ± 31,99	130,26 ± 26,23
Кальций, ммоль/л	2,5-3,3	2,49 ± 0,07	2,53 ± 0,11
Фосфор, ммоль/л	1,4-2,0	1,96 ± 0,12	2,06 ± 0,10
Натрий, ммоль/л	136,0-146,0	128,47 ± 3,03	130,06 ± 4,05
Калий, ммоль/л	3,5-5,1	6,84 ± 0,20	6,74 ± 0,16
Магний, ммоль/л	0,7-1,1	1,06 ± 0,14	1,14 ± 0,10
Хлориды, ммоль/л	95,7-108,6	96,27 ± 1,57	88,37 ± 2,09
Каротин, мг%	0,46-1,08	0,46 ± 0,03	0,41 ± 0,04
Опытный период (25.12.2023)			
Щелочная фосфатаза, ед/л	50,0-200,0	144,07 ± 36,95	124,77 ± 39,44
Кальций, ммоль/л	2,5-3,3	2,40 ± 0,19	2,55 ± 0,12
Фосфор, ммоль/л	1,4-2,0	1,95 ± 0,06	2,03 ± 0,18
Натрий, ммоль/л	136,0-146,0	116,36 ± 3,28	137,67 ± 5,03
Калий, ммоль/л	3,5-5,1	6,25 ± 0,15	6,34 ± 0,14
Магний, ммоль/л	0,7-1,1	1,22 ± 0,27	1,30 ± 0,25
Хлориды, ммоль/л	95,7-108,6	95,59 ± 2,31	93,62 ± 2,59
Каротин, мг%	0,46-1,08	0,40 ± 0,08	0,42 ± 0,04

Оценка обеспеченности животных минеральными веществами проводится на основе содержания общего кальция и неорганического фосфора в сыворотке крови. В период пика лактации потребность в кальции и фосфоре возрастает, так как их активный выход с молоком превышает поступление с кормом, что приводит к их мобилизации из костной ткани [9].

В опытном поголовье за весь исследуемый период концентрация кальция и фосфора находилась в пределах физиологической нормы – 2,53-2,55 ммоль/л и 1,85-2,06 ммоль/л соответственно, что свидетельствует о стабильном фосфорно-кальциевом обмене. В контрольной группе фиксировалось содержание кальция незначительно ниже нормы – 2,40-2,49 ммоль/л. Концентрация фосфора находилась в пределах нормальных значений – 1,88-1,95 ммоль/л.

Содержание натрия в сыворотке крови коров, получавших пробиотическую добавку, сохранялось в пределах референсных значений без существенных колебаний – 130,06-137,67 ммоль/л, тогда как среди коров контрольной группы этот параметр в начале опыта был ниже физиологической нормы (128,77 ммоль/л), затем наблюдалось резкое снижение до 116,36 ммоль/л.

Концентрация калия и магния в образцах исследуемых коров соответствовала физиологическим нормам, что свидетельствует о сбалансированности минерального обмена и отсутствии явных нарушений метаболических процессов.

Заключение. Установлено положительное влияние дрожжевой пробиотической добавки «КЛЮВЕР ПРО» на основе живых дрожжей *Kluyveromyces marxianus* в количестве 20 г на голову в сутки на биохимические показатели крови высокопродуктивного поголовья голштинского скота.

По результатам исследования наблюдались достоверно значимые изменения – доля альбуминов в сыворотке крови опытных коров, получавших пробиотическую добавку, повысилась на 7,00 % ($p<0,05$) по сравнению с зафиксированным показателем на начало опыта, концентрация мочевины в этой же группе снизилась на 32,16% ($p < 0,01$), что на 23,11% ($p<0,05$) ниже по сравнению с контрольной группой. Кроме того, уровень холестерина в сыворотке крови опытных животных повысился на 42,35 % ($p<0,05$) относительно подготовительного периода, что свидетельствует об активации липидного обмена на фоне применения пробиотического препарата.

Применение пробиотических препаратов как динамических биокатализаторов способствует поддержанию оптимального уровня метаболических процессов и укреплению иммунного статуса организма.

Результаты анализа биохимических параметров крови у исследуемого поголовья демонстрируют стабильность обменных процессов при сбалансированном кормлении. Регулярный мониторинг данных показателей позволит своевременно корректировать систему кормления для поддержания высокой продуктивности.

Литература

1. ***Арзин И. В.*** Влияние дрожжевых добавок на белковый спектр крови стельных сухостойных коров / И. В. Арзин, И. Н. Миколайчик, Л. А. Морозова // Инновационные направления и разработки для эффективного сельскохозяйственного производства: материалы международной научно-практической конференции, посвящённой памяти члена-корреспондента РАН В.И. Левахина: в 2-х частях, Оренбург, 27–28 октября 2016 года. – Том Часть 2. – Оренбург: Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства, 2016. – С. 154-157.
2. ***Борзенкова И. С.*** Использование кормовой дрожжевой добавки в молочном скотоводстве //Научный журнал молодых ученых / И. С. Борзенкова // Научный журнал молодых ученых. – 2020. – №. 4. – С. 21.
3. ***Буряков Н.П.*** Кормовая добавка «Фибраза»: влияние на продуктивность лактирующих коров и качество молока / Н.П. Буряков, И.В. Хардик // Молочная промышленность. – 2019. – № 6. С. 61–63.э
4. ***Великанов В.В.*** Влияние оптимизации кормления лактирующих коров на биохимические показатели крови и состав молока / В. В. Великанов, А. Г. Марусич [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2021. – №. 1. – С. 3-9.
5. ***Воеводина Ю.А.*** Влияние добавок на основе кормовых дрожжей на некоторые биохимические показатели крови у лактирующих коров / Т. П. Рыжакина, С. В. Шестакова [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. – 2018. – №1 (29). – С. 25-35.
6. ***Жариков Я.А.*** Общий холестерин сыворотки крови и энергетический статус коров / Я. А. Жариков // Известия Коми НЦ УрО РАН. – 2021. – №. 1 (47). – С. 59-64.
7. ***Калашников А.П.*** Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А. П. Калашников, В. И. Фисинин, В. В. Щеглов [и др.] / – 3-е издание переработанное и дополненное. – Москва: Издательство "Знание", 2003. – 456 с. – ISBN 5-94587-093-5.
8. ***Козинец А.И.*** Продуктивность и гематологические показатели крови молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационах кормовой добавки MDK / Козинец А. И., Козинец Т. Г., Капитонова Е. А. [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2024. – Т. 59. – №. 1. – С. 192-199.
9. ***Максимова Р.А.*** Влияние кормовых добавок на гематологические и биохимические показатели крови лактирующих коров / Максимова Р. А., Ермолова Е. М., Косилов В. И. [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2022. – № 1(198). – С. 27-33.
10. ***Миколайчик И.Н.*** Влияние дрожжевых пробиотиков на переваримость питательных веществ рациона и уровень молочной продуктивности коров / Миколайчик И. Н., Морозова Л. А., Арзин И. В. // Молочное и мясное скотоводство. – 2017. – № 7. – С. 28-32.
11. ***Морозков Н.А.*** Эффективность использования дрожжевой пробиотической добавки Левисел Sc Плюс в кормлении дойных коров / Н. А. Морозков, С. В. Третьяков // Известия ОГАУ. – 2015. – №. 5 (55). – С. 130-132.
12. ***Муратова Н.С.*** Влияние структурных углеводов на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров / Н. С. Муратова, В. В Танифа, В. Л. Лукичев // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2016. – №. 4 (48). – С.121-125.
13. ***Amin A.B.*** Influence of yeast on rumen fermentation, growth performance and quality of products in ruminants: A review. / A. B. Anim., S. Mao // Animal nutrition. – 2021. – 7. P. – 31-41.
14. ***Fonseca G.G.*** The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential / G.G. Fonseca, E. Heinzle, C. Wittmann // Applied microbiology and biotechnology. – 2008. – Т. 79. – P. 339-354.
15. ***Kulkarni N.A.*** Role of probiotics in ruminant nutrition as natural modulators of health and productivity of animals in tropical countries: an overview / N. A. Kulkarni, H.S. Chethan, R. Srivastava // Tropical Animal Health and Production. – 2022. – Т. 54. – №. 2. – P. 110.
16. ***Nag, D.*** In vitro characterization revealed Himalayan dairy *Kluyveromyces marxianus* PCH397 as potential probiotic with therapeutic properties / D. Nag, A. Goel // Probiotics and Antimicrobial Proteins. – 2023. – Т. 15. – №. 3. – P. 761-773.
17. ***Wang W.*** Effects of Kluyveromyces marxianus supplementation on immune responses, intestinal structure and microbiota in broiler chickens / W. Wang, Li. Zhui [et al.] // PloS one. – 2017. – Т. 12. – №. 7. – Art. e0180884.
18. ***Wolf P.*** Nutrition of the High-Yielding Dairy Cow / P. Wolf // Bovine Science: Challenges and Advances. – 2022. – P. 177.

Поступила в редакцию: 07.04.2025 г.
Принята к публикации: 07.05.2025 г.

Чевтаева Наталья Дмитриевна*, аспирант отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ ОП РАН, e-mail: chevtaeva_natasha@mail.ru

* – научный руководитель: **Бикчантаев Ирек Тагирович,** кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных ТатНИИСХ ФИЦ, bichantaev@mail.ru

УДК 636.2.034

Шаехова Н.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Бушкарева А.С., кандидат сельскохозяйственных наук, декан
Филинская О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор
Пивоварова Е.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», г. Ярославль, Россия
Shaehova N.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Bushkareva A.S., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Filinskaya O.V., Candidate of Agricultural Sciences, Professor
Pivovarova E.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
FSBEIHE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia, e-mail: n.muraveva@yarcx.ru

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ КОРОВ ЯРОСЛАВСКОЙ ПОРОДЫ

(The evaluation of productive traits of Yaroslavl breed cows)

В статье приведена оценка продуктивных признаков коров ярославской породы в условиях племенного хозяйства. Объектом исследований являлись коровы ярославской породы в количестве 107 голов, При оценке продуктивных признаков выявлено, что надой чистопородных коров к 3 лактациидостоверно повышается на 1095,5 кг молока или 20,8% (P≥0,999) и составляет 6357 кг молока. Полновозрастные коровы достоверно превышают по живой массе коров-первотелок – на 64,2 кг или 14% (P≥0,999). Самыми высокопродуктивными являются коровы, принадлежащие линии Доброго. Показатели надоя этой группы коров превышают средние значения выборки по первой лактации на 341 кг молока или 6,5%, по третьей лактации – достоверно на 1170 кг молока или 18,4% (P≥0,95) соответственно. Более жирномолочными и белковомолочными являются коровы линии Марта, при этом жирномолочность увеличивается к полновозрастной лактации на 0,33% и составляет 4,91%, что достоверно выше средних показателей всей выборки чистопородных коров на 0,55% (P≥0,999). Положительная корреляция наблюдается между возрастом первого отела и такими показателями, как надой за первую лактацию (r=0,24), живая масса за первую и третью лактацию (r=0,17, r=0,14), а также между жирномолочностью и белковомолочностью за первую и третью лактацию (r =0,41, r=0,50). Таким образом, среди чистопородных ярославских коров рекомендуется вести отбор по надою и белковомолочности, которые положительно коррелируют с живой массой и жирномолочностью.С учетом экономического обоснования, необходимо при подборе к коровам ярославской породы отдавать предпочтение быкам-производителям линий Доброго и Марта, так как дочери таких быков имеют высокие показатели продуктивности.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, ярославская порода, продуктивные признаки, принадлежность к линии, корреляционная взаимосвязь, экономическая эффективность

The article presents an assessment of the productive characteristics of the Yaroslavl breed cows on a breeding farm. The object of the study was 107 Yaroslavl breed cows. When assessing the productive characteristics, it was found that the milk yield of purebred cows to the 3rd lactation significantly increased by 1095.5 kg of milk or 20.8% (P≥0.999) and amounts to 6357 kg of milk. Full-grown cows significantly exceed first-calf cows in live weight - by 64.2 kg or 14% (P≥0.999). The most highly productive are cows belonging to the Dobry line. The milk yield of this group of cows exceeds the average values of the sample for the first lactation by 341 kg of milk or 6.5%, for the third lactation - reliably by 1170 kg of milk or 18.4% (P≥0.95), respectively. Cows of the Marta line have more milk fat and milk protein, while the milk fat content increases by full-term lactation by 0.33% and is 4.91%, which is reliably higher than the average values of the entire sample of purebred cows by 0.55% (P≥0.999). A positive correlation is observed between the age at first calving and such indicators as milk yield in the first lactation (r = 0.24), live weight in the first and third lactations (r = 0.17, r = 0.14), as well as between milk fat content and milk protein content in the first and third lactations (r = 0.41, r = 0.50). Thus, among purebred Yaroslavl cows, it is recommended to select according to milk yield and milk protein content, which positively correlate with live weight and milk fat content. Taking into account the economic justification, when selecting Yaroslavl cows, it is necessary to give preference to bulls of the Dobry and Mart lines, since the daughters of such bulls have high productivity indicators.

Key words: cattle, the Yaroslavl breed, productive characteristics, lineage, correlation relationship, economic efficiency

Введение. Продуктивность – это основное хозяйственно-полезное свойство крупного рогатого скота [1]. Ярославская порода на современном этапе развития молочного скотоводства имеет ряд ценных продуктивных качеств: неприхотливость к условиям кормления и содержания, высокая адаптационная способностью к разным природно-климатическим условиям, высокая воспроизводительная способность, продуктивное долголетие, устойчивость к заболеваниям, научно обоснованное использование которых

позволит значительно повысить её конкурентоспособность [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Цель исследований заключалась в оценке продуктивных признаков коров ярославской породы в условиях племенного хозяйства.

Условия, материалы и методы.Исследования были проведены в ОАО «Племенной завод им. Дзержинского» Ярославской области. Объектом исследований являлись коровы ярославской породы в количестве 107 голов, у которых были оценены по первой и третьей лактациям следующие продуктивные признаки: надой (кг), МДЖ (%); МДБ (%), живая масса (кг), возраст первого отела (месяцев), сервис-период (дней). На основе информации, полученной из первичной документации, были оценены продуктивные признаки анализируемой группы коров в зависимости от принадлежности к линиям; изучена корреляционная зависимость между изучаемыми признаками по первой и третьей лактации; вычислена экономическая эффективность производства молока полновозрастных коров в условиях хозяйства. Биометрическая обработка данных проводилась на ПК в программе Microsoft Excel 2007.

