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

Biology in Agriculture

Биология в сельском хозяйстве

№1, 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., доцент (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

Яровая Н.И., Ивлева Н.А., Маркина В.М. Изучение антиоксидантного действия адаптогенных добавок для коров в стрессогенных условиях промышленного содержания (***Yarovan N.I., Ivleva N.A., Markina V.M.*** *Study of the antioxidant effect of adaptogenic additives for cows under stressful conditions of industrial mainte-nance*)..... 2

Горькова И.В., Гнеушева И.А., Лушников А.В., Солохина И.Ю. Подбор состава питательной среды и условий культивирования *Saccharomyces cerevisiae* – продуцента кормового белка *(**Gorkova I.V., Gneusheva I.A., Lushnikov A.V., Solokhina I.Yu.** Selection of the composition of the nutrient medium and cultivation conditions of Saccharomyces cerevisiae, a producer of feed protein)*..... 6

Беликова А.О., Племяшов К.В., Крутикова А.А., Кузнецова Т.Ш. Связь минорных сегментов гомозиготности с левосторонним смещением сычуга (***Belikova A.O., Plemyashov K.V., Krutikova A.A., Kuznetsova T.Sh.*** *Connection between minor runs of homozygousity and left displaced abomasum*)..... 12

Мурленков Н.В., Шендаков А.И. Сравнительная характеристика геномно оцененных быков-производителей голштинской и джерсейской породы ***(Murlenkov N.V., Shendakov A.I.*** *Comparative characteristics of genomically evaluated Holstein and Jersey breed bulls*)..... 16

Филинская О.В., Шаехова Н.А. Продуктивность коров при внутрилинейном подборе и кроссе линий (***Filinskaya O.V., Shaehova N.A.*** *The productivity of the cows during intraline selection and crossing of lines*)..... 20

Волчёнков Ю.А. Влияние эфирный масел кориандра посевного и фенхеля обыкновенного на морфологические и биохимические показатели крови у свиней в послеотъемный период (***Volchenkov Yu.A.*** *Effect of coriander and fennel essential oils on morphological and biochemical parameters of blood in pigs in the post-weaning period*)..... 24

Актуальные вопросы растениеводства

Ловчикова Е.И., Волченкова А.С. Состояние и проблемы кормопроизводства в региональном АПК (***Lovchikova E.I., Volchenkova A.S.*** *State and problems of forage production in the regional agro-industrial complex*)..... 28

Кондратьева О.В., Полухин А.А., Войтюк В.А., Слинько О.В. Опыт внедрения биологических удобрений в органическом земледелии РФ (***Kondratieva O.V., Polukhin A.A., Voityuk V.A., Slinko O.V.*** *Successful implementation of biological fertilizers in organic agriculture in Russia*)..... 32

Ковалева О.А., Воронкова М.В., Ермакова Н.В. Микрокапсулирование биологически активных компонентов для повышения эффективности их применения в агробиологии (***Kovaleva O.A., Voronkova M.V., Ermakova N.V.*** *Microencapsulation of biologically active components to increase the efficiency of their use in agrobiology*)..... 37

Актуальные вопросы производства и переработки с.-х. продукции

Лазарева Т.Н., Мурленков Н.В., Яркина М.В., Крюков В.И., Киреева О.С. Перспективы использования айвы японской при разработке биологически активных добавок к пище и продуктов питания *(**Lazareva T.N., Murlenkov N.V., Yarkina M.V., Krukov V.I., Kireeva O.S.*** *Prospects for the use of Japanese quince in the development of biologically active food supplements and food products)*..... 49

Сергеева Е.Ю., Родина Н.Д., Ковалева О.А., Соловьева А.О. Обогащение кисломолочных продуктов йодорганическим пробиотиком «Йодобифивит» (***Sergeeva E.Yu., Rodina N.D., Kovaleva O.A., Solovyova A.O.*** *Enrichment of fermented dairy products with organic iodine probiotic Yodobifivit*)..... 55

Хмелева Е.В., Березина Н.А., Осипова Г.А. Использование полбяных отрубей и тыквенного пюре в технологии пшеничного хлеба *(**Khmeleva E.V., Berezina N.A., Osipova G.A.*** *Spelt bran and pumpkin puree in wheat bread technology)*..... 60

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: 11.03.2025 г. **Подписано в печать:** 18.03.2025 г. **Дата выхода:** 25.03.2025 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: подснежники (фрагмент), https://cdn.culture.ru/images/ac9cdc30-40c0-5c21-a489-96e66ee0a1a4
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 619:615.155: 636.2

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

ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОГО ДЕЙСТВИЯ АДАПТОГЕННЫХ ДОБАВОК ДЛЯ КОРОВ В СТРЕССОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ

(Study of the antioxidant effect of adaptogenic additives for cows under stressful conditions of industrial maintenance)

Аннотация. В статье рассматриваются общий принцип разработки биологически активной адаптогенной добавки антиоксидантного действия на основе природных компонентов, в качестве таковых выступает прополис, родиола розовая, яблоко и морковь. Приводится результаты биохимических показателей крови (содержание церулоплазмина и малонового диальдегида), подтверждающие наличие хронического стресса у голштинских коров, содержащихся в стрессогенных условиях промышленного комплекса, а также изменение данных показателей при применении адаптогенных болюсов. Эксперимент проводился на базе ООО АПК «Юность» Орловской области, объектом которого послужили коровы голштинской породы второй лактации (месяц после отела). Предлагается использование в качестве адаптогенов биологических добавок в форме болюса на основе прополиса и родиолы розовой.

Ключевые слова: коровы голштинской породы, промышленный стресс, адаптогены, болюс, антиоксидантная активность, церулоплазмин, малоновый диальдегид, прополис, родиола розовая.

Annotation. The article discusses the general principle of developing a biologically active adaptogenic antioxidant supplement based on natural components, such as propolis, rhodiola rosea, apple and carrot. The results of biochemical blood parameters (the content of ceruloplasmin and malondialdehyde) are presented, confirming the presence of chronic stress in Holstein cows kept in stressful conditions of the industrial complex, as well as changes in these indicators when using adaptogenic boluses. The experiment was conducted on the basis of Agroindustrial Complex "Yunost" in the Orel region, the object of which were Holstein cows of the second lactation (a month after calving). It is proposed to use biological additives in the form of bolus based on propolis and rhodiola rosea as adaptogens.

Keywords: Holstein cows, industrial stress, adaptogens, bolus, antioxidant activity, ceruloplasmin, malondialdehyde, propolis, rhodiola rosea.

Введение. При современном молочном скотоводстве, основанном на промышленной технологии содержания, направленной на дальнейшее увеличение производства молока путём использования генетического потенциала, зачастую остаётся не учтённым факт, что для генетически детерменированных высокоудойных коров требуются соответствующие комфортные условия. Индустриальная технология ведения молочного скотоводства является патологоиндуцирующей в результате возникающего технологического промышленного стресса. У высокопродуктивных стресс-чувствительных импортных голштинских коров стресс-реакция развивается при неполноценном кормлении (алиментарный стресс), вакцинации, гиподинамии, гипоксии, отсутствии инсоляции, несоблюдении зоогигиенических требований. Решение вопросов профилактики и коррекции метаболических нарушений при патологических состояниях, вызванных негативным воздействием стресс-факторов, является актуальной проблемой при индустриальном животноводстве [1, 2].

Прежде всего, в развитии стресс-реакции нарушается оксидантно-антиоксидантное равновесие. Аэробные организмы имеют комплекс антиоксидантных систем, включающих ферментативные и неферментативные антиоксиданты, блокирующие вредное воздействие активных форм кислорода [1].

Однако, при патологических состояниях наблюдается перегрузка эндогенных антиоксидантных систем, что требует введения в организм животного дополнительных веществ антиоксидантно-адаптогенного действия. Перед учёными и практиками стоит задача поиска и разработки новых эффективных адаптогенных средств для животных. В настоящее время для коррекции метаболических нарушений при стрессах учёные предлагают различные способы. Так, например, гомеопатические препараты предлагают Оробец В.А. и Сапожникова О.Г. О возможности использования в стрессовых условиях фармакологических седативных средств, нейролептиков и транквилизаторов сообщают Клёнова И.Ф. и Ярёменко Н.А. [8]. При использовании этих препаратов стоит учитывать их высокую стоимость, непродолжительное действие, а также способность аккумулироваться в животном организме. Наиболее доступными для животных и человека считаются препараты адаптогенного действия, полученные на основе природного экологичного сырья [4].

Материалы и методы исследований

Задачей наших исследований была разработка адаптогенной добавки для коров молочного комплекса ООО «АПК Юность» Орловская области. Предварительная физиолого-биохимическая оценка, оценка оксидантно-антиоксидантного статуса показали наличие у них окислительного стресса. Нами были предложены и изучены две биологические добавки на основе прополиса и радиолы розовой по отдельности и в двух варианта болюсов. При разработке биологической добавки в модельной системе перекисного окисления липидов (ПОЛ) in vitro изучали антисвободнорадикальное действие прополиса и радиолы розовый по отдельности и далее предполагаемые свойства изучали в двух вариантах болюсов:

1) в болюсе на основе прополиса, яблока, моркови.

2) в болюсе на основе прополиса, яблока, моркови, родиолы розовой.

Изучение предлагаемых препаратов проводили по следующей схеме, представленной на рисунке 1.

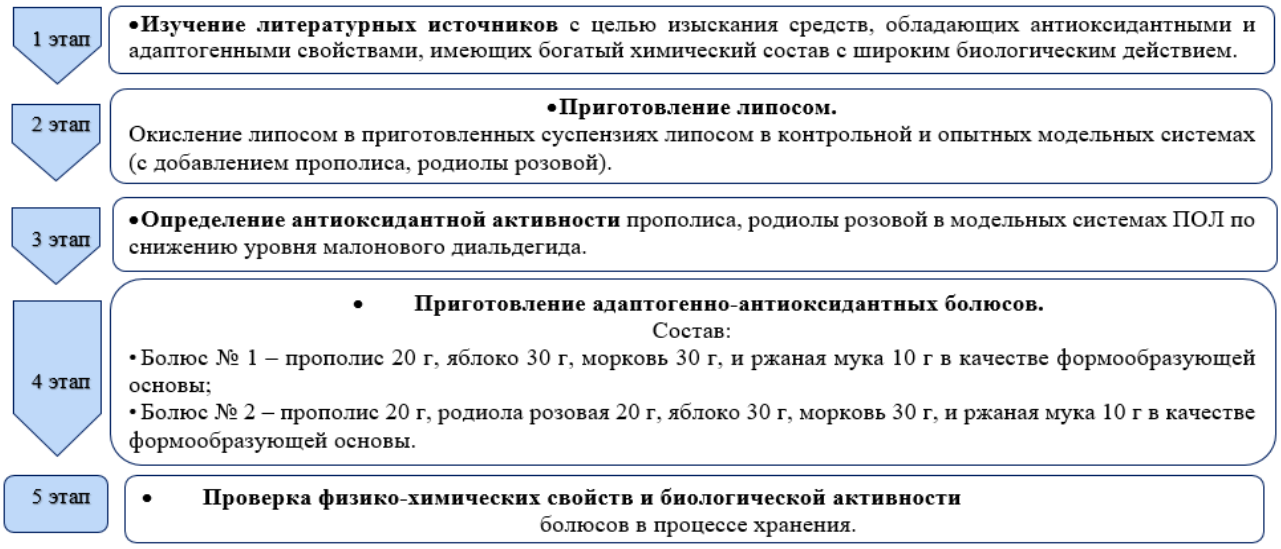


Рис. 1 – Этапы создания адаптогенно-антиоксидантных болюсов

Результаты исследований и их обсуждение

Болюс № 1 готовили следующим образом: в ступку помещались 20 г прополиса, предварительно нарезанные яблоки (30 г) и морковь (30 г). Болюс № 2 кроме перечисленных составляющих включал дополнительно 20 г родиолы розовой. Все компоненты измельчали по отдельности, а далее их смешивали с добавлением ржаной муки и дистиллированной воды с последующим перемешиванием до тестообразной консистенции, что является необходимым для формирования болюсов. Чтобы исключить слипание между собой болюсы посыпали ржаной мукой и проводили оборачивание вощеной бумагой.