Результаты и обсуждение.В соответствии с методикой, была проведена оценка продуктивных признаков коров, данные по которым представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Продуктивные признаки коров ярославской породы по первой и третьей лактации (n=107 голов)

Показатели	1 лактация		3 лактация	
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
Возраст первого отела, мес.	27,6±0,31	11,7	-	-
Сервис период, дней	92,6±5,35	59,8	105,2±6,0	59,2
Надой, кг	5261,7±103,6	20,4	6357,2±129,9***	21,1
МДЖ, %	4,67±0,06	13,0	4,36±0,06***	14,1
МДБ, %	3,21±0,02	5,9	3,19±0,01	4,8
Живая масса, кг	473,8±3,14	6,9	538,0±3,1***	5,9

Примечание: ***P>0,999 в сравнении с показателями по первой лактации

Из данных таблицы 1 следует, что надой чистопородных коров к третьей лактациидостоверно повышается на 1095,5 кг молока или 20,8% (P≥0,999) и составляет 6357 кг молока. Следует отметить, что у чистопородных коров-первотелок наблюдается более низкий показатель сервис-периода, по сравнению с полновозрастными коровами, значение ниже на 13 дней или 12%. Показатель возраста первого отела в среднем приходился на 28 месяцев, что вполне соответствует норме по ярославской породе.

Полновозрастные коровы достоверно превышают по живой массе коров-первотелок – на 64,2 кг или 14% (P≥0,999). Однако первотелки имеют достоверно выше показатель жирномолочностипо сравнению с полновозрастными коровами, которые уступают им по рассматриваемому показателю на 0,31% (P≥0,999).

По генеалогической структуре исследуемая выборка чистопородных ярославских коров принадлежит к 5 линиям: Вольного – 49 голов (39%), Жилета – 24 головы (22%), Марта – 24 головы (22%), Доброго – 10 голов (9%), Мурата – 7 голов (7%).

Из данных таблицы 2 видно, что наименее продуктивными по первой и третьей лактации являются коровы, принадлежащие линии Мурата. По надою они уступают показателям всей выборки чистопородных коров по первой лактации – на 658 кг, по третьей лактации – на 372 кг молока. Возраст первого отела у данной группы самый ранний, и в среднем пришелся на 26 месяцев. Нужно отметить, что только у коров линии Мурата происходит увеличение показателя жирномолочности к третьей лактации – на 0,26%.

Самыми высокопродуктивными являются коровы, принадлежащие линии Доброго. Показатели надоя этой группы превышают средние значения выборки по первой лактации на 341 кг молока или 6,5%, по третьей лактации – достоверно на 1170 кг молока или 18,4% (P≥0,95) соответственно. Коровы данной линии лучше раздаивались к третьей лактации, при этом процент увеличения надоя от первой к третьей лактации наибольший по всей выборке и составил 34,4%. Однако, при таком резком увеличении молочной продуктивности отмечается снижение жирномолочности и белковомолочности – на 0,52% и 0,17% соответственно, что, возможно, связано с корреляционными взаимосвязями между данными показателями. Следует отметить, что коровы линии Доброго имеют самый поздний возраст первого отела – в среднем 29 месяцев, что выше показателя выборки на 2 месяца.

С повышением уровня молочной продуктивности возрастает сервис-период. Так, у коров линии Марта по третьей лактации наблюдается достоверно самый высокий показатель – 145 дней, а у коров линии Жилета показатель сервис-периода достоверно наименьший – 79 дней (P≥0,95), что ниже в сравнении с общей выборкой на 26 дней.

Более жирномолочными и белковомолочными оказались коровы линии Марта, при этом у них прослеживается тенденция увеличения жирности молока к третьей лактации с сохранением белковомолочности. Так, жирномолочность увеличивается к полновозрастной лактации на 0,33% и составляет 4,91%, что достоверно выше средних показателей всей выборки чистопородных коров на 0,55% (P≥0,999).

Таким образом, наиболее высокопродуктивными являются коровы линии Доброго, более жирномолочными и белковомолочными – коровы линии Марта.

Таблица 2 – Продуктивные признаки коров ярославской породы в зависимости от принадлежности к линии

Показатели	1 лактация		3 лактация	
	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
Линия Вольного (n = 49 голов)				
Возраст первого отела, мес.	27,5±0,38	9,0	-	-
Сервис период	90,8±6,9	49,7	96,2±7,9	53,1
Надой, кг	5581,6±140,7	16,3	6361,9±236,7	24,1
МДЖ, %	4,64±0,09	13,7	4,06±0,07	11,4
МДБ, %	3,18±0,02	5,1	3,18±0,01	3,0
Живая масса, кг	477,2±5,3	7,2	542,2±5,4	6,4
Линия Марта (n = 24 головы)				
Возраст первого отела, мес.	28,4±0,081	13,9	-	-
Сервис период	100,4±16,0	78,2	145,3±17,9*	59,2
Надой, кг	4842,0±199,8	20,2	6200,4±236,9	18,7
МДЖ, %	4,58±0,13	14,0	4,91±0,13***	13,5
МДБ, %	3,26±0,05	7,4	3,25±0,04	6,5
Живая масса, кг	471,8±5,1	5,3	536,1±6,0	5,5
Линия Жилета (n = 24 головы)				
Возраст первого отела, мес.	26,7±0,72	13,2	-	-
Сервис период	91,0±9,11	49,1	79,1±5,38**	33,3
Надой, кг	5171,0±232,3	22,0	6126,6±169,3	13,5
МДЖ, %	4,96±0,11	11,3	4,28±0,10	12,1
МДБ, %	3,19±0,03	4,8	3,15±0,03	4,5
Живая масса, кг	472,8±6,9	7,2	535,2±6,0	5,5
Линия Доброго (n = 10 голов)				
Возраст первого отела, мес.	29,3±1,12	12,1	-	-
Сервис период	76,7±12,1	49,8	110,0±19,8	57,0
Надой, кг	5602,9±448,7	25,3	7527,5±500,6*	21,0
МДЖ, %	4,66±0,09	5,9	4,14±0,13	9,7
МДБ, %	3,32±0,07	6,9	3,15±0,05	5,1
Живая масса, кг	464,7±8,5	5,8	530,3±10,1	6,0
Линия Мурата (n = 7 голов)				
Возраст первого отела, мес.	26,6±0,89	8,9	-	-
Сервис период	103,8±29,1	74,0	116,7±27,0	61,3
Надой, кг	4604,0±339,8	19,5	5985,0±462,8	20,4
МДЖ, %	4,22±0,19	12,1	4,48±0,19	11,3
МДБ, %	3,20±0,05	3,9	3,28±0,06	5,1
Живая масса, кг	476,7±18,1	10,1	539,1±14,6	7,2

Примечание: *P>0,95; **P>0,99; ***P>0,999 в сравнении с показателями всей выборки чистопородных коров (n=107 голов)

Таблица 3 – Корреляционная взаимосвязь между продуктивными признаками коров ярославской породы

Продуктивные признаки	Коэффициент корреляции, r
Надой за 1 лактацию × Надой за 3 лактацию	0,24
Надой за 1 лактацию × МДЖ за 1 лактацию	-0,02
Надой за 1 лактацию × МДБ за 1 лактацию	-0,03
Надой за 1 лактацию × Живая масса за 1 лактацию	0,03
Надой за 1 лактацию × Сервис-период за 1 лактацию	0,45
Надой за 1 лактацию × Возраст 1 отела	0,24
Живая масса за 1 лактацию × Возраст 1 отела	0,17
МДЖ за 1 лактацию × МДБ за 1 лактацию	0,41
Надой за 3 лактацию × МДЖ за 3 лактацию	-0,10
Надой за 3 лактацию × МДБ за 3 лактацию	-0,06
Надой за 3 лактацию × Живая масса за 3 лактацию	0,07
Надой за 3 лактацию × Сервис-период за 3 лактацию	0,40
МДЖ за 3 лактацию × МДБ за 3 лактацию	0,50
Живая масса за 1 лактацию × Живая масса за 3 лактацию	0,71

Из данных таблицы 3 видно, что у чистопородных ярославских коров положительная корреляция наблюдается между возрастом первого отела и такими показателями, как надой за первую лактацию (r=0,24), живая масса за первую лактацию (r=0,17). Между надоем за первую и третью лактацию выявлена слабая положительная корреляция, коэффициент составил 0,24. Также надой положительно коррелирует с сервис-периодом как за первую, так и за третью лактацию. Между жирномолочностью и белковомолочностью за первую и третью лактацию также отмечается положительная корреляционная взаимосвязь.

Таким образом, у чистопородных ярославских коров наиболее результативным будет отбор по надою и белковомолочности, которые положительно коррелируют с живой массой и жирномолочностью.

В соответствии с методикой, была рассчитана экономическая эффективность производства молока от ярославских коров по третьей полновозрастной лактации (см. таблицу 4).

Таблица 4 – Экономическая эффективность производства молока от коров ярославской породы в условиях ОАО «Племенной завод им. Дзержинского»

Показатели	Линии				
	Вольный	Март	Жилет	Добрый	Мурат
Поголовье, гол.	49	24	24	10	7
Удой, кг	6361,9	6200,4	6126,6	7527,5	5985,0
МДЖ, %	4,06	4,91	4,28	4,14	4,48
Валовое производство молока базисной жирности, ц	3722,46	2148,99	1850,95	916,58	552,03
В т.ч. на 1 гол., ц	75,97	89,54	77,12	91,66	78,86
Затраты на 1 корову, тыс.руб.	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0
Производственная себестоимость 1 ц молока, тыс. руб.	3,29	2,79	3,24	2,73	3,17
Себестоимость валового производства молока, тыс. руб.	12250,0	6000,0	6000,0	2500,0	1750,0
Цена реализации 1 ц молока, тыс. руб.	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70
Выручка от реализации, тыс. руб.	13773,10	7951,25	6848,53	3391,36	2042,50
Прибыль всего, тыс. руб.	1523,10	1951,25	848,53	891,36	292,50
В т.ч. на 1 гол.	31,08	81,30	35,36	89,14	41,79
В т.ч. на 1 ц молока	0,41	0,91	0,46	0,97	0,53
Уровень рентабельности производства, %	12,4	32,5	14,1	35,7	16,7

Таким образом, наибольшая рентабельность производства молока будет от коров линии Доброго (35,7%) и Марта (32,5%). Коровы данных линий имеют наивысшие показатели продуктивных признаков в сравнении с коровами других линий.

Выводы. 1. В стаде коров ярославской породы рекомендуется вести отбор по надою и белковомолочности, которые положительно коррелируют с живой массой и жирномолочностью.

2. С учетом экономического обоснования, при разведении по линиям необходимо при подборе к коровам ярославской породы отдавать предпочтение быкам-производителям линий Доброго и Марта, так как дочери таких быков имеют высокие показатели продуктивности.

Литература

1. ***Косяченко Н.М.*** Характеристика продуктивно-хозяйственных показателей коров ярославской породы различных генотипов / Н.М. Косяченко, М.В. Абрамова, М.Ю. Лапина // Аграрный Вестник Урала. 2020. №1 (192). 43-51.
2. ***Косяченко Н.М***. Характеристика продуктивно-хозяйственных показателей коров ярославской породы различных генотипов / Н.М. Косяченко, М.В. Абрамова, М.Ю. Лапина // Аграрный Вестник Урала. 2020. №1 (192). 43-51.
3. ***Лебедько Е.Я.*** Факторы повышения продуктивного использования молочных коров: учебное пособие / Е.Я. Лебедько, Л.А. Танана, Н.Н. Климов, С.И. Коршун. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. 188 с.
4. **Москаленко Л.П.** Особенности и эффективность селекции высокопродуктивных коров с учетом ряда признаков: монография / Л.П. Москаленко, Н.А. Муравьева, Н.С. Фураева. – Ярославль: ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2012. 146 с.
5. **Москаленко Л.П.** Современные методы оценки продуктивности коров молочного направления: научно-методические рекомендации / Л.П. Москаленко, Н.А. Муравьева, Н.С. Фураева. – Ярославль: ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2014. 102 с.
6. ***Москаленко Л.П.*** Совершенствование методов разведения молочных пород крупного рогатого скота: монография / Л.П. Москаленко, Н.С. Фураева, Е.А. Зверева, Н.А. Муравьева. – Ярославль: Ярославская ГСХА, 2018. 304 с.
7. ***Тамарова Р.В.*** Тенденции развития молочного скотоводства в Ярославской области в условиях рыночной экономики / Р.В. Тамарова // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 1 (61). С. 42-53.
8. ***Тамарова Р.В.*** Создание высокопродуктивных племенных стад ярославской породы крупного рогатого скота / Р.В. Тамарова // Вестник АПК Верхневолжья. 2013. № 1. С. 29-33.
9. ***Фураева Н.С.*** Современные племенные ресурсы ярославской породы / Н.С. Фураева, Е.А. Зверева, С.С. Воробьева // Молочное и мясное скотоводство. 2019. №7 С. 34-39.

Поступила в редакцию: 27.01.2025 г.
Принята к публикации: 07.05.2025 г.

Шаехова Н.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, **Бушкарева А.С.**, кандидат сельскохозяйственных наук, декан, **Филинская О.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, **Пивоварова Е.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, г. Ярославль, Россия, e-mail: n.muraveva@yarcx.ru

УДК 663.142.4

Гнеушева И.А., кандидат технических наук, доцент
Горькова И.В., доктор технических наук, профессор
Лушников А.В., кандидат технических наук, ассистент
Солохина И.Ю., кандидат биологических наук, доцент
Агеева Н.Ю., ассистент
Gneusheva I.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Gorkova I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor
Lushnikov A.V., Candidate of Technical Sciences, assistant
Solokhina I.Yu., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Ageeva N.Yu., assistant
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орёл, Россия
Federal State Budgetary Educational Institution Higher education "Oryol State Agricultural University named after N.V. Parakhin", Orel, Russia, e-mail: obc1-2010@mail.ru

УСЛОВИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, ПРЕДОБРАБОТАННОГО УЛЬТРАЗВУКОМ, В ТЕХНОЛОГИИ КОРМОВОГО БЕЛКА

(Conditions of enzymatic hydrolysis of plant raw materials pretreated with ultrasound in feed protein technology)

Целью исследования являлось исследование условий проведения ферментативного гидролиза растительного непищевого целлюлозосодержащего сырья, предобработанного ультразвуком для получения легкоусвояемых сбраживаемых сахаров в технологии получения кормового белка. В работе использовали целлюлозосодержащее сырье – некондиционное зерно, солому пшеницы и гречихи, предварительно подвергнутые ультразвуковой дезинтеграции с достижением концентрации редуцирующих веществ (РВ) 9,31 – 10,03 г/л. Показано, что наибольшая концентрация глюкозы определяется в ферментолизате соломы гречихи при добавлении 20 мл РРФ за 90 минут инкубации и составила 12,48 г/л. На соломе пшеницы концентрация глюкозы 10,33 г/л определяется при добавлении 20 мл РРФ за 60 минут инкубации. Параметром оптимизации *Y* выбрали концентрацию глюкозы, г/л; факторы варьирования: x_1 – объем рабочего раствора фермента (РРФ), мл; x_2 – pH реакционной смеси, ед; x_3 – продолжительность реакции, мин. Согласно полученной математической модели, оптимальными условиями ферментативной реакции на соломе злаковых культур являются использование 20 мл РРФ при продолжительности реакции 70 минут. При этом содержание глюкозы в ферментолизате соломы пшеницы – 11,35 г/л; соломы гречихи – 11,54 г/л. Крутое восхождение можно признать эффективным, так как полученный результат на 53% превышает теоретически рассчитанный. В результате оптимизированных при помощи математического моделирования условий проведения ранее физико-механических и в данном исследовании биологических методов деструкции целлюлозосодержащего сырья, показатель «сырой» клетчатки в ферментолизате соломы пшеницы снизился на 92,45%, лигнина на 83,3%; в ферментолизате соломы гречихи на 92,69% и 86,20% соответственно. Полученные данные легли в основе технологии получения кормового белка, где сахарный раствор на основе целлюлозосодержащих отходов, служит компонентом питательной среды для микробного продуцента кормового белка – дрожжей штамма *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365.

***Ключевые слова*:** целлюлозосодержащее сырье, ферментативный гидролиз, ферментный препарат, моносахара, полнофакторный эксперимент, оптимизация процесса, кормовой белок, биоконверсия

The aim of the study was to study the conditions of enzymatic hydrolysis of vegetable non-food cellulose-containing raw materials pretreated with ultrasound in order to obtain easily digestible fermentable sugars in the technology of obtaining feed protein. Cellulose–containing raw materials were used in the work - substandard grain, wheat straw and buckwheat, previously subjected to ultrasonic disintegration with the achievement of a concentration of reducing substances (PB) 9.31 – 10.03 g/l. It was shown that the highest glucose concentration was determined in buckwheat straw fermentolysate when 20 ml of RRF was added during 90 minutes of incubation and amounted to 12.48 g/l. On wheat straw, the glucose concentration of 10.33 g / l is determined by adding 20 ml of PPF for 60 minutes of incubation. The conditions of enzymatic hydrolysis were optimized using the Box-Wilson method with the implementation of the Gauss-Seidahl full factorial experiment (PFE22) and steep ascent. The optimization parameter Y was the glucose concentration, g / l; the factors of variation: x1 – the volume of the working solution of the enzyme (RRF), ml; x2 – the pH of the reaction mixture, units; x3 – the duration of the reaction, min. According to the obtained mathematical model, the optimal conditions for an enzymatic reaction on cereal straw are the use of 20 ml of PPF with a reaction duration of 70 minutes. At the same time, the glucose content in wheat straw fermentolysate is 11.35 g/l; buckwheat straw is 11.54 g/l. The steep ascent can be considered effective, since the result obtained is 53% higher than the theoretically calculated one. As a result of the conditions optimized using mathematical modeling of the previously physico-mechanical and in this study biological methods of destruction of cellulose-containing raw materials, the indicator of "crude" fiber in wheat straw fermentolysate decreased by 92.45%, lignin by 83.3%; in buckwheat straw fermentolysate by 92.69% and 86.20%, respectively. The obtained data formed the basis of the technology for producing feed protein, where a sugar solution based on cellulose–containing waste serves as a component of the nutrient medium for the microbial producer of feed protein - yeast strain Saccharomyces cerevisiae VKPM Y-365.

Keywords: cellulose-containing raw materials, enzymatic hydrolysis, enzyme preparation, monosaccharide, full-factor experiment, process optimization, feed protein, bioconversion

Введение. В настоящее время переработка доступного растительного непищевого целлюлозосодержащего сырья, являющегося отходами сельскохозяйственного производства, в кормовые продукты является наиболее эффективной. И связано это с тем, что данный вид отходов богат различными органиче-

скими компонентами, из которых биотехнологическими методами возможно без дополнительных затрат и химической нагрузки получение ряда ценных кормовых продуктов, таких как кормовой белок, кормовая глюкоза, белково-углеводные кормовые добавки и др. [5, 8, 10].

В связи с тем, что лигноцеллюлозные комплексы, в составе которых находятся гемицеллюлоза, целлюлоза и лигнин в растениях, являются малодоступными для ферментативной реакции [9, 11, 12], для их эффективной деструкции в простые сахара, которые необходимы для питания микробного продуцента кормовых дрожжей, необходима предварительная обработка субстрата с целью разрушения кристаллической структуры лигноцеллюлозы [4, 7].

В настоящее время эффективной физико-механической предобработки лигноцеллюлозного сырья в сахара перед ферментативной обработкой является ультразвуковая дезинтеграция. Ультразвуковое воздействие на лигноцеллюлозное сырье обусловлено упругими колебаниями и волнами с частотой 20-23 кГц на пограничный слой и клеточную структуру лигноцеллюлозы, увеличивающее диффузионную проницаемость полимера [3].

Цель исследования - подбор условий проведения ферментативного гидролиза целлюлозосодержащего сырья, предобработанного ультразвуком, с целью получения простых сахаров в технологии получения кормового белка.

Материалы и методы исследований. Ультразвуковую предобработку целлюлозосодержащего сырья осуществляли на ультразвуковом дезинтеграторе Soniprep («MSE», UK) с «пальчиковым» преобразователем в интервальном режиме с чередованием импульсов по 30 секунд с частотой 23 кГц и пауз по 20 секунд, с амплитудой колебания звуковода 20 мкм и числом циклов дезинтеграции равное 15. Пробы после воздействия ультразвуком фильтровали через фильтрационную мембрану.

Ферментативный гидролиз предобработанного ультразвуком сырья проводили коммерческим ферментным препаратом ЦеллоЛюкс-F (ЦлА – 2500 ед/гр) в суспензии сырья с гидромодулем 1:30.

В работе использовали целлюлозосодержащее сырье – некондиционное зерно, солому пшеницы и гречихи, предварительно подвергнутые ультразвуковой дезинтеграции с достижением концентрации редуцирующих веществ (РВ) 9,31 – 10,03 г/л [6]. Компоненты реакционной смеси доводили до заданных параметров, соединяли и инкубировали в соответствии с матрицей планирования эксперимента. Для определения продолжительности реакции рассчитывали константу скорости: $k = \frac{\ln(C_1 - C_0)}{\Delta t}$ по накоплению глюкозы.

В исследовании оптимизацию условий ферментативного гидролиза проводили по методу Бокса-Уилсона с реализацией полного факторного эксперимента (ПФЭ2^2) Гаусса-Зейдаля и крутого восхождения. Параметр оптимизации (*Y*) - концентрация глюкозы (г/л), факторы варьирования: x_1 – объем рабочего раствора фермента (РРФ), мл; x_2 – pH реакционной смеси, ед; x_3 – продолжительность реакции, мин (см. таблицу 1).

Таблица 1. - Распределение уровней факторов ферментативного гидролиза растительного сырья (а) и матрица планирования эксперимента (б)

А) Уровень	Фактор		
	X_1	X_2	X_3
x_j^{min}	2	3,5	20
x_j^{max}	20	6	120
x_j^0	11	4,75	75
Δx_j	9	1,25	50

Б) №	Фактор							
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	1
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	1
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	-1

Концентрацию глюкозы определяли глюкозооксидазным методом с применением коммерческого набора реагентов «Глюкоза ДДС» (АО «ДИАКОН-ДС», Россия) с составом реакционной смеси части нагрузки (дистиллированная вода) и рабочего реагента 1:100. Пробы инкубировали 5 минут при +37˚С. Концентрацию глюкозы рассчитывали по формуле: $C_{оп} = C_{ст} \times \frac{D_{оп}}{D_{ст}}$, где: $C_{оп}$ – концентрация глюкозы, в ммоль/л; $C_{ст}$ – 5,5 ммоль/л глюкозы в стандартном растворе; $D_{оп.}$ – оптическая плотность опытной пробы; $D_{ст.}$ – оптическая плотность стандарта.

Полученный сахарный раствор освобождали от примесей фильтрацией через активированный уголь и с помощью ионообменной смолы, активированной при помощи 0,2М ацетатного буферного раствора (pH 4,0) и 0,2М карбонатного буферного раствора (pH 10,0).

Исследования проводили в 3-кратной повторности. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Microsoft Office Excell 10.

Результаты исследований и их обсуждение. Первоначально скорость ферментативного гидролиза сырья рассчитывали теоретически, на примере гидролиза олигосахаридов с числом мономеров от 2 до 10 при абсолютной активности фермента ЦеллоЛюкс-F (ЦлА – 2500 ед/гр). Зависимость концентрации глюкозы в гидролизате от количества мономеров в молекуле олигосахарида представлена на рисунке 1.

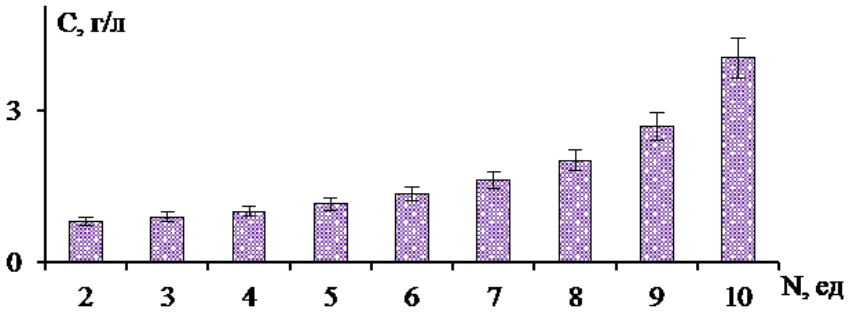


Рис. 1 - Зависимость концентрации глюкозы в гидролизате от количества мономеров в молекуле олигосахарида

Числовые выражения среднего значения и медианы скорости гидролиза совпадают и составили (г/мин): 2,43±0,67 и 2,43 - соответственно; значения первого и третьего квартиля [$Q_1$1,62; $Q_3$3,24] отличаются от границ доверительного интервала на 7% и 4% – соответственно. Таким образом, 1 мл рабочего раствора фермента ЦеллоЛюкс-F с абсолютной активностью 2500 Ед способен гидролизовать 2,43 г олигосахаридов за 1 минуту. Для гидролиза 1 г субстрата с той же скоростью необходимо 1 мл/2,43 = 0,412 мл стандартного раствора фермента, соответственно.

10% рабочий раствор ферментного препарата ЦеллоЛюкс-F (ЦлА – 2500 ед/гр) (РРФ) представляет собой лиофильно высушенной порошок. В исследовании варьировали объемом фермента от 10 до 25 мл и продолжительность реакции от 60 до 120 минут. Гидролиз проводили инкубированием при температуре 60°С с начальным значением pH реакционной смеси 5,0±0,05. Зависимость концентрации глюкозы (г/л) в полученном ферментализате в зависимости от объема фермента и продолжительности гидролиза на предобработанном ультразвуком исследуемом сырье представлена на рисунке 2.

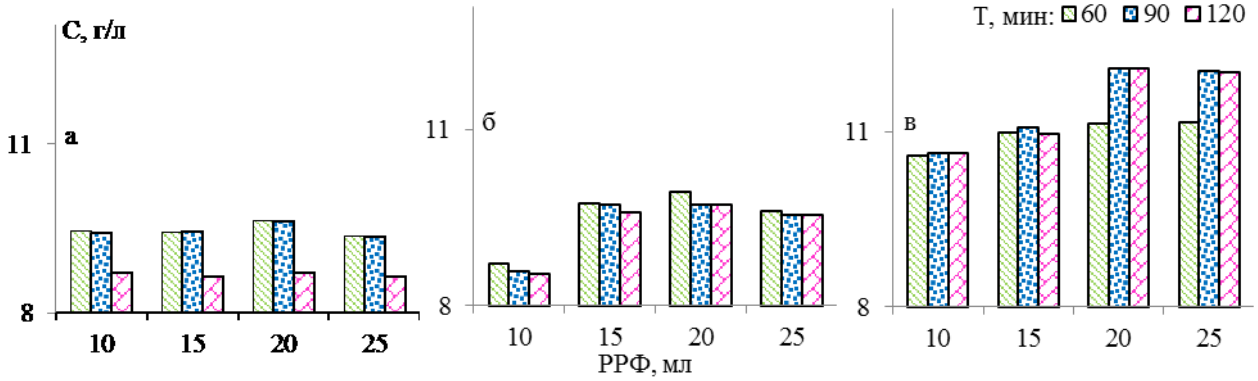


Рис. 2 - Зависимость концентрации глюкозы (г/л) в ферментализате от объема РРФ и продолжительности гидролиза: а – в зерне пшеницы, б – в соломе пшеницы, в – в соломе гречихи

Показано, что наибольшая концентрация глюкозы определяется в ферментолизате соломы гречихи при добавлении 20 мл РРФ за 90 минут инкубации и составила 12,48 г/л. На соломе пшеницы концентрация глюкозы 10,33 г/л определяется при добавлении 20 мл РРФ за 60 минут инкубации.

В эксперименте с зерном пшеницы не было достигнуто высокого содержания глюкозы в силу того, что ферментативная реакция гидролизата сырья дополнительно должна содержать ферментный препарат, расщепляющий крахмалсодержащие соединения. Биоконверсия зерна пшеницы в легкоусвояемые сбраживаемые сахара с этапом ферментативного гидролиза в технологии, является экономически не выгодным из-за комплекса применяемых не дешевых коммерческих форм ферментных препаратов.

Результаты текущего эксперимента имеют положительную корреляцию с ранее полученными данными по выходу редуцирующих веществ (РВ) при непосредственно выполняемой на стадии предподготовки сырья ультразвуковой дезинтеграции. Содержание РВ после дезинтеграции ультразвуком на соломе пшеницы составило 9,99 г/л, на зерне пшеницы – 9,87 г/л, на соломе гречихи – 10,25 г/л [6]. В технологии получения кормового белка, продуцентом которого является дрожжевая клетка, в состав питательной среды для культивирования микроорганизма вводится глюкоза, в силу этого, именно по содержанию глюкозы мы оценивали эффективность ферментативной реакции целлюлозолитическими ферментами препарата.

Для получения максимального выхода глюкозы оптимизировали условия реакции ферментативного гидролиза на основе полученных данных трёхкратной повторности и трёх серий экспериментов. В результате обсчёта данных по методу Бокса-Уилсона с реализацией полного факторного эксперимента (ПФЭ2^2) Гаусса-Зейдаля и крутого восхождения была получена математическая модель эксперимента, с уравнением $Y = b_0 + b_2X_2$, которая адекватно описывает исследуемый процесс и пригодно для оптимизации.

Согласно полученной математической модели, оптимальными условиями ферментативной реакции

на соломе злаковых культур являются использование 20 мл РРФ при продолжительности реакции 70 минут. При этом содержание глюкозы в ферментолизате соломы пшеницы – 11,35 г/л; соломы гречихи – 11,54 г/л. Крутое восхождение можно признать эффективным, так как полученный результат на 53% превышает теоретически рассчитанный.

Этой концентрации глюкозы достаточно для культивирования микробного продуцента белка и витаминов - штамма *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365 [5]. Данный штамм микроорганизма характеризуется способностью синтезировать микробиологический белок до 46%, витамин $Д_3$ 720-740 мкг/мл на богатой питательной среде, содержащей наряду с углеводном компонентом и пептон и солодовое сусло. Данная питательная среда в технологии получения кормового белка только увеличивает себестоимость целевого продукта.