При изготовлении болюсов использовали свежие ингредиенты, что гарантировало быстрое высвобождение биологически активных веществ для процессов пищеварения. Предлагаемые добавки задавали в течение 35 дней (один болюс в утреннее кормление).

Наличие животных с оксидативным стрессом выявляли, определяя малоновый диальдегид (МДА) в сыворотке крови в качестве его маркера, по методике, основанной на взаимодействии МДА с тиобарбитуровой кислотой. Оптическую плотность опытной и контрольной проб измеряли на фотоэлектроколориметре при двух длинах волн: 532 нм и 600 нм, используя кюветы объемом 1,0 $см^3$. Содержание МДА в сыворотке крови рассчитывали по формуле (1):

$$C_{МДА} = \frac{(D1-D2)\cdot U2}{Ɛ\cdot l\cdot U1}, \text{ ммоль/л} \quad (1),$$

где:

D1 – показывает оптическую плотность пробы с сывороткой;

D2 – оптическую плотность контрольного раствора;

U2 – итоговый объем смеси, мл;

U1 – объем сыворотки, мл;

l – показатель длины кюветы, см;

Ɛ – коэффициент экстинкции, равный 156 $мМ^{-1}\cdot см^{-1}$.

Активность антиоксиданта церулоплазмина (ЦП) определяли с помощью экспресс-метода (по Э. В. Тэну).

Результаты проведенных исследований по влиянию болюсов на основе прополиса и родиолы розовой на оксидантно-антиоксидантную систему коров с патологическим состоянием промышленного хронического стресса показали, что применение этих средств нормализует изучаемые показатели. На рисунках 3 и 4 представлена характеристика уровня перекисного окисления липида по значениям МДА до применения и после использования дополнительно к основному рациону предлагаемых болюсов. Из рисунка 2 видно, что уровень МДА в сыворотке крови коров, в кормление которых не использовались предлагаемые болюсы, значительно превышал референтные значения (на 92,50 %), а активность ЦП была ниже (на 8,75 %).

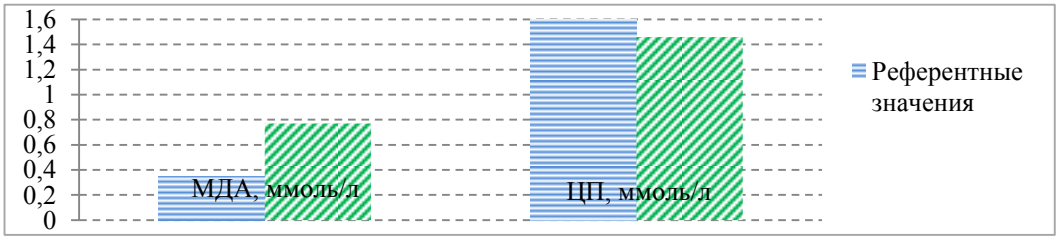


Рис. 2 – Содержания малонового диальдегида и активность церулоплазмина в крови голштинских коров по сравнению с референтными значениями

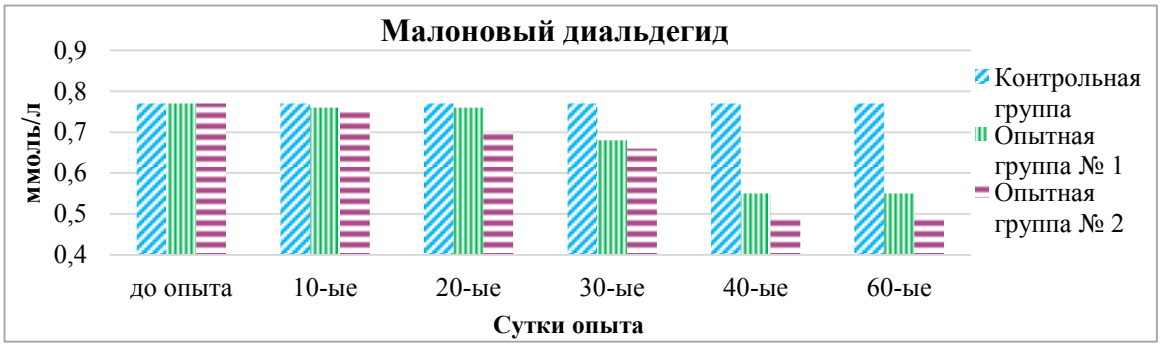


Рис. 3 – Характеристика малонового диальдегида в крови голштинских коров, получавших болюсы адаптогенно-антиоксидантного действия

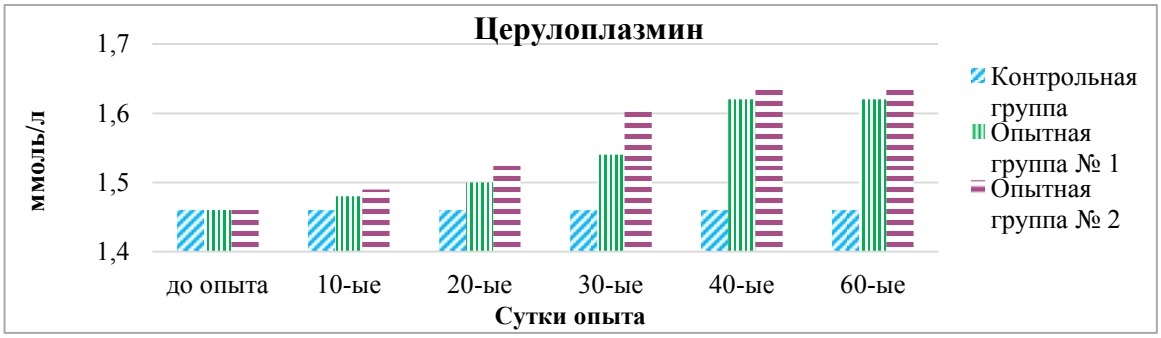


Рис. 4 – Церулоплазмина в крови голштинских коров, получавших болюсы адаптогенно-антиоксидантного действия

При использовании болюсов на основе прополиса (1 группа) и прополиса в комплексе с радиолой розовой (2 группа) в кормлении голштинских коров при промышленном стрессе дополнительно к основному рациону установлена нормализация работы антиоксидантной системы, что проявлялось в снижении уровня МДА на 28,6% и 33,8% в 1-ой и 2-ой группах соответственно; при этом активность церулоплазмина повысилась в первой группе на 9,8% во второй на 10,9%.

Вывод. На основании проведённых исследований предлагаем производству использование биологических добавок в форме болюсов на основе прополиса и прополиса с радиолой розовой с целью коррекции нарушений в оксидантно-антиоксидантной системе и метаболическом статусе в целом.

Литература

1. ***Плющик И. А.*** Перекисное окисление липидов и антиоксидантная защита у лактирующих коров (специальность 03.03.01 «Физиология»): диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Плющик Илья Александрович; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. - 2015. - 128 с. - Место защиты: Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных». - Текст: непосредственный.

2. ***Погребняк Д. И.*** Изучение флавоноидного состава пчелиного прополиса / Д. И. Погребняк, С. В. Бортников // Теоретические и практические аспекты естественных и математических наук. - 2012. - № 1. - С. 125-129. - Текст : непосредственный.
3. ***Яровaн Н. И.*** К вопросу о создания экологически чистой продукции / Н. И. Яровaн, Н. А. Ивлева. - Текст : непосредственный // Продовольственная безопасность: прошлое, настоящее и будущее. В 2-х частях : материалы круглого стола, Луганск 24 января 2023 г. Ч. 2. ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет им. Владимира Даля»: Изд-во ООО «Ноулидж», 2023.- С. 281-287.
4. ***Пат.*** / Способ коррекции адаптационных процессов, увеличения молочной продуктивности и улучшения качества молока у коров голштинской породы / Яровaн Н.И., Ивлева Н.А.; патентообладатель Орловский государственный аграрный университет им Н.В. Парахина. - № 2022126980; заявл. 17.10.2022 ; опубл. 28.06.2023. Бюл. № 19. - Орел. - 2023. - 7 с.
5. ***Пат.*** / Способ определения свободно-радикального окисления в модельной системе / Яровaн Н.И., Гаврикова Е.И., Полехина Н.Н., Комиссарова Н.А.; патентообладатель ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. - № 2016101698 ; заявл. 20.01.2016 ; опубл. 08.08.2017. Бюл. № 22. - Орел. - 2017. - 6 с.
6. ***Яровaн Н. И.*** Эффективность применения адаптогенов природного происхождения для крупного рогатого скота при технологическом стрессе / Яровaн Н.И., Ивлева Н.А., Грибанова Н.Л., Максимовский В.А.- DOI 10.17238/issn2587-666X.2022.4. - Текст: непосредственный // Вестник аграрной науки. - 2022. - № 4 (97). С 81-86.
7. ***Яшин Я. И.*** Лекарственные препараты, лекарственные растения и БАДы с антиоксидантной активностью / А.Н. Веденин, А.Я. Яшин. - Текст: электронный // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2017. - Т.17. - № 3. - С. 496-505.

Поступила в редакцию: 20.11.2024 г.
Принята к публикации: 04.03.2025 г.

Яровaн Н.И., доктор биологических наук, профессор, **Ивлева Н.А.,** кандидат биологических наук, старший преподаватель, **Маркина В.М.,** кандидат химических наук, доцент ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия, e-mail: n.yarovan@yandex.ru

УДК 664.654.21

Горькова И.В., доктор технических наук, профессор
Gorkova I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor
Гнеушева И.А., кандидат технических наук, доцент
Gneusheva I.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Лушников А.В., кандидат технических наук**,** ассистент
Lushnikov A.V., Candidate of Technical Sciences, assistant
Солохина И.Ю., кандидат биологических наук, доцент
Solokhina I.Yu., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, e-mail: obc1-2010@mail.ru, Россия, г. Орёл
Oryol State Agricultural University, Russia, Oryol, e-mail: obc1-2010@mail.ru

ПОДБОР СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ И УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* – ПРОДУЦЕНТА КОРМОВОГО БЕЛКА

(Selection of the composition of the nutrient medium and cultivation conditions of Saccharomyces cerevisiae, a producer of feed protein)

Аннотация. Целью научно-исследовательской работы являлось исследование по подбору состава питательной среды и параметров культивирования продуцента белка - дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365. Показана возможность роста микробного продуцента на модифицированной питательной среде (сусло заменено сахарным раствором, то есть ферментолизатом соломы злаковых культур) в объеме, необходимом для получения 10 г/л глюкозы. Скорость роста микробного продуцента на рекомендованной паспортом микроорганизма питательной среде, содержащей вместо сусла ферментолизат соломы злаковых культур, на 6-е сутки культивирования на 17-19% больше, чем на питательной среде с суслом. При периодическом культивировании в глубинных условиях на рекомендованной и модифицированной питательной среде продуцента кормового белка *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365, потребление легкосбраживаемых сахаров микроорганизмом в среде с ферментолизатом соломы гречихи составил 96%, что на 16,4% больше, чем в среде рекомендованной; прирост дрожжевых клеток 9,8 McF – на 40% больше; выход дрожжей 44% от концентрации глюкозы начальной – на 46,6% больше; выход «сырого» протеина 47 % в а.с.с – на 42,4% больше соответственно. Путем математического моделирования подобраны оптимальными условиями культивирования *Saccharomyces cerevisiae* – продуцента кормового белка, ими являются концентрация глюкозы в питательной среде 43,35 г/л, посевная доза микробного продуцента – 1,5 McF, продолжительность культивирования 125 часов. При этом концентрация дрожжевой биомассы составила 5,81 г/л. Крутое восхождение можно признать эффективной, так как полученный результат на 10% превышает теоретически рассчитанный. В кормовой биомассе, полученной при культивировании микробного продуцента на модифицированной питательной среде, содержание витаминов группы В и витамина $Д_3$ в среднем на 45-75% выше, чем при выращивании на контрольной питательной среде. Полученные данные легли в основу 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, отходы сельскохозяйственных производств, кормовой белок, микробный продуцент, ферментация, состав питательной среды, оптимизация условий ферментации