При использовании сахарного раствора, полученного нами после ферментативной обработки предобработанного ультразвуковой дезинтеграцией соломы злаковых культур, возможна замена дорогостоящего компонента питательной среды выращивания дрожжей на более дешевый природный аналог. При этом компонентный состав полученного нами сахарного раствора имеет дополнительные ростовые компоненты, особо необходимые в технологии выращивания дрожжевой клетки, стимулирующие синтез комплекса витаминов группы В (B_1, B_2, B_3, B_5). Тем более, во многих экспериментальных работах, учеными показано, что дрожжи хорошо размножаются, и их можно выращивать на отходах сельскохозяйственного и промышленного производства, в том числе на соломе, древесных отходах и т. п. [2].

Так как целью ферментативного гидролиза целлюлозосодержащего сырья является эффективная деструкции лигноцеллюлозы субстрата в сахара, нами проведена оценка снижения главных компонентов органического состава («сырой» клетчатки и лигнина) исследуемого целлюлозосодержащего сырья и ферментолизатов, полученных на их основе, согласно разрабатываемой нами технологии получения кормового белка.

Клетчатка - комплекс химически связанных между собой веществ, придающих жесткость и прочность растительному сырью. Лигнин — это соединение, не относящееся к углеводам, но тесно связанное с клетчаткой. Он является инкрустирующим веществом, обволакивающим целлюлозу. В кормовом продукте клетчатка и лигнин снижает питательность.

В связи с этим, подразумевается в результате биологической деструкции сырья снизить показатели именно «сырой» клетчатки и лигнина, еще и потому, что именно эти органические компоненты имеют в своем составе необходимые нам сахара.

Характеристика органического состава исследуемого целлюлозосодержащего сырья и ферментолизатов, полученных на их основе, согласно разрабатываемой нами технологии получения кормового белка, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика органического состава исследуемого целлюлозосодержащего сырья и ферментолизатов, полученных на их основе по оригинальной методике

Сырье	Содержание, % на сухое вещество			
	«сырой» клетчатки		лигнина	
	в сырье	в ферментолизате	в сырье	в ферментолизате
солома пшеницы	42,4±0,04	3,2±0,06	1,2±0,07	0,2±0,02
солома гречихи	47,9±0,11	3,5±0,09	2,9±0,04	0,4±0,02

Согласно полученных данных, показано, что в результате оптимизированных при помощи математической модели условий проведения ранее физико-механических и в данном исследовании биологических методов деструкции целлюлозосодержащего сырья, показатель «сырой» клетчатки в ферментолизате соломы пшеницы снизился на 92,45%, лигнина на 83,3%; в ферментолизате соломы гречихи на 92,69% и 86,20% соответственно.

Необходимо обратить внимание на то, что субстрат, имеющий в своем составе большее содержание «сырой» клетчатки и лигнина – солома гречихи, на подобранных условиях деструкции показывает наилучшие показатели. И связано это с тем, что в разрабатываемой нами технологии кормового белка, эффективно проведен надрыв лигноцеллюлозы, подобрана эффективная концентрация фермента.

Таким образом**,** в результате выполнения данной научной задачи нами показано, что эффективную концентрацию глюкозы возможно достичь при биологической конверсии ферментами целлюлозосодержащего сырья, предобработанного ультразвуком.

Выводы. Оптимальными условиями ферментативного гидролиза растительного целлюлозосодержащего сырья (соломы злаковых культур), предобработанного ультразвуком, в технологии кормового белка с целью получения сахарного раствора являются использование 100 мл гидролизата (после ультразвуковой дезинтеграции) соломы злаковых культур и 20 мл рабочего раствора ферментного препарата ЦеллоЛюкс-F (ЦлА – 2500 ед/гр) в соотношении 5:1 (v/v) и продолжительностью реакции 70 минут. При этом содержание глюкозы в ферментолизате соломы пшеницы – 11,35 г/л; соломы гречихи – 11,54 г/л соответствует потребностям дрожжей при их глубинном культивировании. Крутое восхождение можно признать эффективной, так как полученный результат на 53% превышает теоретически рассчитанный.

В результате оптимизированных при помощи математического моделирования условий проведения ранее физико-механических и в данном исследовании биологических методов деструкции целлюлозосодержащего сырья, показатель «сырой» клетчатки в ферментолизате соломы пшеницы снизился на 92,45%, лигнина на 83,3%; в ферментолизате соломы гречихи на 92,69% и 86,20% соответственно. Что говорит, о высокой эффективности разработанной ферментационной системы.

Полученные данные легли в основе технологии получения кормового белка, где сахарный раствор на основе целлюлозосодержащих отходов, служит компонентом питательной среды для микробного продуцента кормового белка – дрожжей штамма *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365.

Литература

1. ***Бабьева И. П.*** Биология дрожжей: учеб. пособие / И. П. Бабьева, И. Ю. Чернов; Факультет почвоведения Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. – М: Товарищество науч. изд. КМК, 2004. – 221 с. 5.
2. ***Банницына Т. Е.*** Дрожжи в современной биотехнологии / Т. Е. Банницына, А. В. Канарский, А. В. Щербаков [и др.] // Вестник Международной академии холода. – 2016. – № 1. – С. 24-29.
3. ***Беловежец Л. А***. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлозного сырья / Л. А. Беловежец, И. В. Волчатова, С. А. Медведева // Химия растительного сырья. – 2010. - № 2. – С. 5 – 16.
4. ***Бирюков В. В.*** Основы промышленной биотехнологии: учеб. пособие / В. В. Бирюков. – Москва: КолосС, 2004. – 295 с.
5. ***Гнеушева И.А.*** Биотехнологическая переработка отходов производства гречихи и получение ценных продуктов / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронежский государственный университет инженерных технологий. Воронеж, 2014. с. 24.
6. ***Гнеушева И.А.*** Оптимальные параметры ультразвукового воздействия на целлюлозосодержащее сырье / И. А. Гнеушева, А.В. Лушников, И.Ю. Солохина // Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения: Материалы VIII международной научно-практической интернет-конференции по актуальным проблемам в области биотехнологии, Орел, 28 ноября 2024 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2024. – С. 111-115.
7. ***Дедков В. Н.*** Разработка биотехнологии кормового белка из растительного сырья: дис. … канд. техн. наук: 03.01.06. Воронеж, 2014. 146 л.
8. ***Павловская Н.Е.*** Биоконверсия отходов сельскохозяйственного производства в коммерчески значимые продукты / Н.Е. Павловская, Р.Н. Лящук, И.А. Гнеушева // АПК: экономика и управление. 2016. №9 С.76-81.
9. ***Петенко А.И.*** Биотехнология кормов и кормовых добавок: Монография / А. И. Петенко, А. Г. Кощаев, И. С. Жолобова, Н. В. Сазонова // Краснодар: ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ», 2011. 454 с.
10. ***Сушкова В. И.*** Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества / В. И. Сушкова, Г. И. Воробьёва. – Киров: Де Липринт, 2007. – 204 с.
11. ***Kumar A.*** Biotechnological transformation of lignocellulosic biomass in to industrial products: An Overview / A. Kumar, A. Gautam, D. Dutt // Adv. Biosci. Biotechnol. 2016. Vol. 7. P. 149-168.
12. ***Sulman E., Filatova A., Manaenkov O., Molchanov V., Matveeva V.*** The kinetic research of cellulose conversion to polyols // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2017 Vol.17 (42). P. 591-598.

Поступила в редакцию: 25.01.2025 г.
Принята к публикации: 07.05.2025 г.

Гнеушева И.А., кандидат технических наук, доцент, **Горькова И.В.,** профессор, доктор технических наук; **Лушников А.В.,** кандидат технических наук, ассистент; **Солохина И.Ю.,** кандидат технических наук, доцент, **Агеева Н.Ю.**, ассистент, кафедра Биотехнологии имени профессора Н.Е. Павловской ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Россия, г. Орел, e-mail: obc1-2010@mail.ru.

УДК 635.21

Гагарина И.Н., к.с.-х.н., доцент
Горькова И.В., д.б.н., профессор
Попова А.Ю., к.б.н., доцент
Костромичева Е.В., к.б.н., доцент
ФГБОУ ВО Орловский Государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, г.Орёл, Россия
Gagarina I.N., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Gorkova I.V., Doctor of Biological Sciences, Professor
Popova A.Yu., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Kostromicheva E.V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia, e-mail: i-gagarina@list.ru

АКТИВНЫЕ МЕТОДЫ БИОКОНВЕРСИИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА В БИОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ ДЛЯ ЛИСТОВОЙ ПОДКОРМКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

(Active methods of bioconversion of bird droppings into bioorganic fertilizers for leaf fertilization of grain crops)

В статье представлены исследования по разработке технологии биоконверсии органических отходов птицеводства для получения биоорганического удобрения с внесением биоактивных добавок на основе высоко эффективных микроорганизмов при поддержании температуры в ферментаторах в интервале 37°С. Получено биоорганическое удобрение из птичьего помета жидкой фракции, содержащее 8,9% гуминовых кислот на сухое вещество. масс. твердого - содержание гуминовых кислот – 2,8% масс. при внесении инокулята № 3 10^{-4}%: - биоактиватор для компостных ям марки «BIOWC Компост» объем инокулята 0,3% от объема питательной среды (w/w)) + 0,2 % продукт микробиологического разложения Экотол. Повышение всхожести и энергии прорастания выявлено в вариантах с примененем биоорганического удобрения, полученного по технологиии с внесением инокулята № 3 10^{-4}%: - биоактиватор для компостных ям марки «BIOWC Компост» Объем инокулята - 0,3% от объема питательной среды (w/w)) + 0,2% продукт микробиологического разложения Экотол (вариант 3 10^{-4}%). Проведено исследование влияния жидкого биорганческого удобрения на рост и развитие проростков пшеницы. Выявлено, что наилучшие ростовые качества проявляют образцы 10^{-4}% растворами биоудобрения, полученного при внесении инокулята № 3 10^{-4}%: - биоактиватор для компостных ям марки «BIOWC Компост» Объем инокулята - 0,3% от объема питательной среды (w/w)) + 0,2% продукт микробиологического разложения Экотол.

Ключевые слова: биоконверсия, птичий помет, биоорганическое удобрение, листовая подкормка, зерновые культуры, ферментер, инокулят.

The article presents research on the development of technology for the bioconversion of organic poultry waste to produce bioorganic fertilizers with bioactive additives based on highly effective microorganisms. The temperature in the fermenters was maintained in the range of 37°C. Bioorganic fertilizer was obtained from bird droppings of a liquid fraction containing 8.9% of humic acids per dry substance. solid mass - humic acid content – 2.8% by weight. When inoculum No. 3 is applied 10-4%: - bioactivator for compost pits of the BIOWC Compost brand, inoculum volume -0.3% of the nutrient medium volume (w/w) + 0.2% microbiological decomposition product Ecotol. An increase in germination and germination energy was revealed in variants using bioorganic fertilizer obtained using inoculum No. 3 10-4%: - bioactivator for compost pits of the BIOWC Compost brand Inoculum volume - 0.3% of the volume of the nutrient medium (w/w) + 0.2% microbiological decomposition product Ecotol (option 3 10-4%). A study of the effect of liquid organic fertilizer on the growth and development of wheat seedlings has been conducted. It was revealed that the best growth qualities are shown by samples of 10-4% solutions of biofertilizer obtained by applying inoculum No. 3 10-4%: - bioactivator for compost pits of the BIOWC Compost brand inoculum volume - 0.3% of the volume of the nutrient medium (w/w) + 0.2% product of microbiological decomposition Ecotol.

Keywords: bioconversion, bird droppings, bioorganic fertilizer, leaf dressing, grain crops, fermenter, inoculum.

Введение. Растущая потребность в продуктах птицеводства закономерно стимулирует рост их производства. Одной из наиболее значимых проблем, стоящих на пути развития этой отрасли, в настоящее время является проблема утилизации отходов [2, 5]. Для того, чтобы и дальше наращивать производственные мощности без риска экологической катастрофы требуется технология быстрой, дешевой и эффективной переработки отходов. В идеальном варианте такая технология помимо решения проблемы утилизации должна так же вырабатывать некоторый ценный продукт, реализация которого позволит предприятию не только покрыть расходы на переработку отходов, но и получить дополнительную прибыль [6]. Это делает научный поиск методов эффективной утилизации отходов животноводства актуальным и востребованным [3, 4, 9, 10].

Большой интерес вызывает идея переработки отходов животноводства в органоминеральные удобрения. Биоконверсия в этом плане привлекательна в первую очередь за счет своей экономической эффективности и безопасности [9]. Процесс при правильной постановке обещает быть самоподдерживающим-

ся, что минимизирует издержки, а полученный на выходе продукт богат гуминовыми кислотами и содержит многие минеральные вещества, необходимые растениям для роста и развития, что делает его ценным биоудобрением [1, 7, 8].

Цель исследований. Целью исследовний являлось получение новых биоорганических удобрений методами биоконверсии из органических отходов и изучение влияния удобрения на ростовые показатели пшеницы.

Условия, материалы и методы исследвоаний. Экспериментальные исследования проводились в Центре коллективного пользования «Орловский региональный центр сельскохозяйственной биотехнологии» Орловского государственного аграрного университета им. Н. В. Парахина. При испытаниях использовался куриный помет с влажностью 60-65%, содержанием гуминовых кислот 1,3-1,4% масс. на сухое вещество.

В качестве метода оптимизации процесса биоконверсии в данном исследовании использовалось применение биоактивных добавок на основе высоко эффективных микроорганизмов.

Для изучения способов оптимизации процесса в ферментеры вносилось 3 вида инокулятов:

-вариант 1 – контрольная группа, дополнительных препаратов не вносилось;

-вариант 2 - биоактиватор для выгребных ям марки «BIOWC5» Объем инокулята - 0,3% от объема питательной среды;

-вариант 3 - биоактиватор для компостных ям марки «BIOWC Компост» Объем инокулята = 0,5% от объема питательной среды;

- вариант 4 - биоактиватор для компостных ям марки «BIOWC Компост» Объем инокулята - 0,3% от объема питательной среды + 0,2 % продукт микробиологического разложения Экотол.

Результаты исследований обрабатывали методами математической статистики.

Результаты и обсуждение. В ферментеры вносили инокулюм: бак. суспензия микроорганизмов с мутностью 0,5 по McFarland (1,5x10-8 КОЕ/мл). Объем инокулята - 0,5% от объема питательной среды (w/w). Посевная доза составила 2,25x10-9 КОЕ — сухая биомасса. КОЕ в среде на старте: 7,5x10-4 - 75 тысяч КОЕ/л (или клеток/л). Параметры ферментации указаны в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры процесса получения биоорганического удобрения из птичьего помета

Варианты	Время предобработки ультразвуком, сек	Параметры проведения гомогенизации, (t °C, влажность% масс.)	Параметры проведения гидролиза, (pH, t °C)	Внесение анаэробных микроорганизмов	Параметры ферментации, (pH,t°C).	Продолжительность процесса, дней.	Содержание гуминовых кислот в жидкой и твердой фракции, % масс
Контроль	90	36-38°C 88-89% масс	pH среды 8,3-8,5 t 37-40°C.	Без дополнительного внесения инокулята	40°C pH среды 8,3-8,5	8 дней	6,0% масс 1,2 % масс
Вариант 1	90	37-40°C 86-88% масс.	pH среды 8,3-8,5 t -37-40°C.	Внесение инокулята 1	40°C. pH среды 8,3-8,5	8 дней	7,9% масс 1,4 % масс.
Вариант 2	90	37-40°C 86-88% масс.	pH среды 8,3-8,5 t = 37-40°C.	Внесение инокулята 2	40°C. pH среды 8,3-8,5	8 дней	7,3% масс 1,5 % масс.
Вариант 3	90	37-40°C 86-88% масс.	pH среды 8,3-8,5 t = 37-40°C.	Внесение инокулята 3	40°C. pH среды 8,3-8,5	8 дней	8,9% масс 2,8 % масс.

Выводимая из ферментатора взвесь подвергалась цетрифугированию на твердую фазу - 47% масс. влажности и жидкую фракцию, охлаждалось до 25°C и фасовались. Продолжительность процесса биоконверсии (анаэробной ферментации) составляет 8 дней.

Получено биоорганическое удобрение из птичьего помета жидкой фракции, содержащее 8,9% гуминовых кислот на сухое вещество. масс. твердого - содержание гуминовых кислот – 2,8 % масс. При внесении инокулята № 3 10^{-4}%: - биоактиватор для компостных ям марки «BIOWC Компост» объем инокулята = 0,3% от объема питательной среды (w/w)) + 0,2 % продукт микробиологического разложения Экотол

Проведено исследование на присутствие анаэробных микроорганизмов по всем вариантам исследования по завершении эксперимента. Посев производился непосредственно из глубины субстрата на среды Чапека и Китта-Тароцци.

Посев на среду Китта-Тароцци производился непосредственно из глубины субстрата. Пробирки с жидкой средой помещались в анаэростат и культивировались на протяжении 7-и суток при температуре 40^0C. По завершении этого срока анаэростат разгерметизировался. Во всех образцах, кроме контрольного визуально наблюдались явные признаки наличия бурного роста микроорганизмов, наибольший был в образце с использованием инокулята 3.

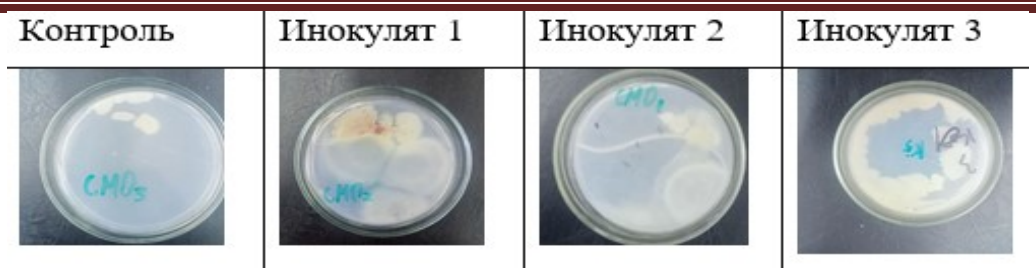


Рис. 1. - Среда Чапека, Рост на 7 сутки

Проведено исследование влияния жидкого биоорганического удобрения на рост и развитие проростков пшеницы.

На 10-е сутки все образцы, в которых семена обрабатывались препаратами (включая контроль без внесения микроорганизмов, полученный без использования микробиологических препаратов) имели лучшие ростовые показатели по сравнению с контролем без обработки, где обработки не проводилось. Сохранилась так же и разница в ростовых показателях для разных концентраций. Так, образцы, обработанные препаратами вариантов 1 и 2 в концентрации 10^{-2}% имели лучшие ростовые показатели по сравнению с образцами, обработанными этими же препаратами в концентрации 10^{-4}%. Образцы, обработанные препаратами варианта 3 имеют наиболее высокие значения ростовых показателей относительно всех остальных вариантов.

Выявлено, что наилучшие ростовые качества проявляют образцы 10^{-4}% растворами биоудобрения, полученного при внесении инокулята № 3 10^{-4}%: - биоактиватор для компостных ям марки «BIOWC Компост» Объем инокулята = 0,3% от объема питательной среды (w/w)) + 0,2 % продукт микробиологического разложения Экотол (Рис. 2).

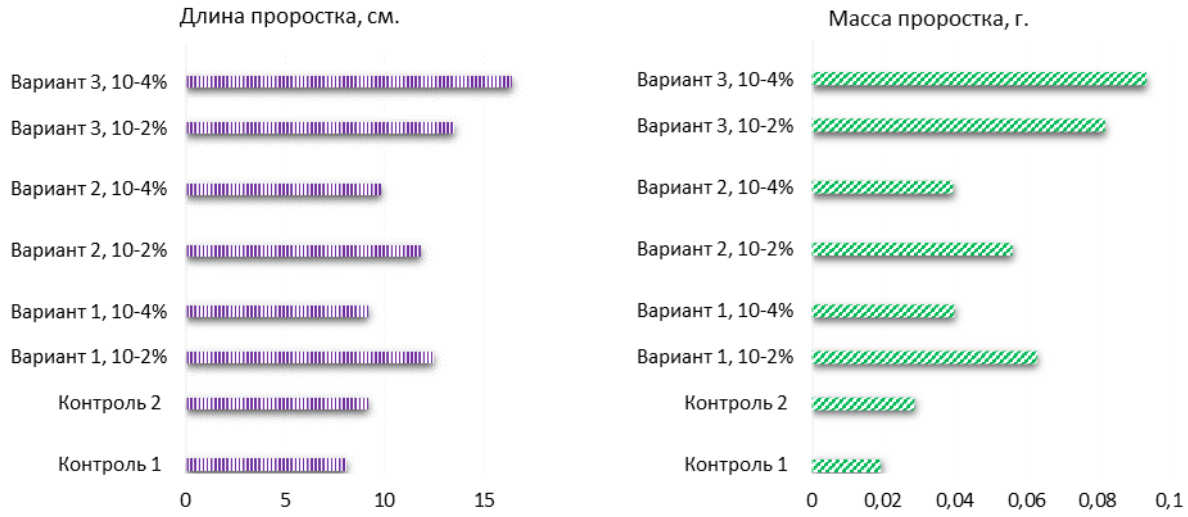


Рис. 2 – Влияние жидкого биоорганического удобрения на ростовые показатели проростков пшеницы (10-е сутки)

Выводы. Разработанная технология получения биоорганического удобрения с внесением инокулята: - биоактиватор для компостных ям марки «BIOWC Компост» Объем инокулята - 0,3% от объема питательной среды (w/w)) + 0,2 % продукт микробиологического разложения Экотол, может быть предложена производителям птицеводческой продукции для утилизации органических отходов.

Литература

1. ***Петрова Г.В. и др.*** Получение органического продукта, обладающего свойством биоудобрения, путем биоконверсии птичьего помета //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 12 (165). – С. 90-95.
2. ***Криволапов И.П.*** Анализ технологий и технических средств по переработке отходов животноводства // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5. – №. 3.
3. ***Винаров А. Ю.*** Биотехнологическая переработка отходов животноводческих комплексов // Эффективное животноводство. – 2021. – №. 8 (174). – С. 100-101
4. ***Воронин Б. А., Чупина И. П., Воронина Я. В.*** Специфика органического сельского хозяйства // Аграрное образование и наука. – 2019. – №. 2. – С. 23.

5. ***Гишкаева Л. Л., Юпаева Г. Р., Ганатов И. С.*** Современные биотехнологии в производстве на службе защиты окружающей среды // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2022. – №. 9. – С. 36-39.
6. ***Binner E., Grassinger D., Humer M.*** Composting conditions preventing the development of odorous compounds //Microbiology of Composting. – Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2002. – С. 551-560
7. ***Defoer N., Van Langenhove H.*** Odour emissions during yard waste composting: Effect of turning frequency //Microbiology of Composting. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002. – С. 561-569
8. ***Лысенко В.И.*** Перспективная технология переработки помета/ В.И. Лысенко // Птицеводство. – 2011 – N° 1. – С. 52
9. ***Маринченко Т. Е.*** Перспективные разработки в области переработки помета // Эффективное животноводство. – 2021. – №. 7 (173). – С. 80-83.
10. ***Ножевникова А. Н. и др.*** Состав микробного сообщества на разных стадиях компостирования, перспектива получения компоста из муниципальных органических отходов (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. – 2019. – Т. 55. – №. 3. – С. 211-221.

Поступила в редакцию: 25.01.2025 г.
Принята к публикации: 12.05.2025 г.

Гагарина И.Н., к.с.-х.н., доцент кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской; **Горькова И.В.,** д.б.н., профессор, профессор кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской; **Попова А.Ю.,** к.б.н., доцент кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской; **Костромичева Е.В.,** к.б.н., доцент кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской; ФГБОУ ВО Орловский Государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина; г. Орёл, Россия, e-mail: i-gagarina@list.ru

УДК 637.358:664.022.3

Демина Е.Н., кандидат технических наук, доцент (e-mail: deminakate1@yandex.ru)
Симоненкова А.П., кандидат технических наук, заведующий кафедрой
Ветрова О.Н., к.т.н., преподаватель
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия
Demina E.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (e-mail: deminakate1@yandex.ru)
Simonenkova A. P., Candidate of Technical Sciences, Head of the Department
Vetrova O. N., Candidate of Technical Sciences, teacher
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russian Federation

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБОГАЩЕННОГО ПЛАВЛЕНОГО СЫРНОГО ПРОДУКТА

(Formulation development and quality assessment of enriched processed cheese product)

Плавленые сыры и сырные продукты пользуются стабильным спросом населения, они представлены разнообразными вкусами. Однако не всегда можно отметить их функциональные свойства и высокое качество. В связи с этим актуальным направлением является создание плавленого сырного продукта функциональной направленности, содержащего порошки тыквы и облепихи, которые характеризуются высоким содержанием клетчатки и пектиновых веществ, что обуславливает их эмульгирующие, стабилизирующие свойства. Исследование модельных композиций сырного продукта позволило установить вид и количество вносимых обогащающих компонентов. В составе плавленого сырного продукта содержится 55% жира и 12% белка в пересчете на сухое вещество. Содержание углеводов составляет 3,5 г, а пищевых волокон 0,3 г на 100 г продукта. Разработанный продукт характеризуется отличными органолептическими показателями и стандартными физико-химическими показателями. Установлен гарантированный срок хранения – 10 суток, при температуре 4±2 °С и относительной влажности воздуха не более 75%.

Ключевые слова: плавленый сырный продукт, порошки сублимационной сушки, показатели качества

Processed cheeses and cheese products are in steady demand among the population, they are represented by a variety of flavors. However, it is not always possible to note their functional properties and high quality. In this regard, the relevant direction is the creation of a processed cheese product with a functional orientation, containing pumpkin and sea buckthorn powders, which are characterized by a high content of fiber and pectin substances, which determines their emulsifying, stabilizing properties. The study of the model compositions of the cheese product made it possible to establish the type and quantity of the added enriching components. The processed cheese product contains 55% fat and 12% protein in terms of dry matter. The carbohydrate content is 3.5 g, and dietary fiber is 0.3 g per 100 g of product. The developed product is characterized by excellent organoleptic properties and standard physico-chemical properties. The guaranteed shelf life is 10 days, at a temperature of 4 ± 2 ° C and a relative humidity of no more than 75%.

Keywords: processed cheese product, freeze–dried powders, quality indicators

Плавленые сырные продукты обладают высокой биологической ценностью, что связано с наличием усваиваемых белков и жиров[1]. Интерес к обогащению сырных продуктов растительными компонентами обусловлен возможностью варьирования рецептурных ингредиентов и использованием сухих порошкообразных ингредиентов [2]. Инновационные разработки по созданию плавленых сыров с растительным сырьем направлены на обогащение продукта пищевыми волокнами, макро- и микроэлементами. Целью отдельных исследований является расширение ассортимента и улучшение органолептических показателей за счет внесения овощных и плодово-ягодных компонентов [3, 4]. Кроме того, работы в этой области направлены на изменение жирнокислотного состава и уменьшения общей калорийности продукта путем внесения растительных масел и овощных пюре в состав сырного плавленого продукта [5, 6].

Целью настоящей работы является разработка рецептуры и оценка качества сырного продукта, обогащенного растительными порошками сублимационной сушки.

В соответствии с поставленной целью решились следующие задачи:

- изучение характеристик растительных порошков и обоснование возможности их применения в рецептуре плавленого сырного продукта;
- разработка рецептуры и технологии производства обогащенного плавленого сырного продукта с добавлением порошков сублимационной сушки;
- комплексная оценка качества обогащенного сырного продукта, в том числе в процессе хранения

Условия, материалы и методы

Экспериментальные исследования проводили в лаборатории продуктов животного происхождения кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела ОГУ им. И.С. Тургенева. Объектами исследования являлись порошки сублимационной сушки моркови, тыквы и облепихи (производитель ООО «Криосушка»), модельные образцы сырных плавленых продуктов (см. таблицу 1). Исследования были проведены в соответствии с ГОСТ Р 53502-2009.

«Продукты сырные плавленые. Общие технические условия», ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей». Расчет рецептуры готового продукта проводился с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты исследвоаний и их обсуждение

С целью определения количества вносимых сырьевых ингредиентов, составили модельные рецептуры обогащенного сырного продукта, которые включали сыр «Российский», сыр «Голландский», сыр нежирный, сметану 20 % жирности, сухое обезжиренное молоко, масло сливочное крестьянское и соль-плавитель (смесь триполифосфата натрия и натрия пирофосфорнокислого трехзамещенного). Дополнительно вносили порошки моркови, тыквы и облепихи сублимационной сушки в различных композиционных сочетаниях, заменяя 50 % сухого молока в стандартной рецептуре. В качестве контрольного образца был выбран плавленый сыр «Дружба» в соответствии со «Сборником технологических инструкций по производству плавленых сыров» [7, 8].

Органолептические характеристики модельных композиций определяли в соответствии с балльной шкалой для плавленых сыров. Результаты представлены на рисунке 1.