Annotation. The aim of the research was to study the selection of the composition of the nutrient medium and the parameters of cultivation of the protein producer - yeast Saccharomyces cerevisiae VKPM Y-365. The possibility of growth of a microbial protein producer - Saccharomyces cerevisiae VKPM Y-365 on a modified nutrient medium (wort replaced with sugar solution, that is, fermentolysate of cereal straw) in the volume necessary to obtain 10 g/l of glucose is shown. The growth rate of the microbial producer on the nutrient medium recommended by the passport of the microorganism, containing instead of wort fermentolysate of cereal straw, on the 6th day of cultivation is 17-19% higher than on the nutrient medium with wort. During periodic cultivation in deep conditions on the recommended and modified nutrient medium of the producer of the Saccharomyces cerevisiae feed protein VKPM Y-365, the consumption of easily fermentable sugars by a microorganism in an environment with buckwheat straw fermentolysate was 96%, which is 16.4% more than in the recommended medium; yeast cell growth of 9.8 McF – 40% more; yeast yield, 44% of the initial glucose concentration is 46.6% higher; the yield of "raw" protein 47% in a.c.c is 42.4% higher, respectively. The optimal conditions for the cultivation of Saccharomyces cerevisiae, a producer of feed protein, are the glucose concentration in the nutrient medium of 43.35 g / l, the sowing dose of the microbial producer is 1.5 McF, and the duration of cultivation is 125 hours. At the same time, the concentration of yeast biomass was 5.81 g/l. The steep ascent can be considered effective, since the result obtained is 10% higher than the theoretically calculated one. In the feed biomass obtained by cultivating a microbial producer on a modified nutrient medium, the content of B vitamins and vitamin D3 is on average 45-75% higher than when grown on a control nutrient medium. 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, agricultural waste, feed protein, microbial producer, fermentation, nutrient medium composition, optimization of fermentation conditions

Введение. Кормление очень важно для сельскохозяйственных животных, так как позволяет поддерживать генетическую продуктивность организма. Оно обеспечивает здоровье и воспроизводительную способность животного организма, а также способствует устойчивости к различным заболеваниям. Повышение производительности за счет лучшего питания определяется некоторыми взаимосвязанными факторами, такими как доступность питательных веществ, тип системы кормления и уровень управления кормлением [2, 3, 9].

Особенно важную роль в полноценном кормлении играет кормовой белок. Биомасса дрожжей является одним из полноценных кормов в биологическом отношении за счет содержания в кормовом продукте незаменимых аминокислот, витаминов и микроэлементов, разнообразных ферментов и гормонов, улучшающих не только обмен веществ, но и усвоение белков [6, 7, 8, 10].

Микробные продуценты кормового белка (дрожжей) часто выращивают на богатых питательных средах. Поэтому замена дорогостоящих компонентов питательной среды для их ферментации на более дешевые и эффективные аналоги является наиболее важным в технологии получения кормовых продуктов, позволяющая снизить не только себестоимость целевого продукта, но при этом решить и многие экологические проблемы сельскохозяйственного производства [1, 4, 5].

В связи с этим, **целью данной научно-исследовательской работы** являлось исследование по подбору состава питательной среды и параметров культивирования продуцента белка - дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории кафедры Биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской, в ЦКП «Орловский региональный центр сельскохозяйственной биотехнологии» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Для использования штамма микроорганизма в качестве промышленного продуцента белка важно, чтобы процессы необходимого метаболита в клетке проходили непрерывно, обеспечивая интенсификацию роста биомассы.

В данной работе накопление белка проводили при помощи микробного продуцента *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365.

В качестве компонента питательной среды выращивания микробного продуцента рассматривали *целлюлозосодержащее сырье* - солому злаковых культур (пшеницы и гречихи), предварительно предобработанную ультразвуком в подобранных оригинальных условиях: амплитуда колебания звуковода – 20 мкм, число циклов дезинтергации – 15 и с последующей обработкой гидролизата ферментом ЦеллоЛюкс-F (ЦлА – 2500 ед./гр.) в соотношении 5:1 (v/v) и продолжительностью реакции 70 минут [5].

Получение кормового белка включает в себя подготовку в дрожжанке посевного материала дрожжей *S. cerevisiae* ВКПМ Y-365, подготовку среды и воздуха, установление рабочих параметров процесса ферментации и непосредственно ферментацию.

Лиофильно высушенную культуру продуцента восстанавливали дистиллированной водой, засевали в пробирки со скошенным агаром, при температуре 27±0,5°С. Через 48 часов инкубации готовили суспензию дрожжей, равную 0,5 по McF, и засевали в 100 мл жидкой среды из расчёта 1:10 (v/v), инкубировали 16-18 часов при температуре 28±5°С.

Культуру на экспоненциальной фазе стандартизовали на 0,5 по McF и инокулировали в лабораторный ферментер Minifors вместимостью до 3 л, снабженный барботером для подачи воздуха.

Контрольное глубинное культивирование *S. cerevisiae* ВКПМ Y-365 проводили на питательной среде, рекомендованной паспортом штамма, г/л: глюкоза - 20, дрожжевой экстракт – 5, пептон - 10, солодовое сусло – 10.

В качестве опытного варианта использовали питательную среду, рекомендованную паспортом штамма, но солодовое сусло заменяли на ферментолизат соломы злаковых культур в объеме, необходимом для получения 10 г/л глюкозы.

Режим культивирования сахаромицета стандартный, согласно паспорту микроорганизма: - продолжительность ферментации 36 часов; - частота оборотов мешалки - 120 мин$^{-1}$. - температура 28°С; - pH 7,4 const.

Эффективность процесса культивирования кормового белка (дрожжей) определяли по конечной концентрации биомассы, г/л и выходу биомассы с единицы полезной емкости ферментера, то есть по экономическому коэффициенту.

Концентрацию биомассы определяли по формуле: $Z = \frac{X - X_0}{S_0}$.

Экономический коэффициент рассчитывали по формуле: $\Upsilon = \frac{X - X_0}{S - S_0}$.

В дальнейшем дрожжевую суспензию подвергали термолизу, чтобы снизить брожение клеток. Термолиз проводили в непрерывно действующем аппарате, где дрожжевая суспензия нагревалась глухим паром до 75°С и выдерживалась при этой же температуре не менее 45 мин. За это время погибают дрожжевые клетки и вся сопутствующая микрофлора. В процессе термолиза дрожжей вследствие частичного гидролиза белков и перехода в раствор содержимого погибших клеток увеличивается кислотность и содержание редуцирующих веществ (РВ).

После культивирования механически отделяли целевой продукт от среды, высушивали до 13% влажности, взвешивали и проводили определение «сырого» протеина по Кьельдалю (по ГОСТ Р 53951-2010).

Концентрацию глюкозы определяли глюкозооксидазным методом с применением коммерческого набора реагентов «Глюкоза ДДС» (АО «ДИАКОН-ДС», Россия). Реакционная смесь состояла из 1 части нагрузки и 100 частей рабочего реагента. В качестве нагрузки выступала дистиллированная вода – для холостой пробы, стандартный раствор глюкозы – для калибровки; исследуемые образцы. Пробы тщательно перемешивали и инкубировали 5 минут при температуре +37°С, измеряли оптическую плотность против холостой, λ 500 нм, длина оптического пути 1 см. 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.

Количественное определение редуцирующих веществ (РВ) проводили фотометрическим экспресс-методом, основанным на измерении уменьшения поглощения медно-щелочного раствора при 670 нм после 3 мин нагревания в пересчете на глюкозу.

Оптимизацию условий культивирования микробного продуцента кормового белка проводили по методу Бокса-Уилсона с реализацией полного факторного эксперимента (ПФЭ2^2) Гаусса-Зейдаля и крутого восхождения. Параметром оптимизации (*Y)* выбрали концентрацию биомассы, г/л; факторы варьирования: x_1 – концентрация глюкозы в питательной среде, г/л; x_2 – посевная доза микробного продуцента *S. cerevisae*, ед. мут. McF; x_3 – продолжительность культивирования продуцента, ч. (см. таблицу 1).

Таблица 1. Распределение уровней факторов культивирования *S. cerevisiae* ВКПМ Y-365 и матрица планирования эксперимента

Уровень	Фактор		
	X_1	X_2	X_3
x_j^{min}	5	0,5	50
x_j^{max}	20	2	200
x_j^0	12,5	1,25	125
Δx_j	7,5	0,75	75

№	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

Исследования проводили в трёхкратной повторности и в трёх сериях экспериментов. Статистическая обработка данных выполнена с использованием программы Microsoft Office Excell 10. Данные в таблицах – среднее значение с указанием доверительного интервала.

Результаты исследований и их обсуждение. Выбор наиболее перспективных объектов для биотехнологии кормового белка, с биологической точки зрения, являются штаммы дрожжей, по систематическому положению относящиеся к совершенным грибам [2]. Этим утверждением был аргументирован выбор микробного продуцента кормового белка - *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365. Данный штамм депонирован во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт», его область применения - производство кормового белка.

Создание штамма - идеального источника для синтеза микробиологического белка основывается на изменении регуляции метаболической активности клетки путем внесения в геном клетки индуцированных мутаций с последующим отбором лучших вариантов. При этом необходимо контролировать не только положительные технологические и биологические свойства, но и образование токсичных веществ [11].

Основными достоинствами дрожжей с точки зрения биотехнологии является их высокая активность деления на разнообразных источниках сырья, особую ценность представляют дешевые и доступные варианты; наличие ферментов гликозилирования белков; стабильность генетической системы; безвредность для человека и животных. В представленных вариантах питательной среды предпочтения были сделаны в сторону удешевления субстрата за счет замены традиционного углеводного составляющего - глюкозы на ферментолизат, полученный из лигноцеллюлозных отходов сельскохозяйственного производства.

Первоначально была рассмотрена возможность роста микробного продуцента белка - *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365 на твердой питательной среде, стандартной (рекомендованной для данного штамма) и модифицированной (сусло заменено сахарным раствором, то есть ферментолизатом соломы злаковых культур) на чашках Петри.

Нами показано, что скорость роста микробного продуцента на модифицированной питательной среде, содержащей вместо солодового сусла ферментолизат соломы злаковых культур, на 6-е сутки культивирования на 17-19% больше, чем на рекомендованной питательной среде (рисунок 1).

Проведенное исследование показывает, что замена компонента рекомендованной питательной среды на более дешевый аналог положительно сказывается на росте микробного продуцента. Это связано с тем, что солодовое сусло состоит практически из мальтозы — солодового сахара, тогда как в ферментолизате (сахарном растворе) соломы злаковых культуре присутствуют ряд других легкосбраживаемых сахаров – глюкоза, фруктоза, манноза, галактоза и др.

При периодическом глубинном культивировании *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365 в ферментере нами было исследовано влияние углеводного состава питательной среды на ростовые характеристики продуцента и накопление целевого продукта ферментации (см. таблицу 2).