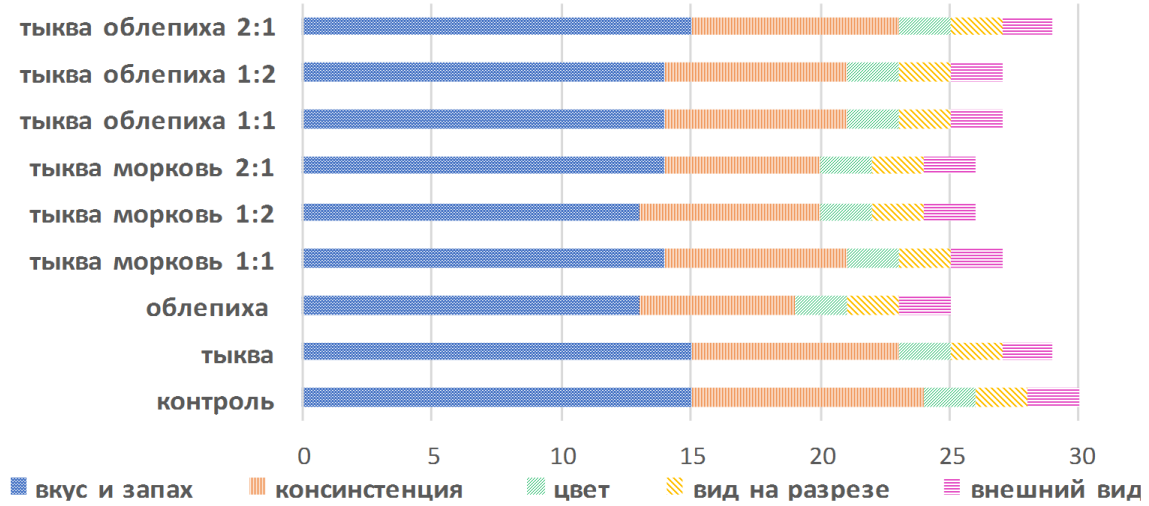


Рис. 1 – Пищевая ценность модельных композиций плавленого продукта

Все модельные композиции имели приемлемые органолептические показатели. Дегустаторами было отмечено, что образец тыква: морковь при соотношении 1:1 имел более выраженный растительный привкус. Наиболее сбалансированным вкусом и запахом отличался образец с композиционным сочетанием тыква: облепиха 2:1. Он характеризовался, нежной легкой консистенцией, а также темно-кремовым цветом с едва различимыми вкраплениями порошка облепихи, обусловленными внесением наполнителей.

Учитывая полученные данные, была разработана рецептура и технология производства плавленого сырного продукта, обогащенного порошками сублимационной сушки (таблица 1).

Таблица 1 – Рецептура плавленого обогащенного сырного продукта с учетом потерь

Наименование сырья	Масса вносимого сырья, кг	Массовая доля в готовом продукте, %, не менее		
		Жир	Белок	Сухие вещества
Сыр «Российский»	204	50	24,6	58
Сыр «Голландский»	187,1	45	23	56
Сыр нежирный	25,5	0,2	18	40
Сметана	51	20	2,5	27,5
Молоко коровье сухое обезжиренное	255	1	32	96
Масло крестьянское	12	72,5	0,8	75
Соль-плавитель	102	–	–	20
Порошок тыквы	16,7	2,2	3,4	97
Порошок облепихи	8,3	21,6	4,8	99,5
Вода питьевая	157,9	–	–	–
Итого	1020	269,7	122,8	490,4
		55%	12%	48%

Особенностью технологии плавленого сырного продукта обогащенного является внесение функциональной добавки – порошков сублимационной сушки на этапе составления сырной смеси.

Разработанный плавленый сырный продукт обладает хорошими органолептическими характеристиками – выраженным сливочным вкусом с привкусом и ароматом порошков облепихи и тыквы. Консистенция, нежная, маслянистая, пластичная, однородная по всей массе. Цвет продукта – темно-кремовый с едва различимыми вкраплениями порошка облепихи [7] (см.рис. 2). Более плотная и равномерная консистенция обогащенного плавленого сырного продукта по сравнению с контролем, обусловлена внесением растительных порошков, обладающих высокой водосвязывающей и жироэмульгирующей способностью [8]. Способность рецептурных компонентов связывать и удерживать влагу и жир играет значительную роль в формировании качества плавленых сырных продуктов. В данном случае растительные порошки сублимационной сушки содержат клетчатку, пектины и белок, частично выступают в качестве эмульгаторов, придавая необходимую консистенцию и структуру плавленому продукту.

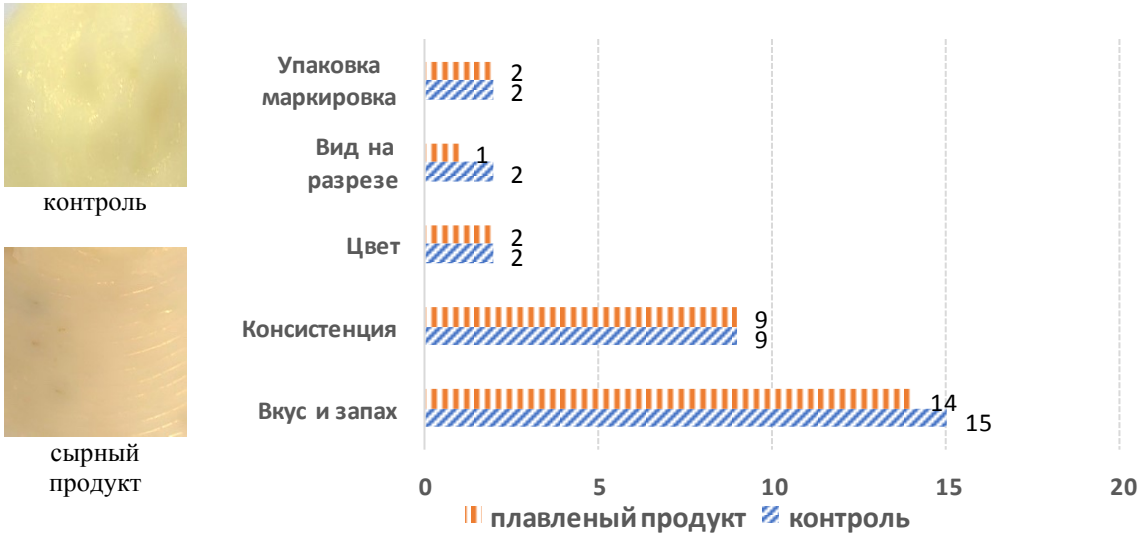


Рис. 2 – Внешний вид и органолептическая оценка сырного продукта (в баллах)

Разработанный плавленый сырный продукт характеризуется стандартными физико-химическими показателями. Массовая доля влаги обогащенного продукта немного ниже по сравнению с контролем за счет внесения растительных порошков, которые характеризуются высокой влагоудерживающей способностью. В готовом продукте содержатся пищевые волокна в количестве 0,3 г на 100 г продукта, что может обеспечить удовлетворение суточной потребности организма на 2%.

Для создания нового продукта был исследован режим хранения плавленого сырного продукта, а также проводилась закладка на хранение для определения срока годности готового продукта при температуре 4±2 °С. Срок хранения плавленого сыра, обогащенного порошками сублимационной сушки по изменениям физико-химических и микробиологических свойств. По истечении 11 суток хранения наблюдалось незначительное снижение показателей качества продукта: привкус растительных порошков становился более интенсивным, после 12 суток отмечалась легкая горечь. Это связано с тем, что в продукте начинают развиваться окислительные процессы, которые негативно сказываются на свойствах. Консистенция становилась более плотной, на поверхности образовалась корка, цвет продукта не изменился в процессе хранения. Исследование динамики показателей качества в процессе хранения позволило установить гарантированный срок хранения – 10 суток, при температуре 4±2 °С и относительной влажности воздуха не более 75%.

Выводы. Таким образом, сочетание в рецептуре обогащенного сырного плавленого продукта молочных компонентов и растительных порошков сублимационной сушки позволит получить комбинированный молочный продукт с хорошими органолептическими показателями и высокой пищевой ценностью. Использование растительных порошков дает возможность скорректировать химический состав, снизить его калорийность и получить продукт функциональной направленности.

Литература

1. ***Арсеньева Т.П.*** Разработка состава плавленого сырного продукта функционального назначения / Т.П. Арсеньева, Е.П. Сучкова, Волкова О. В. // Вестник Международной академии холода, 2019. – № 1. – С. 39–45.
2. ***Варивода А.А.*** Производство плавленых сыров с растительными добавками / А. А. Варивода. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. – № 5.1 (85.1). – С. 71-73.
3. ***Страшнов Н.М. и др.*** Способ получения сырного продукта с растительными наполнителем: патент

РФ №2429705. Заяв. 2009115354/10; опубл. 27.09.2011, Бюл. №27.
4. ***Король В.Ф.*** Композиция для получения плавленого сыра «Осенний»: заявка на изобретение № 2004121376/13, опубл. 12.07.2004.
5. ***Юрченко Н.А., Остроумова Т.А.*** Использование растительного сырья в производстве плавленого сыра // Современная технология сыроделия и безотходная переработка молока: Материалы Всероссийской научно-технической конференции- Ереван: Айстан. 2009. – С. 1-4.
6. ***Хворостин Е.Н.*** Перспективные направления использования добавок растительного происхождения в производстве плавленых сыров и плавленых сырных продуктов / Е.Н. Хворостин, С.А. Калманович, А.П. Верещагина, Е.А. Вербицкая // Новые технологии, 2011. – №4. – С.21-25
7. ***Демина Е.Н***. Обогащение сырного продукта растительными компонентами / Е.Н. Демина, А.А. Ерофеев // Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России: VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (25 марта – 5 апреля 2024 г., г. Орёл) – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2024. – С.35-41.
8. ***Гуцева М.В.*** Перспектива использования растительных порошков в рецептуре плавленых сырных продуктов / М.В. Гуцева, А.А. Ерофеев // Горизонты биотехнологии: сборник статей Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Орёл, 2024. – С. 77-81.

Поступила в редакцию: 25.01.2025 г.
Принята к публикации: 12.05.2025 г.

Демина Екатерина Николаевна, к.т.н., доцент (e-mail: deminakate1@yandex.ru), **Симоненкова Анна Павловна**, к.т.н., заведующий кафедрой, **Ветрова Ольга Николаевна**, к.т.н., преподаватель, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия

УДК 635.21:663.532.23

Данилова А.М., кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail orlovanastya2@mail.ru
Березина Н.А., доктор технических наук, профессор, e-mail jrdan@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орёл, Россия
Danilova A.M., candidate of technical sciences, senior lecturer of the department of agriculture, selection and plant growing, e-mail orlovanastya2@mail.ru
Berezina N. A., doctor of technical sciences, professor of the department of agriculture, selection and plant growing, e-mail jrdan@yandex.ru
Oryol State Agrarian University named after N. V. Parakhin, Orel, Russia

СПОСОБЫ ТРАНСФОРМАЦИИ УГЛЕВОДНОГО КОМПЛЕКСА КРАХМАЛСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ К ПОСЛЕДУЮЩЕМУ ЕГО ОСАХАРИВАНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФП AMG 1100 BG

(Methods of transforming the carbohydrate complex of starch-containing raw materials for its subsequent saccharization using the enzyme preparation AMG 1100 BG)

Рассматриваются основные методы расщепления углеводного комплекса крахмала, позволяющие использовать его максимальные ресурсы и обеспечить минимальные потери сахаросодержащих веществ. Особое внимание уделено гидротермической и ферментативной обработке, как ключевым технологиям, используемым для преобразования крахмала в простые углеводы. Статья подробно описывает изменения свойств углеводного комплекса крахмала при гидротермической обработке, включая повышение доступности крахмала для последующего расщепления. Рассматриваются влияние температуры, времени обработки и других факторов на структуру крахмала, а также механизмы, лежащие в основе гидролиза крахмала при гидротермической обработке. Приводятся данные о степени вязкости крахмала после гидротермической обработки, что имеет важное значение для последующих ферментативных процессов. Ферментативная обработка рассматривается как эффективный метод расщепления углеводов. Описываются особенности применения ферментного препарата AMG 1100 BG при различных температурах, pH и концентрациях, а также влияние этих факторов на скорость и эффективность осахаривания. Кроме того, в статье приводится сравнение эффективности гидротермической и ферментативной обработки с точки зрения оптимизации технологических процессов. Анализируются преимущества и недостатки каждого из методов, а также их возможное комбинированное применение для улучшения показателей осахаривания. Результаты работы могут быть полезны для специалистов в области пищевой и биотехнологической промышленности, а также для исследователей, работающих над совершенствованием технологий переработки крахмала и других углеводных материалов.

Ключевые слова: крахмалсодержащее сырье, картофель, осахаривание, способы расщепления, гидротермическая обработка, ферментативная обработка.

The main methods of splitting the starch carbohydrate complex are considered, which make it possible to use its maximum resources and ensure minimal losses of sugar-containing substances. Special attention is paid to hydrothermal and enzymatic processing, as key technologies used to convert starch into sugars. The article describes in detail the changes in the properties of the starch carbohydrate complex during hydrothermal treatment, including increasing the availability of starch for subsequent cleavage. The influence of temperature, processing time, and other factors on the starch structure, as well as the mechanisms underlying starch hydrolysis under high temperature and pressure conditions, is considered. Data on the degree of starch viscosity after hydrothermal treatment are presented, which is important for subsequent enzymatic processes. Enzymatic processing is considered as an effective method of splitting carbohydrates. The features of using the enzyme preparation AMG 1100 BG at various temperatures, pH and concentrations are described, as well as the influence of these factors on the rate and efficiency of saccharification. In addition, the article provides a comparison of the effectiveness of hydrothermal and enzymatic treatment in terms of optimizing technological processes. The advantages and disadvantages of each method are analyzed, as well as their possible combined use to improve saccharification performance. The results of the work can be useful for specialists in the field of food and biotechnological industry, as well as for researchers working on improving technologies for processing starch and other carbohydrate materials.

Keywords: starch-containing raw materials, potatoes, saccharification, splitting methods, hydrothermal treatment, enzymatic treatment.

Введение. Крахмалсодержащее сырье широко применяется для производства сахаросодержащих продуктов [3, 10] и чаще всего подвергается предварительной обработке (какому-либо виду модификации основного компонента – крахмала, то есть его расщеплению (кислотному, ферментативному, комбинированному) до простых углеводов [8, 13].

Одним из известных сахаросодержащих продуктов на основе крахмала являются различные виды патоки, получаемые в результате неполного гидролиза крахмала. Это показывает необходимость разработки ресурсосберегающих технологий глубокой переработки крахмалсодержащего сырья, в том числе такого, как картофель. Картофель представляет собой

экономически целесообразное сырьё, так как его переработка не требует значительных затрат на очистные сооружения для обработки отходов, а образующаяся мезга (вторичное сырье) ценна как кормовой компонент. По сведениям [9], картофель содержит от 14 до 29% крахмала, от 1,4 до 3 белка, до 1% клетчатки, а количество жира варьируется в пределах от 0,2 до 0,3%. Кроме того, он содержит большое количество калия и фосфора, а свежий картофель обладает витаминами А, С, В1, В2, В6, а также фолиевой кислотой [11].

Картофель обладает высокой влажностью и содержит до 75 % воды, что делает поврежденные клубни особенно восприимчивыми к микробиологической порче. Такие клубни не подлежат длительному хранению и требуют скорейшей переработки. При этом, в зависимости от выбранной методики для подготовки к длительному хранению, процент повреждённого картофеля может варьироваться от 20 до 66 % [5].