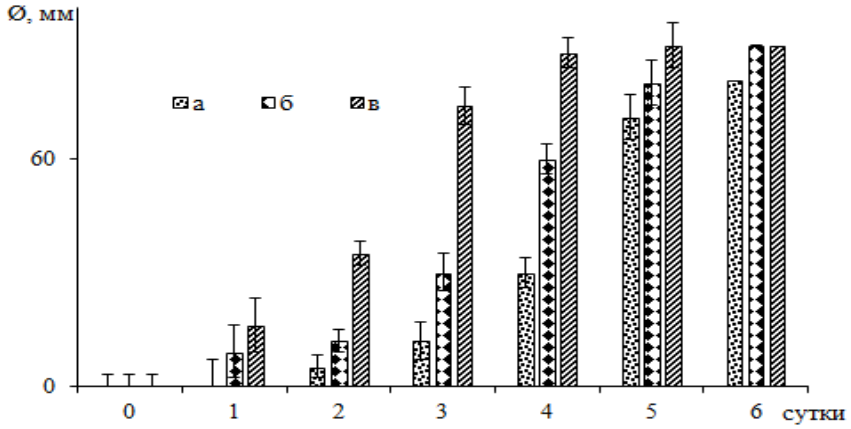


Рис. 1 - Влияние компонента питательной среды на скорость роста микробного продуцента в питательной среде, содержащей: а – сусло, б – ферментолизат соломы пшеницы, в – ферментолизат соломы гречихи

Таблица 2. Зависимость ростовых характеристик продуцента от углеводного состава среды

Показатели роста продуцента	сусло	ферментолизат	
		соломы пшеницы	соломы гречихи
концентрация глюкозы, конечная, г/л	1,5	1,2	0,8
потребление глюкозы, %	82,5	94	96
прирост дрожжевых клеток, McF	7	8	9,8
концентрация биомассы, г/л	1,11	1,57	2,24
экономический коэффициент, McF /г	0,32	0,37	0,46
выход дрожжей, % от концентрации глюкозы начальной	30	35	44
«сырой» протеин, % в а.с.с	33	44	47

Согласно полученным данным при периодическом культивировании в глубинных условиях на рекомендованной и модифицированной питательной среде продуцента кормового белка *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365, потребление глюкозы микроорганизмом в среде с ферментолизатом соломы гречихи составил 96%, что на 16,4% больше, чем в среде рекомендованной; прирост дрожжевых клеток 9,8 McF – на 40% больше; выход дрожжей, 44% от концентрации глюкозы начальной – на 46,6% больше; выход «сырого» протеина 47% в а.с.с – на 42,4% больше соответственно.

Извлечение максимальной прибыли в производстве микробного белка связано с обеспечением эффективности экспоненциальной фазы роста при условии равенства скорости нарастания биофассы и коэффициента утилизации питательной среды. Непрерывность процесса позволит сократить дополнительные расходы на обслуживание и простой оборудования, а также снизить риски вторичного обсеменения и контаминацию побочными продуктами метаболизма.

Для получения максимального прироста дрожжевой биомассы продуцента оптимизировали условия его глубинного культивирования на модифицированной питательной среде с использованием сахарного раствора (ферментолизата) соломы гречихи. В результате ПФЭ2^2 была получена математическая модель эксперимента с уравнением $Y = b_0 + b1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2$, которое адекватно описывает исследуемый процесс и пригодно для оптимизации. План эксперимента по оптимизации условий глубинного культивирования микробного продуцента на модифицированной питательной среде и его результаты представлены в таблице 3, 4.

Таблица 3. План эксперимента по оптимизации условий глубинного культивирования микробного продуцента на модифицированной питательной среде

x_1, г/л	x_2, *McF*	x_3, ч	$\bar{y}_j$, г	$\Delta\bar{y}_i \times 10^{-3}$	$S^2_i \times 10^{-5}$	$G_{расч}$	$G_{табл}$
5	0,5	50	1,16	4,46	4,13	0,34	0,43
20	0,5	50	1,05	6,82	9,70		
5	2	50	1,19	5,25	5,73		
20	2	50	1,25	6,35	8,40		
5	0,5	200	1,01	3,67	2,80		
20	0,5	200	1,26	4,46	4,13		
5	2	200	1,33	1,04	2,25		
20	**2**	**200**	**1,57**	**6,55**	**8,92**		

Таблица 4. Результаты реализации плана эксперимента по оптимизации условий глубинного культивирования микробного продуцента на модифицированной питательной среде

		Фактор			Отклик	
		X_1	X_2	X_3	$\bar{y}_{мысл}$	$\bar{y}_{реал}$
Коэффициенты, b_j		0,156	0,116	0	-	-
Расчетный интервал, λ_i		1,167	0,087	0	-	-
Расчетный интервал округленный, λ^0_i		1,20	0,007	0	-	-
Шаг по градиенту, δx_j		7,71	0,06	0	-	-
Эксперимент	^1x_j	20,21	1,31	125	1,74	1,94
	^2x_j	27,92	1,37	125	2,93	3,27
	^3x_j	35,64	1,43	125	4,12	4,58
	^4x_j	43,35	1,49	125	5,22	5,81
	^5x_j	51,06	1,55	125	6,43	5,79

Математическая модель процесса культивирования микробного продуцента на модифицированной питательной среде имеет следующий вид – $y = 1{,}226 + 0{,}156X_1 + 0{,}116X_2 + 0{,}119X_1X_2$.

Оптимальными условиями культивирования *Saccharomyces cerevisiae* – продуцента кормового белка являются концентрация глюкозы в питательной среде 43,35 г/л, посевная доза микробного продуцента – 1,5 McF, продолжительность культивирования 125 часов. При этих условиях концентрация дрожжевой биомассы составила 5,81 г/л. Крутое восхождение можно признать эффективным, так как полученный результат на 10% превышает теоретически рассчитанный.

Считается, что штаммы *Saccharomyces cerevisiae* способны расти при низкой концентрации углеводного субстрата в питательной среде, что не технологично и снижает экономическую эффективность процесса их культивирования [12]. В нашем исследовании показано, что эффективная концентрация глюкозы в питательной среде культивирования составляет 43,35 г/л, является не низкой и при этом продуцент эффективно наращивает биомассу, что дает основание процесс называть экономически эффективным. Согласно полученных расчетов, для получения 100 г кормовой биомассы необходимо 16,4 г сухой измельченной соломы, в частности, гречихи.

Полученные кормовые продукты имеют следующие содержания «сырого» протеина (%) и необходимых животным витаминов (таблица 5).

Таблица 5. Белково-витаминный состав кормовых продуктов, полученных при культивировании микробного продуцента *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365 на рекомендованной и модифицированной питательной среде

Показатели	Содержание в кормовых продуктах, полученных на питательной среде, содержащее		
	Сусло (контрольный вариант)	ферментолизат соломы пшеницы	ферментолизат соломы гречихи
«сырой» протеин, %	33	44	47
B_1 (мг/г)	21	32	34
B_2 (мг/г)	8	12	14
B_3 (мг/г)	89	121	124
B_5 (мг/г)	11	14	16
$Д_3$ (мкг/г)	540	770	840
РВ, г/л	2,4	2,7	3,1

Полученные данные убедительно доказывают, что данный штамм обладает высокой продуктивностью и технологичностью при использовании новой модифицированной питательной среды с ферментолизатом соломы, в частности, гречихи.

Согласно ГОСТ 20083-74 «Дрожжи кормовые. Технические условия», полученные продукты соответствуют ГОСТ и относятся ко 2-ой и 3-ей группе кормовых дрожжей. Максимальное содержание «сырого» протеина – 44-47% накоплено при использовании ферментолизата соломы злаковых культур как компонента питательной среды культивирования микробного продуцента.

В кормовой биомассе, полученной при культивировании дрожжей на модифицированной питательной среде, содержание витаминов группы В и витамина $Д_3$ в среднем на 45-75% выше, чем при выращивании на контрольной питательной среде.

При этом данный микробный продуцент белка обладает и благоприятным биологическим свойством - отсутствием способности к брожению. Содержание РВ в конечном продукте говорит о том, что в нем присутствуют редуцирующие сахара, которые не будут приводить к вздутию животов при скармливании животных.

Выводы. Рассмотрена возможность роста микробного продуцента белка - *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365 на твердой питательной среде, стандартной (рекомендованной для данного штамма) и модифицированной (сусло заменено сахарным раствором, то есть ферментолизатом соломы злаковых культур) в объеме, необходимом для получения 10 г/л глюкозы. Скорость роста микробного продуцента на модифицированной питательной среде на 6-е сутки культивирования на 17-19% больше, чем на питательной среде с суслом.

При периодическом культивировании в глубинных условиях на рекомендованной и модифицированной питательной среде продуцента кормового белка *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ Y-365, потребление глюкозы микроорганизмом в среде с ферментолизатом соломы гречихи составил 96%, что на 16,4% больше, чем в среде рекомендованной; прирост дрожжевых клеток 9,8 McF – на 40% больше; выход дрожжей, 44% от концентрации глюкозы начальной – на 46,6% больше; выход «сырого» протеина 47 % в а.с.с – на 42,4% больше соответственно.

Оптимальными условиями культивирования *Saccharomyces cerevisiae* – продуцента кормового белка являются концентрация глюкозы в питательной среде 43,35 г/л, посевная доза микробного продуцента – 1,5 McF, продолжительность культивирования 125 часов. При этом концентрация дрожжевой биомассы составила 5,81 г/л. Крутое восхождение можно признать эффективной, так как полученный результат на 10% превышает теоретически рассчитанный.

В кормовой биомассе, полученной при культивировании микробного продуцента на модифицированной питательной среде, содержание витаминов группы В и витамина $Д_3$ в среднем на 45-75% выше, чем при выращивании на контрольной питательной среде. Максимальное содержание «сырого» протеина – 44-47% накоплено при использовании ферментолизата соломы злаковых культур как компонента питательной среды культивирования микробного продуцента.

Оптимизированные составы питательной среды позволили охарактеризовать данный штамм дрожжей как высопродуктивный, легко адаптирующийся к воспроизводству на новых источниках питания, технологичный.

Полученные данные легли в основу 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. ***Артемьева О. А.*** Возможности использования продуктов вторичной переработки для получения кормового белка / О. А. Артемьева, О. В. Павлюченкова, Е. Н. Котковская [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2015. – № 6. – С. 33-35.
2. ***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.
3. ***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.
4. ***Валиева Е. Р.*** Использование сельскохозяйственных отходов в качестве субстрата для кормовых дрожжей / Е. Р. Валиева, Л. А. Литвина // Проблемы биологии и биотехнологии. – Новосибирск: Издательский центр «Золотой колос», 2017. – С. 134-138.
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.*** Биотехнологические подходы для получения белково-углеводных кормовых добавок для животноводства / И.А. Гнеушева, И.В. Горькова, В.Н. Дедков // Развитие инновационного потенциала агропромышленного производства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции 24 ноября 2010 года. – Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2010. – С. 45 – 48.
7. ***Гнеушева И.А***. Кормовые биологически активные добавки для промышленного животноводства / И.А. Гнеушева, И.Ю. Солохина, Н.Н. Полехина, Н.Е. Павловская // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. №3. С.30-32.
8. ***Дедков В. Н.*** Разработка биотехнологии кормового белка из растительного сырья: дис. … канд. техн. наук: 03.01.06. Воронеж, 2014. 146 л.
9. ***Кирюхина А.С.*** Характеристика продуктивности дрожжей Candida ethanolica штамма ВКМ Y-2300 Т // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2022.
10. ***Машанов А. И.*** Биоконверсия растительного сырья / А. И. Машанов, Н. Неверова, О. А. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения [Электронный ресурс]: учебник / О. А. Неверова, Никифорова, Т. А. Биоконверсия растительного сырья: учебное пособие / Т. А. Никифорова, Е. В. Волошин; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. – 130 с.
11. ***Павловская Н.Е.*** Технология создания биологически активных добавок для животноводства / Н.Е. Павловская, И.В. Горькова, И.Н. Гагарина, А.Ю. Гагарина, И.А. Гнеушева // Вестник Орловского государственного университета. 2011. №6 (33). С.29-31.
12. ***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.

Поступила в редакцию: 26.12.2024 г.
Принята к публикации: 04.03.2025 г.

Горькова И.В., доктор технических наук, профессор**, Гнеушева И.А.,** кандидат технических наук, доцент**, Лушников А.В.,** кандидат технических наук**,** ассистент**, Солохина И.Ю.**, кандидат биологических наук, доцент**,** ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, e-mail: obc1-2010@mail.ru, Россия, г. Орёл

УДК 619:575.113:636.034:636.22

Беликова А. О., аспирант, e-mail: kiit8321@gmail.com
Племяшов К. В., доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент РАН
Крутикова А. А., кандидат биологических наук, доцент
Кузнецова Т. Ш., кандидат биологических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ветеринарной медицины», Россия, г. С.-Петербург
Belikova A. O., postgraduate student
Plemyashov K. V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences
Krutikova A. A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Kuznetsova T. Sh., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russia, St. Petersburg

СВЯЗЬ МИНОРНЫХ СЕГМЕНТОВ ГОМОЗИГОТНОСТИ С ЛЕВОСТОРОННИМ СМЕЩЕНИЕМ СЫЧУГА

(Connection between minor runs of homozygousity and left displaced abomasum)

Аннотация. Левостороннее смещение сычуга – широко распространенное мультифакторное заболевание с наследственной предрасположенностью, возникающее преимущественно в послеотельном периоде у молочных коров и наносящее значительный экономический ущерб животноводству. Целью исследования стал анализ связи минорных сегментов гомозиготности с предрасположенностью к возникновению левостороннего смещения сычуга у высокопродуктивных голштинских коров Ленинградской области. Материалом для исследования послужили результаты генотипирования 360 высокопродуктивных голштинских коров из трёх ферм Ленинградской области, из них 185 имели диагноз левостороннее смещения сычуга, поставленный в текущей лактации. Контрольная группа включала 175 здоровых коров третьей лактации и выше без левостороннего смещения сычуга в анамнезе. Генотипирование было произведено на ДНК-чипе высокой плотности GeneSeek® Genomic Profiler™ Bovine 100K DNA chip. В анализ были включены минорные гомозиготные локусы с частотой встречаемости от 0,15 до 0,3 хотя бы в одной из экспериментальных групп. В результате проведенных исследований было выявлено 3 сегмента гомозиготности, статистически ассоциированных с левосторонним смещением сычуга (p-value <0,05). Обнаруженные локусы находились на BTA7 и BTA29 и включали ряд генов, вовлеченных в формирование нервной системы. Было определено, что ассоциированные участки генома находились в сцепленном состоянии с локусами количественных признаков, молочной продуктивности и морфологических черт. Детальное исследование обнаруженных геномных регионов может позволить выявить новые генетические маркеры, предназначенные для селекционного контроля распространения экономически важной патологии в поголовье.

Ключевые слова: левостороннее смещение сычуга, голштинский скот, генетические маркеры, ROH.

Annotation. Left displaced abomasum is a widespread multifactorial disease with a hereditary predisposition that occurs mainly in the post-calving period in dairy cows and causes significant economic losses to livestock farming. The aim of the study was to analyze the connection between minor runs of homozygosity and left displaced abomasum in highly productive Holstein cows of the Leningrad Region. The material for the study was results of genotyping of 360 highly productive Holstein cows from three farms of the Leningrad Region. One hundred eighty-five cows had left displaced abomasum in the current lactation. The control group included 175 healthy cows in third lactation and above without history of the disease. Genotyping was performed using high-density DNA chip GeneSeek® Genomic Profiler™ Bovine 100K. Only minor runs of homozygosity with a frequency from 0.15 to 0.3 were included in the analysis. As a result of the study, 3 runs of homozygosity were identified that were statistically associated with left displaced abomasum (p-value < 0.05). Detected loci were located on BTA7 and BTA29 and included a number of genes involved in development of nervous system. It was discovered that associated genomic regions were genetically linked with quantitative traits loci of milk productivity and morphological traits. Detailed study of the discovered runs of homozygosity may allow the identification of new genetic markers for control of economically important pathology spread in the livestock**.**

Keywords: left displaced abomasum, Holstein cattle, genetic markers, ROH.

Введение. Левостороннее смещение сычуга (англ. Left displaced abomasum, LDA) – острое мультифакторное заболевание, которое характеризуется дислокацией сычуга влево, что приводит к нарушению эвакуации пищевых и газовых масс из пищеварительной системы и впоследствии может провоцировать смерть животного [1]. Данная форма смещения сычуга чаще всего возникает у коров молочного

направления, в частности, голштинской породы, в послеотельном периоде и связывается с нарушением метаболических процессов и атонией сычуга [2]. Заболевание имеет широкое распространение среди молочного скота на территории Российской Федерации и всего мира, нанося значительный экономический ущерб, который складывается из снижения продуктивности в период возникновения симптомов, лечения и дальнейшего восстановления, стоимости лечебных мероприятий и убытков, вызываемых выбраковкой заболевших животных [3]. Предполагается, что предрасположенность к левостороннему смещению сычуга генетически детерминирована и наследуется полигенно. Коэффициент наследуемости данного признака у различных популяций голштинского скота колеблется в пределах от 0,03 до 0,53 [4]. В связи с характером наследования предрасположенности к LDA для более точного и подробного анализа генетической архитектуры формирования признака с учетом множества гипотетических генов, оказывающих кумулятивное влияние на фенотип, могут быть использованы полногеномные методы генетического анализа, одним из которых является анализ сегментов гомозиготности. Сегменты гомозиготности (англ. Runs of homozygosity, ROH) представляют собой протяженные гомозиготные локусы хромосом. Анализ ROH широко применяются для оценки геномного инбридинга, однако, существует ряд исследований, которые указывают на возможность установления причин генетически детерминированных болезней или заболеваний с наследственной предрасположенностью, при условии рецессивного механизма их формирования, с применением анализа паттернов гомозиготности [5, 6].

В нашем предыдущем исследовании, посвященном полногеномному поиску ассоциаций, мы также рассмотрели связь левостороннего смещения сычуга с высокочастотными ROH, чья встречаемость в исследованной выборке голштинских коров Ленинградской области превышала 30% [7]. В связи с полигенным характером формирования генетической предрасположенности к заболеванию рассмотрение менее частотных, минорных, ROH может способствовать обнаружению новых генов-кандидатов и, впоследствии, сцепленных с ними маркеров. Обнаружение генетических полиморфизмов, ассоциированных с заболеванием, способно пролить свет на механизмы развития смещения сычуга и позволить контролировать распространение патологии на уровне анализа генотипов.

Цель исследований. Целью исследования стал анализ связи минорных ROH с предрасположенностью к возникновению левостороннего смещения сычуга у высокопродуктивных голштинских коров Ленинградской области.

Условия, материалы и методы. Материалом для исследования стали результаты генотипирования 360 высокопродуктивных голштинских коров из трёх ферм Ленинградской области, 185 коров составляли опытную группу, состоявшую из разновозрастных животных с диагностированным с помощью клинического осмотра левосторонним смещением сычуга. Контрольная группа включала 175 здоровых коров третьей лактации и выше без левостороннего смещения сычуга в анамнезе.

Отбор крови для выделения ДНК проводили из яремной вены. Экстракция ДНК осуществлялась классическим фенол-хлороформным методом с использованием протеинкиназы К. Оценку качества выделения производили с применением спектрофотометра NanoDrop 2000 (Thermo Fisher, США). Процедура генотипирования была произведена на ДНК-чипе высокой плотности GeneSeek® Genomic Profiler™ Bovine 100K DNA chip (Neogen, США) с покрытием в 95256 SNP. Контроль качества генотипирования проводили при использовании программы PLINK 1.90, задав следующие пороговые значения: минимальная частота аллели <0.05, p-value для распределения Харди-Вайнберга <1e-6, число пропущенных полиморфизмов на образец <0.05, доля пропущенных SNP на образец <0.05.

ROH анализ был осуществлен с помощью программного пакета detectRUNS на языке R в среде разработки RStudio с применением следующих параметров: размер скользящего окна составлял 25 SNP, доля гомозиготных перекрывающихся окон была установлена на 0,05, в один протяженный гомозиготный участок включалось минимум 35 гомозиготных пар полиморфизмов, максимальное число гетерозиготных SNP, приходящихся на один ROH, составляло 1.

Минорные ROH, включенные в анализ, были определены как протяженные участки гомозиготности, перекрывающиеся у разных особей, имеющие в исследованной выборке частоту встречаемости от 0,15 до 0,3 хотя бы в одной из экспериментальных групп. Статистические различия во встречаемости отдельных ROH у здоровых и больных животных были подсчитаны при использовании критерия хи-квадрат Пирсона. Уровень статистической значимости был установлен на 0,05.

Структурная аннотация обнаруженных ROH проводилась с использовании геномной сборки ARS-UCD1.3 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/GCA_002263795.3/). Для обнаружения локусов количественных признаков (англ. Quantitative trait loci, QTL), ассоциированных с хозяйственно-важными признаками крупного рогатого скота, был осуществлен поиск в открытой базе данных CattleQTLdb.

Результаты и их обсуждение. Нами был произведен анализ распределения минорных (частота <0,3) паттернов гомозиготности в генотипах коров, отличающихся разной предрасположенностью к левостороннему смещению сычуга. В результате анализа был обнаружен ряд ROH, имеющих неодинаковую встречаемость у животных экспериментальных групп. В частности, было обнаружено 7 гомозиготных локусов, частота которых в опытной и контрольной группах отличается более чем на 5%, информация о данных регионах хромосом и расположенных в них генах-кандидатах левостороннего смещения сычуга приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Протяженные сегменты гомозиготности, имеющие различную встречаемость у животных экспериментальных групп и гены-кандидаты, находящиеся в них.

Хромосома	Протяженность, п.н.	Частота в опытной группе, %	Частота в контрольной группе, %	p-value	Число генов	Гены-кандидаты
BTA4	49534867 - 50028927	14	21	0.098	6	*PNPLA8*
BTA7	49076495 - 49638060	19	12	0.097	6	*MYOT, NME5, WNT8A*
BTA7	51805164 - 52752643	19	11	<0.05	38	*PCDHGA8,PCDHB1, PCDHB16,DIAPH1, RELL2*
BTA7	84608537 - 86876450	19	11	<0.05	6	*COX7C, RASA1*
BTA29	39812893 - 40277373	20	12	0.074	11	*TMEM216,* TMEM138, TMEM258, *SDHAF2,*
BTA29	40493988 - 42113830	20	11	<0.05	48	*AHNAK, STX5, HRASLS5 ATL3, RTN3*
BTA29	42330369 - 42624250	20	13	0.080	12	*STIP1, BAD, ESRRA,*

Из 7 обнаруженных сегментов гомозиготности, распределение 3 в экспериментальных группах имело достоверные статистические отличия (p-value <0.05), эти ROH располагались на двух хромосомах быка домашнего: BTA7 и BTA29.

При структурной и функциональной аннотациях выделенных локусов было обнаружено, что ROH, располагающийся в локусе BTA7 с 51,8 по 52,7 мегабазу, содержал крупный кластер генов протокадгерина альфа, бета и гамма. Белковые продукты этих генов являются интегральными белками плазматической мембраны, играющими важную роль в клеточной адгезии. Предполагается, что эти протеины имеют решающее значение в установлении и функционировании специфических межклеточных связей в нервной системе [8]. Функциональная аннотация обозначенного участка хромосомы с применением базы данных AnimalQTLdb установила нахождение в нём QTL признаков молочной продуктивности: удоя и процента молочного жира, процента каппа-казеина в молоке; экстерьерных черт: высоты, угла копыт, постановки задних конечностей, прикрепления долей вымени, а также прогнозируемой передающей способности.

Локус, расположенный на BTA7 по координатам с 84,6 по 86,8 мегабазу, согласно данным AnimalQTLdb, был сцеплен с QTL таких количественных признаков, как содержание карнозина в мышцах, площадь длиннейшей мышцы, процент содержание жира в молоке, процентное содержание в молоке таких веществ как белок, молочный жир, бета-лактоглобулин и конъюгированная линолевая кислота.

Самый насыщенный генами из статистически достоверно отличающихся по своей частоте ROH был обнаружен на BTA29. Последовательности, расположенные на нём, были вовлечены в множество биологических процессов, таких как аутофагия (STX5) [9], метаболизм аспарагина (ASRGL1) [10], метаболизм липидов (PLA2G16) [11] и другие. Однако, большую долю белок-кодирующих генов в данном участке составляли последовательности, продукты экспрессии которых были вовлечены в развитие и функционирование центральной и периферической нервной системы (AHNAK, HRASLS5, ATL3, RTN3) [12]. В пределах участка гомозиготности были расположены QTL для удоя и его персистентности, процента молочного жира, ежедневного привеса, содержание креатина в мышечной ткани.