Таким образом, особое внимание представляет применение комплексных и высокоэффективных методов обработки картофеля, который требует незамедлительной переработки для получения новых сырьевых продуктов с высоким содержанием сахаров и увеличенным сроком хранения.

Целью исследований является разработка и оценка эффективных способов трансформации углеводного комплекса крахмалосодержащего сырья с последующим осахариванием с использованием ферментного препарата AMG 1100 BG. Исследования направлены на выявление оптимальных условий для гидролиза крахмала, оценку влияния различных факторов на эффективность осахаривания, а также на сравнительный анализ гидротермической и ферментативной обработки, способствующей в большей степени разрушить крахмал картофеля.

Результаты исследований и их обсуждение. Существует несколько методов получения сахаросодержащих продуктов, при которых сначала выделяют крахмал, а затем подвергают его гидролизу в присутствии ферментов, кислот или комбинированных методов [10, 14].

Однако, кислотный гидролиз обладает рядом недостатков, таких как высокие энергозатраты, необходимость использования дорогостоящего оборудования, устойчивого к воздействию кислот, а также риск загрязнения готового гидролизата компонентами, образующимися в процессе реверсии сахаров [10].

Сравнительно с использованием кислоты, применение ферментов имеет ряд ключевых преимуществ: минимальное производство продуктов реверсии и распада углеводов, возможность осуществления гидролиза при низких температурах и высоких значениях pH, а также формирование продуктов с однородным углеводным составом. Кроме этого, данный метод не требует установки дорогостоящего оборудования, устойчивого к кислой среде.

Подготовку картофеля осуществляли с использованием ферментного препарата амилолитического действия амилоглюкозидаза (глюкоамилаза) AMG 1100 BG, выпускаемого фирмой «Novozymes» (Дания). Продуцентом данного фермента является Aspergillus niger. Глюкоамилаза способна гидролизовать 1,4- и 1,6-глюкозидные связи амилозы и амилопектина с образованием глюкозы и декстринов. Согласно данным, представленным в источниках [4, 6], препарат наиболее эффективен при pH 3-5 и температуре от 40 до 80 °С. Его применение рекомендуется для интенсификации производственных процессов в хлебопекарной промышленности и для получения высокоосахаренных ферментативных полуфабрикатов [7].

Важным этапом в процессе получения сахаросодержащих продуктов посредством ферментативного гидролиза является предварительное преобразование углеводного комплекса начального сырья. Эффективность ферментных реакций при осахаривании резко повышается, если субстрат подготовлен для биотрансформации и обладает однородной структурой. Поэтому решение задачи предварительной подготовки сырья позволяет максимально использовать его потенциал. Процесс расщепления цельного крахмалсодержащего сырья до гидролитического этапа широко применяется в спиртовой промышленности [10, 12]. Основываясь на литературные источники [3, 8, 11], были предложены схемы подготовки сырья к осахариванию, не требующие специального оборудования и позволяющие минимизировать потери сахаристых веществ.

Схема 1 предполагает последовательное выполнение следующих операций:

- мойка и очистка картофеля;
- гидротермическая обработка (варка) при гидромодуле 1:1,5–2 (картофель:вода) при атмосферном давлении (согласно спиртовой промышленности) [11];
- змельчение вареного картофеля до частиц размером не более 3 мм [3, 10].

Схема 2 включает:

- мойка и очистка картофеля;
- измельчение сырого картофеля до размера частиц не более 3 мм [2];
- разжижение измельчённой массы с добавлением ферментного препарата амилоглюкозидазы AMG 1100 BG в дозировке 0,03 % [15];
- поддержание условий ферментативного гидролиза посредством помещения массы в термостат, поддерживающий температуру 60 ºС.

Каждый из методов направлен на эффективное осахаривание, обеспечивая высокое качество конечного продукта при минимальных потерях сахаристых веществ.

Изменение свойств углеводного комплекса крахмала картофеля в процессе подготовки к осахариванию определяли на приборе Амилотест в режиме 2 «Амилограмма» [1]. Пробы для анализа брали через каждые 10 минут в течении 40 минут (0, 10, 20, 30 и 40).

Результаты исследований отражены на рисунках 1, 2.

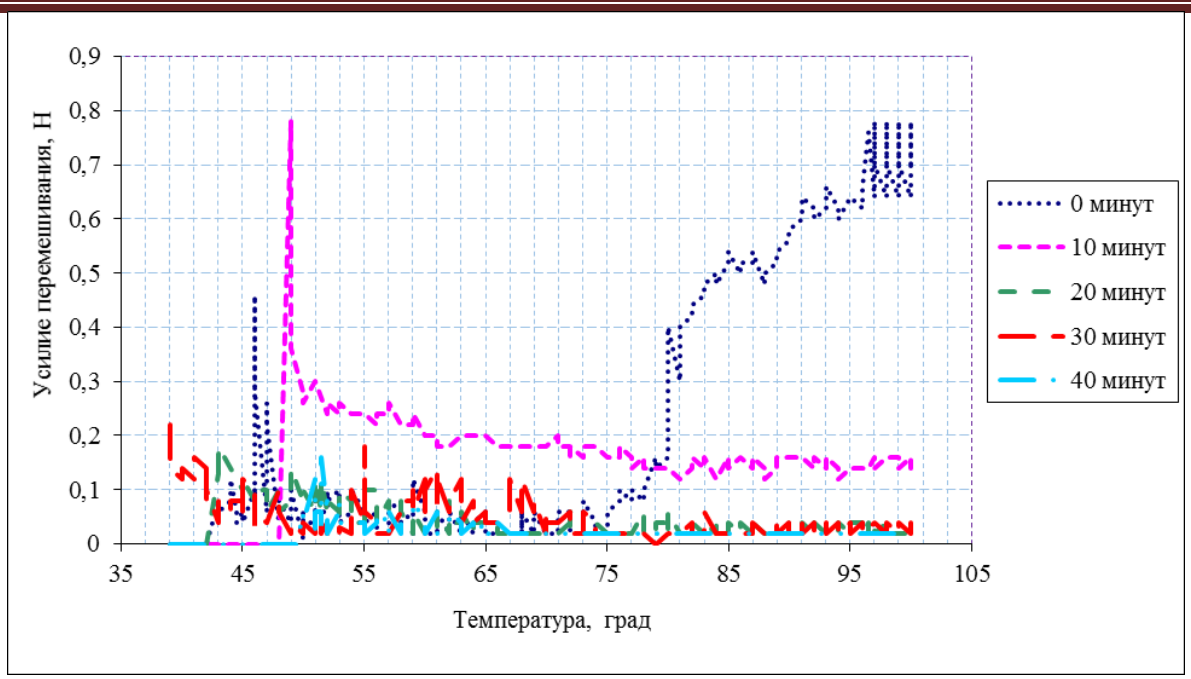


Рис. 1 - Изменение свойств углеводного комплекса крахмала картофельной суспензии при гидротермической обработке (способ 1)

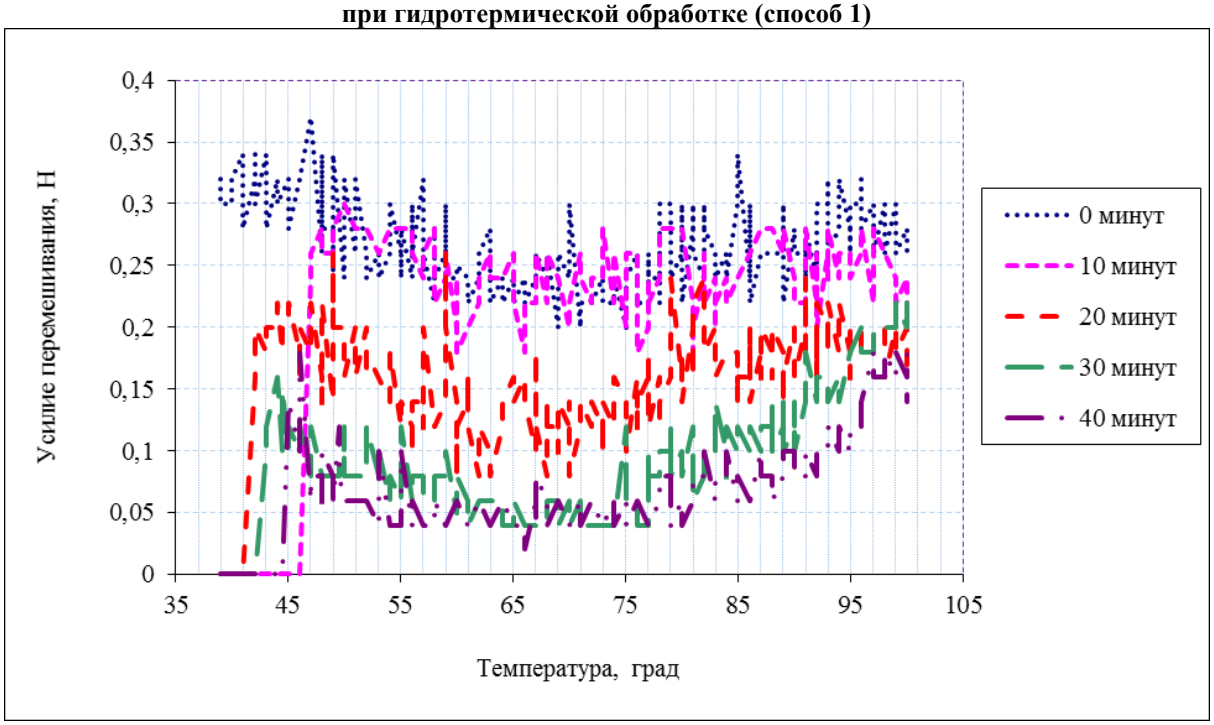


Рис. 2 - Изменение свойств углеводного комплекса крахмала картофельной суспензии при ферментативной обработке (способ 2)

Анализ амилограмм (см. рис. 1) свидетельствует, что в начале гидротермической обработки картофеля максимальная вязкость суспензии фиксируется при 95,5ºС, в то время как через 10 и 20 минут наблюдаются температуры 49ºС и 44,5ºС, что говорит о начале разрушения крахмала в зернах картофеля. По истечении 30 и 40 минут явных пиков изменения вязкости картофельной суспензии не отмечается, что свидетельствует о достижении максимально возможного разрушения при данных условиях обработки.

Следовательно, увеличение гидротермической обработки картофеля приводит к тому, что кривые амилограмм становятся менее резкими. Это свидетельствует о распаде крахмальных зерен картофеля, что приводит к снижению усилий для перемешивания за счет уменьшения вязкости суспензии. Наименьшая вязкость картофельной суспензии отмечена спустя 40 минут гидротермической обработки.

Обработка измельченной сырой картофельной массы ферментом AMG 1100 BG показывает иную динамику разрушения крахмальных зерен картофельной суспензии (см. рис. 2). Характерные пики вязкости крахмального геля не наблюдаются, что можно объяснить воздействием фермента. Вязкость картофельной суспензии по истечении 10-40 минут обработки показывает минимальные значения при температуре 65-75ºС. С увеличением продолжительности обработки от 0 до 40 минут вязкость картофельной

суспензии понижается в 15-17 раз по сравнению с первоначальной.

Изучение графических рисунков амилограмм продемонстрировало, что варка картофеля вызывает более сильное разрушение его крахмала по сравнению с обработкой сырой массы ферментным препаратом. При этом через 40 минут ферментативной обработки фиксируется среднее усилие перемешивания 0,07 Н, а при гидротермической обработке – 0,03 Н, что свидетельствует о большей степени разрушения крахмальных зерен картофеля. Гидротермическая обработка (варка) также обладает преимуществом снижения расхода дорогостоящего ферментного препарата при производстве сахаросодержащих продуктов из картофеля.

Выводы. На основе полученных данных установлено, что подготовка картофеля к осахариванию посредством гидротермической обработки способствует более эффективному разрушению крахмальных зерен в картофельной массе, что делает его более доступным для осахаривания с использованием ферментных препаратов. Таким образом, данный способ целесообразно применять для промышленной переработки цельного картофеля с целью более глубокого его гидролиза.

Литература

1. ***Бахитов Т. А.*** Технология переработки некондиционного зерна ржи на пищевые и кормовые цели : дис. канд. техн. наук : 05.18.01 / Бахитов Тарген Амандыкович. – Москва, 2011. – 185 с.
2. ***Березина Н.А.*** Оптимизация процесса сушки на качество гидролизата картофеля / Н. А. Березина, А. М. Орлова // 15-я Всероссийская научно-практическая конференция «Современное хлебопекарное производство: перспективы развития». - Екатеринбург, 2014. – С. 103-105.
3. ***Кузьмина С.П.*** Техника и технология бродильных производств: учебное пособие / С.П. Кузьмина, А.Н. Макушин, А.В. Волкова, Н.В. Праздничкова, О.А.Блинова // Самара: Кинель, 2023. – 116 с.
4. ***Колупаева Т.*** Амилолитические ферменты в производстве пшеничного хлеба / Т. Колупаева, М. Клевец // Хлебопродукты. – 2010. - № 5. – С. 39-41.
5. ***Назирова Р.М.*** Изменение химического состава клубней картофеля в процессе хранения / Р.М. Назирова Н.Б. Усмонов, Р.И. Сулаймонов // Проблемы современной науки и образования, 2020. – № 6-2 (151). – С. 19-22.
6. ***Матвеева И.В.*** Биотехнологические основы приготовления хлеба: монография / И. В. Матвеева, Т.Г. Богатырева, И. Г. Белявская. – Курск : ЗАО Универ, 2022. – 216 с.
7. ***Матвеева И.В.*** Биотехнологические решения / И. В. Матвеева // Хлеб + выпечка. – 2010. - № 2. – С. 28-30.
8. ***Качаева Н.Ю.*** Технология спирта, водки и ликероводочных изделий / Н.Ю. Качаева, Л.И. Стрибижева, В.Е. Струкова // Краснодар: Принтерра, 2017. – 118 с.
9. ***Порошок сахаросодержащий из картофеля: технические условия*** 9166-293-02069036-2012 / разраб. Н. А. Березина, А. М. Орлова. – Орел, 2012. – 21 с.
10. ***Снежкин Ю.Ф.*** Особенности тепло- и массообмена при сушке растительного сырья [Электронный ресурс] / Ю. Ф. Снежкин, Л. Л. Боряк, Р. А. Шапарь. – Режим доступа: http://www.itmo. by/ru/ /mif_5/abstract/7-42.pdf (дата обращения 02 февраля 2025).
11. ***Трегубов Н.Н.*** Технология крахмала и крахмалопродуктов / Н. Н. Трегубов [и др.]. – Москва : Пищевая промышленность, 1970. - 571 с.
12. ***Федорова Р.А.*** Применение функциональных добавок и нетрадиционных видов сырья в хлебопекарной промышленности / Р. А. Федорова, В. М. Пономаренко // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». - 2011. – № 1. - С. 217-219.
13. Assessment of amyloglucosidase activity during production and storage of laminated pie dough. Impact on raw dough properties and sweetness after baking / Guenaelle Diler, Sylvie Chevallier, Inga Pohlmann, Claire Guyon, Marion Guilloux, Alain Le-Bail // Journal of Cereal Science. - 2014. – Vol. 61. - P. 63-70.
14. ***John Reader*** Potato: A history of the propitious esculent. – Yale University Press, 2008. – 336 p.
15. ***Pat.*** EP0277934 USA, A 23 L 1/09, C 12 P 19/14, C 12 P 19/20, A 23 L 1/09, C 12 P 19/00. Process for preparing sugar syrups by a direct enzymatic saccharification of raw starch-containing materials, especially from fresh or dried cassava roots / Sarhaddar Schahroch Dipl Ing, Berghofer Emmerich Dipl Ing Dr. ; applicant and patentee Vogelbusch GMBH. - № EP19880890011 ; filing date 25.01.1988; publication date 10.08.1988.