Одним из главных предрасполагающих факторов к развитию левостороннего смещения сычуга является возникновение атонии, которая способствует быстрому накоплению газов в просвете органа и в конечном итоге приводит к изменению его положения. Результаты функциональной аннотации генов, расположенных в минорных ROH, статистически ассоциированных с LDA, свидетельствует о вовлеченности большого числа генов-кандидатов в формирование и метаболизм нервной системы. Одним из возможных объяснений участия обнаруженных генов-кандидатов в патогенезе заболевания может являться их роль в нервной регуляции перистальтики сычуга.

Выводы. Таким образом, при анализе распространенности минорных сегментов гомозиготности у высокопродуктивных голштинских коров Ленинградской области было выявлено 3 ROH, статистически ассоциированных с левосторонним смещением сычуга. Обнаруженные ROH находились на BTA7 и BTA29 и включали ряд генов, вовлеченных в формирование нервной системы. Детальное исследование генов-кандидатов может позволить обнаружить новые генетические маркеры, предназначенные для селекционного контроля распространения экономически важной патологии в поголовье.

Литература

1. ***Смещение сычуга у высокопродуктивных молочных коров*** / К. В. Племяшов, Б. С. Семенов, Т. Ш. Кузнецова, Е.А. Корочкина, В.В. Никитин, Г.С. Хусаинова // Ветеринария. – 2022. – № 11. – С. 48-54.
2. ***Безбородов, П. Н.*** Оценка некоторых факторов этиологии левостороннего и правостороннего завала сычуга у высокопродуктивных коров / П. Н. Безбородов // Ветеринарный врач. – 2007. – № 5. – С. 49-52.
3. ***Челнокова, М. И.*** Диагностика и лечение левостороннего смещения сычуга у высокопродуктивных коров / М. И. Челнокова, Ф. И. Сулейманов // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 28-33.
4. ***Zerbin, I.*** Genetics of bovine abomasal displacement / I. Zerbin, S. Lehner, O. Distl // Veterinary journal. – 2015. – № 204(1). – P. 17–22.
5. ***Регионы гомозиготности в экстраэмбриональных тканях абортусов из семей с привычным невынашиванием беременности*** / Н. А. Скрябин, С. А. Васильев, Т. В. Никитина // Хромосома 2018: Материалы Международной конференции, Новосибирск, 20–24 августа 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2018. – С. 177-178.
6. ***Moreno-Grau, S.*** Long runs of homozygosity are associated with Alzheimer's disease. / S. Moreno-Grau, M. V. Fernández, I. de Rojas, P. Garcia-González, I. Hernández, F. Farias, J.P. Budde, I. Quintela, L. Madrid, A. González-Pérez, L. Montrreal // Translational psychiatry. – 2021. – №11(1). – P.142.
7. ***Genome-Wide Association Study (GWAS) for Left Displaced Abomasum in Highly Productive Russian Holstein Cattle*** / K. Plemyashov, A. Krutikova, A. Belikova T. Kuznetsova, B. Semenov // Animals. – 2024. – Vol. 14, No. 19. – P. 2795.
8. ***Wu, Q.*** Comparative DNA sequence analysis of mouse and human protocadherin gene clusters / Q. Wu, T. Zhang, J.F. Cheng // Genome Res. – 2001. – № 11(3). – P.389-404.
9. ***Linders, P.T.*** Stx5-Mediated ER-Golgi Transport in Mammals and Yeast / P.T. Linders, C.V. Horst, M.T. Beest, G. van den Bogaart // Cells. – 2019. – №8(8) – P. 780.
10. ***Biswas, P. A*** missense mutation in ASRGL1 is involved in causing autosomal recessive retinal degeneration / P. Biswas, V.R. Chavali, G. Agnello // Hum Mol Genet. – 2016. – № 25(12). – P. 2483-2497.
11. ***Association between polymorphisms in SLC15A1 and PLA2G16 genes and development of obesity in Chinese subjects*** / C.Y. Wang, S. Liu, X.N. Xie, Z.Y. Luo, L. Yang, Z.R. Tan // Diabetes Metab Syndr Obes. – 2018. – № 11. – P. 439-446.
12. ***Bhatti, D.L.*** Ahnak in the prefrontal cortex mediates behavioral correlates of stress resilience and rapid antidepressant action in mice / D.L. Bhatti, J. Jin, J. Cheng // Front Mol Neurosci. – 2024. – №17. – P.1350716.

Поступила в редакцию: 06.02.2025 г.
Принята к публикации: 04.03.2025 г.

Беликова А. О., аспирант, e-mail: kiit8321@gmail.com, **Племяшов К. В.,** доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент РАН, **Крутикова А. А.,** кандидат биологических наук, доцент, **Кузнецова Т. Ш.,** кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ветеринарной медицины», Россия, г. С.-Петербург

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

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНОМНО ОЦЕНЕННЫХ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ И ДЖЕРСЕЙСКОЙ ПОРОДЫ*

(Comparative characteristics of genomically evaluated Holstein and Jersey breed bulls)

Аннотация. Появление новых методов для оценки племенной ценности крупного рогатого скота, в частности геномного анализа, позволяют осуществлять прогнозирование продуктивного потенциала в раннем возрасте, что значительно увеличивает эффективность процесса отбора. В данной статье представлена сравнительная характеристика и анализ геномных индексов быков-производителей голштинской и джерсейской породы с целью выявление признаков, позволяющих эффективно реализовывать потенциал животных на практике. Исследования показали, что корреляция между геномными индексами имела сходную степень связи, однако проявлялась больше у животных джерсейской породы. Относительный индекс молочной продуктивности, индекс улучшения по удоям, процент жира и белка в молоке дочерей быков-производителей голштинской породы на 21,2% ($p<0,001$), 68,5% ($p<0,001$), 100% ($p<0,001$) и 59,2% ($p<0,05$) были выше, чем у аналогов джерсейского скота.

Ключевые слова: быки-производители, голштинская порода, джерсейская порода, геномные индексы, молочная продуктивность, корреляция, сравнение средних

Annotation. The emergence of new methods for assessing the breeding value of cattle, in particular genomic analysis, allows predicting the productive potential at an early age, which significantly increases the efficiency of the selection process. This article presents a comparative characteristic and analysis of genomic indices of Holstein and Jersey sires in order to identify traits that allow the effective implementation of the potential of animals in practice. The studies showed that the correlation between genomic indices had a similar degree of connection, but was more pronounced in Jersey animals. The relative milk productivity index, milk yield improvement index, fat and protein percentage in the milk of daughters of Holstein sires were 21.2% ($p<0.001$), 68.5% ($p<0.001$), 100% ($p<0.001$) and 59.2% ($p<0.05$) higher than in Jersey cattle analogues.

Key words: sires, Holstein breed, Jersey breed, genomic indices, milk productivity, correlation, compare means

Введение. Достижения в области молекулярной генетики, которые привели к выявлению ДНК-маркеров, сыграли ключевую роль в разработке теоретических моделей, позволяющих эффективно реализовывать селекционную работу с животными. За последние 15 лет в глобальной селекции наблюдаются значительные изменения, вызванные появлением новых методов для оценки племенной ценности на основе молекулярно-генетических маркеров, связанных с важными продуктивными характеристиками животных [2]. Эти технологии включают геномное сканирование и геномную селекцию. Основным преимуществом геномной селекции является возможность определения наследования определенных полезных аллелей в генах практически сразу после рождения животного [1]. Это позволяет оценивать селекционное значение генотипа прямо, а не исходя из фенотипических проявлений в период продуктивной жизни особи; следовательно, прогнозирование племенной ценности может осуществляться в самом раннем возрасте, что значительно увеличивает эффективность процесса селекционного отбора [3, 7].

Больших успехов в реализации программы геномной оценки производителей достигли страны ближнего и дальнего зарубежья. В частности, в Австрии и Германии разработаны специализированные индексы, которые характеризуют продуктивность и физиологическое состояние животных. На данный момент электронные каталоги указанных стран, в которых ведется учет прижизненных показателей животных, насчитывает свыше пятнадцати тысяч голов. Геномно оцененные быки-производители представлены такими породами, как: симментальская, голштинская, джерсейская, тирольская серая и швицкая. Основная оценка представленных пород ведется по молочным качествам, а совокупность индексов, представляющих общую племенную ценной, включает свыше 20 параметров.

В данной статье представлена сравнительная характеристика и анализ продуктивных индексов быков-производителей голштинской и джерсейской породы с целью выявление наилучших селекционных признаков, позволяющих реализовывать потенциал животных на практике.

В молочном животноводстве ведущих стран мира голштинская порода занимает ключевую позицию.

Именно эта порода получила наибольшее распространение среди открытых популяций во всем мире и послужила мощным стимулом для развития сектора молочного животноводства, что позволяет увеличивать средний удой на одну корову более чем на 100-143 кг в год [4]. В настоящее время наблюдается тенденция к объединению пород черно-пестрых коров, подвергшихся голштинизации, из США и Европы в единую мировую популяцию. Это становится возможным благодаря активному международному обмену генетическими материалами и племенным селекциями. Скот джерсейской породы демонстрируют среднюю продуктивность, достигая 6-6,5 тысяч килограммов молока в год, с высоким содержанием жира и белка – 5,8-6,0% и 4,3% соответственно [7]. Для сравнения, у голштинских коров эти же показатели составляют не более 4,0% и 3,2% [6]. В глобальном масштабе уровень молочной продуктивности чистопородных джерсеев варьируется [9]. Удой в зависимости от региона может колебаться от 2473 кг в Индии до 8151 кг в США. Содержание жира в молоке также имеет широкий диапазон – от 4,50% в Аргентине до 6,02% в Дании. Что касается белка, его содержание варьируется от 3,10% в Индии до 4,27% в Дании [5, 6, 8].

Материалы и методы исследований. Результатом оценки быков-производителей голштинской и джерсейской пород служили геномные индексы, представленные на ресурсе *Breeding values Austria* (племенной базе данных быков-производителей германской и австрийской селекции). В качестве основного кластера продуктивных показателей животных рассматривались: RZM (относительный индекс молочной продуктивности дочерей), Mkg +/- (улучшение по удою, выраженное в кг), E% и F% (процент улучшения белково- и жирномолочности). Для анализа были отобраны быки-производители австрийского происхождения, рожденные в 2016-2020 гг. в количестве 196 голов. В контрольную группу отбирали быков-производителей голштинской породы (n=98), в опытную – джерсейской (n=98). Сравнительная оценка между быками велась по корреляционной изменчивости признаков с применением критерия Пирсона, проверку статистических гипотез – методами сравнения средних с использованием критерия Стьюдента при 95%-ом доверительном интервале. Обработка материала выполнялась в пакете IBM SPSS Statistics 18.

Результаты исследований и их анализ. Для выявления степени взаимосвязи между геномными признаками была построена матрица корреляций для обеих групп (см. таблицы 1, 2). Рассматривая данные таблицы 1, можно отметить следующие достоверно прямые положительные связи между информативными показателями: RZM и Mkg – 0,418 ($p<0,01$), F и E – 0,757 ($p<0,01$). Кроме того, между Mkg и F, Mkg и E образовывались следующие достоверные обратные связи на уровнях: -0,791 ($p<0,01$); -0,831 ($p<0,01$) соответственно. Отношения между RZM и F/E были близки к нулю (0,029-0,137), что свидетельствует об отсутствии связей между представленными индексами.

Таблица 1 – Корреляции геномных индексов быков-производителей голштинской породы

Показатель		RZM	Mkg	F%	E%
RZM	Корреляция Пирсона	1	0,418**	0,134	0,029
	знач. (двухсторонняя)	-	0,0005	0,187	0,777
Mkg	Корреляция Пирсона	0,418**	1	-0,791**	-0,831**
	знач. (двухсторонняя)	0,0005	-	0,0005	0,0005
F%	Корреляция Пирсона	0,134	-0,791**	1	0,757**
	знач. (двухсторонняя)	0,187	0,0005	-	0,0005
E%	Корреляция Пирсона	0,029	-0,831**	0,757**	1
	знач. (двухсторонняя)	0,777	0,0005	0,0005	-

Примечание: ** – корреляция значима на уровне 0,01

Сводка данных, представленных в таблице 2, демонстрировала достоверные прямые связи между: RZM и Mkg – 0,714 ($p<0,01$), F и E – 0,927 ($p<0,01$); обратные: Mkg и F: -0,757 ($p<0,01$), Mkg и E: -0,771 ($p<0,01$), Mkg и F: -0,718 ($p<0,05$), Mkg и E: -0,740 ($p<0,05$). Отношения между RZM и F, RZM и E несли отрицательные взаимосвязи на уровнях: -0,108 и -0,138 соответственно, однако достоверность представленных корреляций выявлена не была.

Таблица 2 – Корреляции геномных индексов быков-производителей джерсейской породы

Показатель		RZM	Mkg	F%	E%
RZM	Корреляция Пирсона	1	0,714**	-0,108	-0,138
	знач. (двухсторонняя)	-	0,0005	0,290	0,175
Mkg	Корреляция Пирсона	0,714**	1	-0,757**	-0,771**
	знач. (двухсторонняя)	0,0005	-	0,0005	0,0005
F%	Корреляция Пирсона	-0,108	-0,757**	1	0,927**
	знач. (двухсторонняя)	0,290	0,0005	-	0,0005
E%	Корреляция Пирсона	-0,138	-0,771**	0,927**	1
	знач. (двухсторонняя)	0,175	0,0005	0,0005	-

Примечание: ** – корреляция значима на уровне 0,01

В следующий этап анализа входило изучение достоверных различий между индексами групп быков-производителей (см. таблицы 3, 4). В таблице 3 представлена описательная статистика информативных показателей, где обозначены средние значения каждого индекса, среднеквадратического отклонения (СКО) и ошибки средней арифметической (SE).

Таблица 3 – Описательная статистика для групп быков-производителей

Индекс	Группы	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение (СКО), σ	SE (±)
RZM	контроль	139,88	7,638	0,772
	опыт	110,22	14,284	1,443
Mkg	контроль	965,99	552,035	55,764
	опыт	304,65	695,120	70,218
F%	контроль	0,3464	0,29704	0,03001
	опыт	-0,0014	0,53429	0,05397
E%	контроль	0,1140	0,12703	0,01283
	опыт	0,0465	0,27392	0,02767

Достоверность (p), представленная в таблице 4, показывает значимые результаты между группами по всем изучаемым индексам. Так, эмпирические значения RZM, Mkg, F и E по критерию Стьюдента (T_{st}) составили 18,123; 7,375; 5,633; 2,211 при двусторонней значимости от 0,0005 до 0,028. Полученные результаты свидетельствуют, что между группами существуют различия, следовательно, нулевая гипотеза отвергается. Также видим, что 95% доверительный интервал (ДИ) не включал нуль, а значит, полученные различия можно считать статистически значимыми.

Таблица 4 – Статистика Т-критерия для групп быков-производителей

Индекс	T_{st}	p	Средняя разность	MSE	95% ДИ	
					нижний	верхний
RZM	18,123	0,0005	29,653	1,636	26,426	32,880
Mkg	7,375	0,0005	661,337	89,667	484,490	838,184
F%	5,633	0,001	0,34786	0,06175	0,22607	0,46965
E%	2,211	0,028	0,06745	0,03050	0,00729	0,12761

Общая интерпретация полученных данных будет иметь вид, представленный в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительная оценка геномных индексов быков-производителей

Индекс	Группа	
	контроль	опыт
RZM	139,88±0,772	110,22±1,443***
Mkg	965,99±55,764	304,65±70,218***
F%	0,3464±0,030	-0,0014±0,053***
E%	0,1140±0,012	0,0465±0,027*

Примечание: при * - p<0,05; при *** - p<0,001

Таким образом, значения индексов RZM, Mkg, F% и E% опытной группы на 21,2% (p<0,001), 68,5% (p<0,001), 100% (p<0,001) и 59,2% (p<0,05) были меньше, чем показатели контрольной группы.

Выводы. Сравнительный анализ быков-производителей голштинской и джерсейской пород позволил установить следующее:

– рассматривая корреляционную изменчивость, наиболее выраженные взаимосвязи наблюдались у быков-производителей джерсейской породы. Так, индекс молочной продуктивности проявлял достаточно сильную силу связи с количеством молока, полученного от дочерей – на уровне 0,714. У жира и белка корреляция также достигала высоких значений – 0,927. У быков-производителей голштинской породы данные связи были менее выраженными и составили 0,418 и 0,757 соответственно. Также отметим, что взаимосвязь между количественным улучшением удоев имела отрицательные корреляции с процентом жира и белка у обеих пород.

– характеристика индексов быков-производителей демонстрировала наибольшие баллы в пользу голштинской породы. Такие показатели как молочная продуктивность и количество надоев от дочерей на 21 и 68% соответственно превосходили значения джерсейской породы. Показатели жира и белка проявляли значительную степень увеличения в сравнении с джерсейскими быками; при этом, процент жирномолочности у последних имел отрицательное значение, а улучшение по белку фактически не проводилось.

Таким образом, быки-производители голштинской породы являются наиболее перспективными в качестве дальнейшего использование в селекционной работе и воспроизводстве.

Литература

1. **Гырнец Е.А., Кощаев А.Г.** Прогнозирование племенной ценности молодняка крупного рогатого скота голштинской породы по данным геномной оценки матерей и быков-производителей // Современное состояние и перспектиивы селекционно-племенной работы в животноводсстве. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Москва, 2024. С. 63-66.
2. ***Карымсаков Т.Н., Абугалиев С.К., Баймуканов Д.А.*** Оценка племенной ценности быков-производителей по геномному анализу // Аграрная наука. 2019. № 10. С. 40-42.
3. ***Коваль Л.*** О генетическом прогрессе простыми словами // Животноводство России. 2022. № 12. С. 40-41.
4. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодовом стойловом содержании: монография. Рязань : РГАТ У, 2013. 165 с.
5. Молочная продуктивность лучших коров джерсейской породы разной генеалогической принадлежности / Н.И. Морозова, Ф.А. Мусаев, Н.В. Вавилова, П.С. Вершнев / Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. 2023. С. 247-251.
6. Оценка экстерьерных и продуктивных показателей коров джерсейской и голштинской пород / Л.И. Кибкало, С.П. Бугаев, Н.В. Сидорова, Н.О. Шумакова, О.Н. Мирошниченко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 72-76.
7. ***Сакса Е.И.*** Использование оценки геномной племенной ценности быков в селекции голштинского скота // Достижения в генетике, селекции и воспроизводстве сельскохозяйственных животных. Материалы Международной научно-практической конференции. Пушкин. 2019. С. 52.
8. ***Суслова А.Ю., Шацких Е.В.*** Молочные показатели джерсейской породы коров // Технологии животноводства: проблемы и перспективы: материалы круглого стола. Екатеринбург, 2023. С. 47-48.
9. ***Фирсова Э.В., Карташова А.П., Митюков А.С.*** Голштинизированный холмогорский скот Мурманской области в сравнении с чистопородным голштинским скотом разных стран по молочной продуктивности // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 51. С. 152-157.

Поступила в редакцию: 26.12.2024 г.
Принята к публикации: 04.03.2025 г.

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**, e-mail:** bio413@ya.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 / UDC 636.2.03:636.082.25

Филинская О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор
Filinskaya O.V., Candidate of Agricultural Sciences, Professor
Шаехова Н.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Shaehova N.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
ФГБОУВО «ЯрославскийГАУ», Россия, г.Ярославль
FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Russia, Yaroslavl, e-mail: o.filinskaya@yarcx.ru

ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ПРИ ВНУТРИЛИНЕЙНОМ ПОДБОРЕ И КРОССЕ ЛИНИЙ

(The productivity of the cows during intraline selection and crossing of lines)

Аннотация. В статье приводится оценка продуктивности коров, полученных во внутрилинейном подборе и кроссах линий в условиях промышленного комплекса. В молочном скотоводстве изучению результативности межлинейных кроссов уделяется большое внимание, что подтверждает актуальность данных исследований. Объектом исследований являлись коровы голштинской породы, которые имели три и более лактации, в количестве 249 голов, из них 104 головы были полученные путем внутрилинейного подбора, 145 голов – межлинейного подбора. По результатам исследования выявлено, что большая часть коров выборки принадлежала к линиям Рефлекшн Соверинг – 59%, и Вис Бэк Айдиала – 38%, на долю линии Пабст Говернер приходилось 3% коров выборки. Лучшими по удою и жирномолочности были первотелки линии Пабст Говернера – 8517 кг молока и 4,24% соответственно. По третьей лактации превосходство по удою имели коровы линии Рефлекшн Соверинг – 10407 кг, наибольший процент жирности молока выявлен у коров линии Пабст Говернер – 4,47%. При анализе разных способов подбора отмечено, что по содержанию жира достоверное превосходство было у коров от внутрилинейного подбора (+0,19 абс.%, P≥0,99) в сравнении с кроссом Рефлекшн Соверинга – Пабст Говернера, а с кроссом Рефлекшн Соверинга – Монтвик Чифтейна: по содержанию жира +0,10 абс.% и содержанию белка – +0,06 абс.%. Таким образом, для повышения молочной продуктивности в стаде следует использовать внутрилинейный подбор, так как коровы обладали наибольшей продуктивностью. Между прямым и обратным кроссом превосходство было у коров прямого кросса Рефлекшн Соверинга – Вис Бэк Айдиала, достоверно – по содержанию жира и белка.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, продуктивность, подбор, линии, внутрилинейный подбор, кроссы линий, сочетаемость линий

Annotation. The article provides an assessment of the productivity of the cows obtained in intraline selection and line crosses in the conditions of an industrial complex. In dairy cattle breeding, much attention is paid to the study of the effectiveness of interline crosses, which confirms the relevance of these studies.The object of the research was Holstein cows which had three or more lactations, in the amount of 249 heads, 104 of them were obtained through intraline selection, 145 heads - interline selection.According to the results of the study, it was revealed that most of the cows in the sample belonged to the lines Reflection Sovereign - 59%, and Vis Back Idiala - 38%, the Pabst Governor line accounted for 3% of the cows in the sample. The best indicators of milk yield and fat content were the first-calf heifers of the Pabst Governer line - 8517 kg of milk and 4.24%, respectively.During the third lactation, cows of the Reflection Sovering line had superior milk yield - 10,407 kg, the highest percentage of milk fat content was found in cows of the Pabst Governor line - 4.47%.When analyzing different selection methods, it was noted that fat content of milk of the cows from intraline selection was significantly more (+0.19 abs.%, P≥0.99) in comparison with the cross Reflection Sovering - Pabst Governor, and with the cross Reflection Sovering - Montvik Chieftain: fat content +0.10 abs.% and protein content - +0.06 abs.%.Thus, intraline selection should be used to increase milk productivity in the herd because the cows had the greatest productivity. Between the direct and reverse crosses, the cows of the direct cross Reflection Sovering - Vis Back Idiala had superiority significantly - in terms of fat and protein content.

Key words:cattle, productivity, selection, lines, line crosses, line compatibility

Введение. Племенные и продуктивные качества молочного скота обусловлены генотипом животных, влиянием методов разведения и селекции [1, 2]. Оценка линий, их сочетаемости, а также анализ эффективности подбора при формировании племенных стад в молочном скотоводстве представляет значительный интерес для теориии практики селекции молочного скота [3]. Подбор, наряду с отбором и правильным выращиванием молодняка, выступаетодним из ключевых аспектов племенной работы [4, 5]. Быстрое создание высокопродуктивных молочных стад коров, пригодных

к интенсивной эксплуатации в условиях крупных хозяйств, вызывает необходимость применения различных вариантов подбора [6]. Однако в разведении молочного скота проблема подбора является наиболее сложной в теоретическом и практическом планах. В молочном скотоводстве изучению результативности межлинейных кроссов уделяется большое внимание [7, 8]. На данный момент актуальным остается вопрос поиска наилучших сочетаний линий в скотоводстве.

Целью исследований являлось изучение продуктивных качеств коров различной линейной принадлежности при применении разных типов подбора в условиях промышленного комплекса.