Поступила в редакцию: 02.02.2025 г.
Принята к публикации: 12.05.2025 г.

Данилова А.М., кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры земледелия, селекции и растениеводства, e-mail orlovanastya2@mail.ru , **Березина Н.А.,** доктор технических наук, профессор кафедры земледелия, селекции и растениеводства, e-mail jrdan@yandex.ru ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орёл, Россия

УДК / UDC 664.8:663.14.031:634.739.2:613.27

Лазарева Т.Н., кандидат технических наук
Мурленков Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук
Киреева О.С., кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Орел, Россия
Lazareva T.N., Candidate of Technical Sciences
Murlenkov N.V., Candidate of Agricultural Sciences
Kireeva O.S., Candidate of Technical Sciences
Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education
"Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin", Orel, Russia, e-mail: iniic@orelsau.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ*

(Determination of the mineral profile of functional food ingredients by atomic absorption spectrometry)

Атомно-эмиссионная спектрометрия является ценным и прогрессивным методом качественного и количественного анализа, который актуально использовать при изучении минерального профиля растительного сырья при разработке пищевых и биологически активных добавок к пище, а также функциональных продуктов питания. Среди растительного сырья, обладающего высоким биологически активным действием, эффективным являются различные виды шиповника (*Rosaceae*) и боярышника (*Crataegus*), которые активно применяются в пищевой и фармакологической промышленности. Проведенные исследования минерального состава на порошках из плодов шиповника майского и боярышника кроваво-красного, высушенных конвекционным и вакуумным способом, демонстрировали достоверную разницу в пользу вакуумной сушки. Так, концентрация железа в порошках шиповника на 53,1% ($p<0,001$) превосходила значения контроля соответственно; концентрация кальция, железа, фосфора и калия в порошках шиповника на 12,68% ($p<0,001$), 2,85% ($p<0,001$), 189,7% ($p<0,001$) и 36,6% ($p<0,001$) соответственно были выше, чем в контрольной группе. Полученные результаты позволяют рекомендовать порошок из плодов шиповника и боярышника, высушенных вакуумным способом, в качестве дополнительных компонентов к рациону для профилактики железодефицитных состояний в связи с высокой концентрацией железа и калия соответственно.

Ключевые слова: ФПИ, ICAP, атомно-эмиссионная спектрометрия, минеральный профиль, шиповник, боярышник

Atomic emission spectrometry is a valuable and progressive method of qualitative and quantitative analysis, which is relevant to use in studying the mineral profile of plant materials in the development of food and biologically active food supplements, as well as functional food products. Among the plant materials with a high biologically active effect, various types of rose hips (Rosaceae) and hawthorn (Crataegus) are effective, which are actively used in the food and pharmacological industries. The conducted studies of the mineral composition on powders from the fruits of rose hips in May and hawthorn common, dried by convection and vacuum methods, demonstrated a reliable difference in favor of vacuum drying. Thus, the concentration of iron in rose hip powders exceeded the control values by 53.1% ($p<0.001$), respectively. The concentration of calcium, iron, phosphorus and potassium in rosehip powders was 12.68% ($p<0.001$), 2.85% ($p<0.001$), 189.7% ($p<0.001$) and 36.6% ($p<0.001$), respectively, higher than in the control group. The results obtained allow us to recommend vacuum-dried rosehip and hawthorn powder as additional components to the diet in the prevention of iron deficiency due to the high concentration of iron and potassium, respectively.

Keywords: FFI, ICAP, atomic emission spectrometry, mineral profile, rosehip, hawthorn

Введение. Изучение минерального профиля в функциональных пищевых ингредиентах (ФПИ) требует привлечения химических и физических методов, способных взаимодействовать в комплексе. Для решения подобных задач существует эмиссионно-спектральный анализ, позволяющий предоставлять точную информацию по качественному и количественному составу вещества по спектру излучения его атомов. В условиях ИНИИ ЦКП Орловского ГАУ представленный метод реализуется с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой, предназначенного для регистрации эмиссионных спектров различных элементов в растворах.

Атомно-эмиссионная спектрометрия (АЭС) – это аналитический метод, используемый для определения элементного состава образца путем измерения интенсивности света, излучаемого возбужденными атомами [7]. Процесс начинается с возбуждения атомов в образце, обычно посредством высокой температуры, создаваемой плазмой, искровым разрядом или индуктивно-связанной плазмой (ИСП). Когда атомы возвращаются в свое основное состояние, они излучают свет на определенных длинах волн, характерных для каждого элемента. Спектрометр разделяет этот свет на составляющие длины волн и измеряет интенсивность каждой длины волны. Интенсивность излучения прямо пропорциональна концентрации элемента в образце [6].

АЭС обладает высокой чувствительностью и может использоваться для анализа широкого спектра образцов, включая жидкости, твердые вещества и газы. Метод нашел широкое применение в различных областях, таких как экологический мониторинг, анализ пищевых продуктов, клиническая химия и материаловедение [3]. Преимуществами АЭС являются высокая скорость анализа и возможность одновременного определения нескольких элементов.

Учитывая вышеизложенную специфику, атомно-эмиссионная спектрометрия служит наиболее ценным и прогрессивным методом качественного и количественного анализа, который актуально использовать при изучении минерального профиля растительного сырья при разработке пищевых и биологически активных добавок к пище, а также функциональных продуктов питания.

Среди растительного сырья, обладающего высоким биологически активным действием, эффективным являются различные виды шиповника (*Rosaceae*) и боярышника (*Crataegus*), которые активно применяются в пищевой и фармакологической промышленности [1, 5]. Однако длительное хранение плодов в исходном виде при обычных условиях приводит к развитию болезнетворных микроорганизмов, что ускоряет порчу продукта [4]. Одним из основных способов, позволяющих обеспечить длительную сохранность продукта, является сушка. В пищевой промышленности сушильным установкам отводится важная роль в решении проблемы по увеличению сроков хранения и переработки сырья [2]. В данной работе был рассмотрен химический состав представленного функционального сырья в зависимости от способа сушки.

Материалы и методы исследований. В качестве образов для анализа использовался мелкодисперсный порошок из плодов шиповника майского и боярышника кроваво-красного, высушенных вакуумным и конвекционным способами (рис. 1). За контрольную группу брали показатели образцов, высушенных конвекционным способом, за опытную, соответственно, – вакуумным. Сбор сырья осуществлялся в сентябре 2024 года на территории Орловской области.

Шиповник майский		Боярышник кроваво-красный	
контроль	*опыт*	*контроль*	*опыт*
Порошок из плодов шиповника высушенного конвекционным способом при 70^{0}С	Порошок из плодов шиповника высушенного вакуумным способом при 70^{0}С	Порошок из плодов боярышника высушенного конвекционным способом при 60^{0}С	Порошок из плодов боярышника высушенного вакуумным способом при 60^{0}С

Рис. 1 – Схема опыта

Приборной базой для анализа служил iCAP 6300 Duo (см. рис. 2) Для получения, обработки, хранения и вывода аналитических данных спектрометра использовался софт iTEVA (см. рис. 3).



Рис. 2 – iCAP 6300

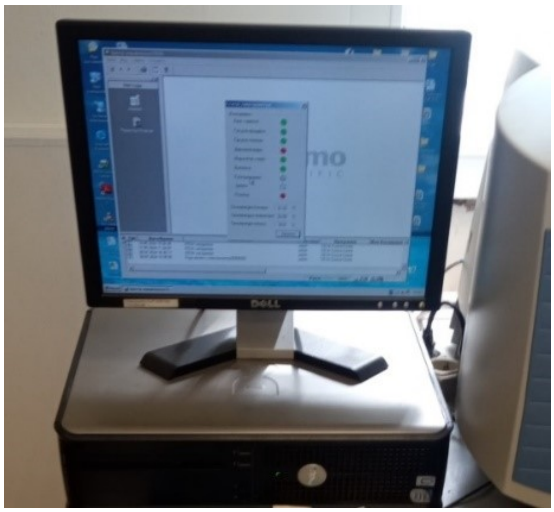


Рис. 3 – Пользовательский интерфейс приложения iTEVA

Спектрометры серии iCAP 6000 используют Эшелле-полихроматор с двумя элементами дисперсии: дифракционной решеткой и кварцевой призмой для разделения спектральных порядков. Матричный детектор (540x540 пикселей) обеспечивает одновременную регистрацию спектра или отдельных линий. Модели различаются способом наблюдения плазмы (радиальным или двойным), контролем газовых потоков и типом перистальтического насоса. Конструктивно это настольные приборы, дополненные компьютером и системой рециркуляции воды для охлаждения катушки индуктора и кондиционирования спектрометрического блока. Типичный спектрометр включает источник возбуждения, спектрометрический блок и систему регистрации спектра на матричном детекторе. Источник возбуждения состоит из ра-

диочастотного генератора (27,12 МГц, мощность 750-1600 Вт) и системы ввода пробы, включающей горелку, камеру распыления, распылитель и перистальтический насос. Проба подается насосом в распылитель и в виде аэрозоля транспортируется аргоном в плазму.

Пробоподготовка образцов осуществлялась в соответствии с руководством по работе атомно-эмиссионного спектрометра (Thermo Elemental). Концентрация элемента выявлялась по калибровочной кривой, которая строилась в программе на основе стандартов известной концентрации (МЭС). Вывод конечных результатов в единицах минерализации (ppm) конвертировали в дольные единицы измерения массы по Международной системе единиц СИ (мг/100 г). Полученные значения каждого из информативных показателей обрабатывались методами вариационной статистики. Количество повторностей для выборок составило 3 измерения, доверительный интервал для оценки достоверности – 95% и выше.

Результаты исследований и их обсуждегние. Представленный в таблице 1 минеральный профиль исследуемых порошков, позволил выявить отличия по концентрации кальция, железа, магния, фосфора и калия в зависимости от способа высушивания растительных образцов. Концентрация железа в порошках шиповника, высушенного вакуумным способом, демонстрировала достоверное отличие в сравнении с конвекционным способом. Так, опытная группа на 53,1% ($p<0,001$) превосходила значения контроля. Также отмечены достоверные отличия по концентрации магния в образцах в 2,1 раза в пользу контрольной группы. Выявлено, что интенсификация процесса сушки за счет использования вакуума при условии соблюдения равных температурных режимов не оказывает влияние на накопление кальция, фосфора и калия в порошке высушиваемого шиповника.

Полученные данные в образцах боярышника показывают достоверные различия по содержанию кальция, железа, фосфора и калия в пользу опытной группы на 12,68% ($p<0,001$), 2,85% ($p<0,001$), 189,7% ($p<0,001$) и 36,6% ($p<0,001$) соответственно. Отмечена наибольшая концентрация калия (508,18 мг/100г) и фосфора (447,28 мг/100г) в образцах, высушенных вакуумным способом, что вероятно свидетельствует о том, что применение вакуума позволяет снизить в процессе сушки термическую деструкцию комплексных соединений, в состав которых входят эти элементы.

Таблица 1 – Содержание минеральных веществ в порошках шиповника и боярышника

Образец/ значимость	Содержание, мг/100г				
	кальций	железо	магний	фосфор	калий
Порошок шиповника					
контроль	157,588±1,060	2,900±0,005	11,241±0,751	33,748±0,444	101,827±2,427
опыт	155,671±1,560	4,441±0,090	5,332±0,001	33,748±0,052	95,923±0,290
p	-	<0,001	<0,05	-	-
Порошок боярышника					
контроль	83,721±0,014	2,452±0,002	12,597±0,709	154,371±0,553	366,56±0,204
опыт	94,344±0,045	2,384±0,003	11,799±0,404	447,284±0,729	508,18±1,911
p	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001

Выводы. Полученные результаты позволяют рекомендовать порошок из плодов шиповника и боярышника, высушенных вакуумным способом, в качестве дополнительных компонентов к рациону для профилактики железодефицитных состояний в связи с высокой концентрацией железа и калия соответственно.

Литература

1. ***Влияние способов хранения плодов шиповника и боярышника на содержание биологически активных веществ*** / Е.И. Юшкова, Н.Н. Полехина, Е.А. Бобкова, А.К. Хмарина // Национальная Ассоциация Ученых. 2021. № 36-1 (63). С. 35-38. 2
2. ***Влияние способов хранения плодов шиповника и боярышника на содержание биологически активных веществ*** / Е.И. Юшкова, Н.Н. Полехина, Е.А. Бобкова, А.К. Хмарина // Национальная Ассоциация Ученых. 2021. № 36-1 (63). С. 35-38.
3. ***Дребенкова И.В., Зайцев В.А.*** Применение метода атомно-эмиссионной спектрометрии для оценки микроэлементного состава пищевых продуктов / Здоровье и окружающая среда: сборник материалов республиканской научно-практической конференции. Минск, 2017. С. 99-101.
4. ***Иосифов А.И., Щербаков С.Ю.*** Совершенствование технологии сушки плодов с предварительной паромеханической обработкой оболочки // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 169.
5. ***Киреева О.С., Лазарева Т.Н., Мурленков Н.В.*** Анализ минерального профиля продуктов переработки ягодного сырья при разных способах технологической обработки // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК: Материалы IV Международной научно-практической конференции. Курск, 2024. С. 97-101.
6. ***Шабанова Е.В., Васильева И.Е.*** Способы обработки аналитического сигнала в атомно-эмиссионной спектрометрии // Применение анализаторов МАЭС в промышленности: Ма-

териалы Международного симпозиума. Новосибирск, 2016. С. 38-41.
7. ***Элементный анализ растительных стандартных образцов методами масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой*** / И.В. Николаева, А.А. Кравченко, С.В. Палесский [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2019. Т. 85. № 6. С. 11-24.

Лазарева Т.Н., кандидат технических наук, директор, Киреева О.С., кандидат технических наук, доцент, Мурленков Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, г. Орёл, Россия, e-mail: iniic@orelsau.ru

---

* - работа выполнена за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания «Разработка биологически активных добавок к пище на основе плодово-ягодного, овощного и лекарственного растительного сырья» (FEEF-2023-0016, номер государственного учета НИОКТР 123121800031-6) по заказу Минобрнауки РФ за счет средств федерального бюджета в 2023-2025 г.г.

scientia, virtus, libertas