Условия, материалы и методы. Объектом исследований являлись коровы голштинской породы, которые на момент исследований имели три и более лактации, в количестве 249 голов. По данным зоотехнического учета программы «СЕЛЭКС» из данного количества выборки коровы были сформированы по группам в зависимости от метода выведения: 104 головы, полученные путем внутрилинейного подбора, 145 голов – межлинейного подбора.

Статистическая обработка данных проведена с помощью программы MS Excel. Оценка достоверности различий между средними значениями показателей в группах животных проведена по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Анализ таблицы 1 показывает, что лучшими по удою среди остальных линий были первотелки линии Пабст Говернера (8517 кг молока), их превосходство составило по удою 257 кг по сравнению с наименьшим значением, а по жирности молока – 0,23%, но численность поголовья невысока. При этом по третьей лактации от них молока было получено меньше, но более жирно- и белковомолочное. Коровы линии Р. Соверинга, имея более низкий удой по первой лактации (8260 кг) с меньшим содержанием жира (4,01%) и средним содержанием белка (3,32%), к третьей лактации увеличили продуктивность до 10407 кг (на 26%).

Таблица 1 – Продуктивность коров разных линий

Линия	n	Удой, кг	разница	МДЖ, %	разница	МДБ, %	разница
1 лактация							
			± к РС		± к РС		± к РС
Вис Бэк Айдиал	95	8316±93	+56	4,08±0,03	+0,07	3,31±0,01	-0,01
Рефлекшн Соверинг	146	8260±80	-	4,01±0,02	-	3,32±0,01	-
Пабст Говернер	8	8517±278	+257	4,24±0,15	+0,23	3,30±0,03	-0,02
3 лактация							
			± к ПГ		± к ПГ		± к ПГ
Вис Бэк Айдиал	95	10333±138	+362	4,12±0,03	-0,35*	3,41±0,01	-0,06
Рефлекшн Соверинг	146	10407±124	+436	4,23±0,02	-0,25	3,46±0,01	-0,01
Пабст Говернер	8	9971±632	-	4,47±0,15	-	3,47±0,04	-

Примечание: сравнение с наименьшим значением по удою
РС – Рефлекшн Соверинг; ПГ – Пабст Говернер

В хозяйстве используют различные типы подбора – как внутрилинейный, так и межлинейный. В хозяйстве был осуществлен внутрилинейный подбор линий Р. Соверинг и В.Б. Айдиала, результаты анализа которого представлены в таблице 2, а также сочетаемость линий при кроссах. Для анализа были взяты те сочетания, в которых количество животных равно 5 и более.

Таблица 2 – Продуктивность коров при внутрилинейном подборе

Линия	n	Удой, кг	± к ВБА	МДЖ, %	± к ВБА	МДБ, %	± к ВБА
1 лактация							
РС	80	8385±106	+71	4,06±0,04	-0,13	3,31±0,01	-0,03
ВБА	24	8314±209	-	4,19±0,07	-	3,28±0,02	-
3 лактация							
РС	80	10254±167	+31	4,23±0,03	+0,05	3,47±0,01	+0,05
ВБА	24	10223±194		4,18±0,06		3,42±0,03	

При внутрилинейном подборе различий по удою между коровами линий не наблюдалось. По первой лактации коровы, полученные в линии В.Б. Айдиала, имели наибольший показатель жирномолочности – 4,19%. В линии Р.Соверинга отмечается более высокий показатель содержания белка – 3,31%. За третью лактацию по жирности и белковости молока коровы линии Р. Соверинга превосходят коров линии В.Б. Айдиала на 0,05абс. %.

Таблица 3 – Сочетаемость линий коров-первотелок

Линия О × М	n	Удой, кг	разница	МДЖ, %	разница	МДБ, %	разница
± к РС							
РС-РС	80	8385±106	-	4,06±0,04	-	3,31±0,01	-
РС - ВБА	42	8312±154	-73	3,96±0,04	-0,10	3,32±0,01	+0,01
РС - МЧ	12	7902±306	-483	4,04±0,08	-0,02	3,37±0,06	+0,06
РС - ПГ	12	7604±160	-781***	3,89±0,10	-0,17	3,28±0,02	-0,03
± к ВБА							
ВБА -ВБА	24	8314±209	-	4,19±0,07	-	3,28±0,02	-
ВБА - РС	55	8310±123	-4	4,00±0,04	-0,19*	3,31±0,01	+0,03
ВБА - МЧ	13	8353±213	+39	4,17±0,09	-0,02	3,34±0,05	+0,06

Примечание: РС –Рефлекшн Соверинг; ВБА – Вис Бэк Айдиал; МЧ –Монтвик Чифтейн; ПГ-Пабст Говернер; ***– Р≥0,999

Анализируя сочетаемость линий (см. табл.3), можно отметить, что у коров от внутрилинейного подбора удой был на 781-73кг выше по сравнению с кроссами, а также массовая доля жира – разница составила 0,17-0,02абс.%. По содержанию белка лучшими были первотелки от кросса Р. Соверинга – Монтвик Чифтейна(разница +0,06абс.%).

К третьей лактации картина несколько изменилась – таблица 4.

Таблица 4 – Сочетаемость линий коров по третьей лактации

Линия О × М	n	Удой, кг	разница	МДЖ, %	разница	МДБ, %	разница
± к РС							
РС -РС	80	10254±167	-	4,23±0,03	-	3,47±0,01	-
РС - ВБА	42	10424±216	+170	4,31±0,04	+0,08	3,48±0,01	+0,01
РС - МЧ	12	10947±531	+693	4,13±0,12	-0,10	3,41±0,03	-0,06
РС - ПГ	12	10825±426	+571	4,04±0,06	-0,19**	3,48±0,03	+0,01
± к ВБА							
ВБА -ВБА	24	10223±194	-	4,18±0,06	-	3,42±0,03	-
ВБА - РС	55	10218±188	-5	4,10±0,04	-0,08	3,41±0,01	-0,01
ВБА - МЧ	13	11020±475	+797	4,15±0,11	-0,03	3,40±0,04	-0,02

Примечание: **– Р≥0,99

Удой у коров, полученных в результате кроссов, стал выше, чем у коров от внутрилинейного подбора. Так, наибольшаяразница была в результате кросса Р. Соверинга – Монтвик Чифтейна: +693 кг и Р. Соверинга – Пабст Говернера: + 571 кг. Но по содержанию жира достоверное превосходство было у коров от внутрилинейного подбора (+0,19абс.%, при Р≥0,99) в сравнении с кроссом Р. Соверинга – Пабст Говернера, а с кроссом Р. Соверинга – Монтвик Чифтейна: по содержанию жира +0,10 абс.%и содержанию белка – +0,06 абс.%.

Удой коров кросса линии В.Б. Айдиала – Монтвик Чифтейна также был выше в сравнении в внутрилинейным подбором. Но по качественным показателям молока внутрилинейный подбор был более результативным.

Сравнение прямых и обратных кроссов линий приведено в таблице 5.

Таблица 5 –Результаты оценки прямых и обратных кроссов

Кросс				Разница между кроссами		
	n		n	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
1 лактация						
РС - ВБА	42	ВБА - РС	55	+2	+0,04	-0,01
3 лактация						
РС - ВБА	42	ВБА - РС	55	+206	+0,21***	+0,07***

Примечание: ***– Р≥0,999

В данной выборке оказалось только одно сочетание кроссов.Коровы, полученные при прямом кроссе линий Р. Соверинга – В.Б. Айдиала, имеют превосходство над животными из обратного кросса, наибольшая разница была по третьей лактации– +206 кг по удою и высокодостоверна – по содержанию жира и белка: +0,21 абс.%и +0,07 абс.%.

Выводы. В данном стаде наибольшей продуктивностью обладали коровы, полученные в результате внутрилинейного подбора. За исключением третьей лактации, где удой коров разных

кроссов был незначительно выше, но содержание жира и белка – ниже.Между прямым и обратным-кроссом превосходство было у коров прямого кросса Р. Соверинга – В.Б. Айдиала, достоверно – по содержанию жира и белка.Таким образом, для повышения молочной продуктивности в стаде следует использовать внутрилинейный подбор.

Литература

1. ***Филинская О.В., Герасимова Л.Ю.*** Продуктивные качества коров разных генотипов // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. № 2(46). С. 32-36.
2. ***Швечихина Т.Ю.*** Эффективность производства молока коров чёрно-пёстрой породы разных линий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (105). С. 271–275
3. ***Игнатьева Н.Л., Воронова И. В., Тобоев Г.М.*** Внутрилинейный подбор и кросс линий при создании племенных стад в молочном скотоводстве // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (17). С. 67-72.
4. ***Муравьева Н.А., Зверева Е.А.*** Анализ результатов разных вариантов подбора в селекции по продуктивным признакам коров ярославской породы // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 1 (37). С. 42-47.
5. ***Долина Д.С.*** Влияние типа подбора на продуктивные качества коров / Д.С. Долина, Е.В. Давыдович, А.В. Мартынов, М.Н. Кох, Л.В.Шульга// Современные достижения и актуальные проблемы животноводства: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию биотехнологического факультета и кафедр генетики и разведения с.-х.животных, технологии производства продукции и механизации животноводства, кормления с.-х.животных. Витебск, 2023. С. 30-33.
6. ***Камалтдинов В.Р., Кочнев Н.Н.*** Влияние различных форм подбора на показатели молочной продуктивности коров голштинской породы в условиях ООО «Сибирская Нива» // Теория и практика современной аграрной науки: сборник VII национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 2024.С. 378-382.
7. ***Абдулхаликов Р.З.*** Продуктивные особенности голштинских коров при внутрилинейном подборе и реципрокном кроссе линий /Р.З. Абдулхаликов, Т.Т. Тарчоков, З.М. Айсанов, М.Г. Тлейншева, З.С. Хасанова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 3(37). С. 45–57.
8. ***Мухтарова О.М.*** Молочная продуктивность коров в зависимости от типов и методов подбора и сочетаемости линий // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 5-2 (119). С. 67-70.

Поступила в редакцию: 07.02.2025 г.
Принята к публикации: 04.03.2025 г.

Филинская О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, **Шаехова Н.А.,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **ФГБОУВО «ЯрославскийГАУ»,** Россия, г.Ярославль**,** e-mail: o.filinskaya@yarcx.ru

УДК 619:615.322+636.4

Волчёнков Ю.А., аспирант, e-mail: y.volchenkov@mail.ru
ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», г. Боровск, Россия
Volchenkov Yu.A. graduate student, e-mail: y.volchenkov@mail.ru
Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition, branch of the Federal Research Center of Animal Husbandry, Ernst VIZh, Borovsk, Kaluga oblast, Russian Federation

ВЛИЯНИЕ ЭФИРНЫЙ МАСЕЛ КОРИАНДРА ПОСЕВНОГО И ФЕНХЕЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ У СВИНЕЙ В ПОСЛЕОТЪЕМНЫЙ ПЕРИОД

(Effect of coriander and fennel essential oils on morphological and biochemical parameters of blood in pigs in the post-weaning period)

Аннотация. Безопасное и органическое производство животноводческой продукции является ключевой задачей отечественного агропромышленного комплекса. Поиск и апробация фитобиотических кормовых добавок для обогащения рационов позволит реализовать генетический потенциал продуктивности современных пород свиней. Особое внимание уделяют вторичным метаболитам растений – эфирным маслам, которые имеют аналогичные антибиотикам свойства, но обладающие меньшим негативным воздействием на организм. Целью работы являлось определение влияния эфирных масел кориандра и фенхеля на морфологический и биохимический статус поросят-отъемышей. Двум опытным группам дополнительно вводили эфирные масла кориандра и фенхеля в количестве 0,5 мл на голову в сутки на протяжении 30 дней. Использование фитобиотиков не выявило отрицательного воздействия и положительно сказалось на обменных процессах, что подтверждалось результатами проведенных анализов. Наблюдается достоверное повышение общего белка в опытных группах (8,61-8,69%), повышение уровня глюкозы (99,3-123,8%), активизация щелочной фосфатазы с интенсификацией минерального обмена. Достоверное влияние эфирного масла фенхеля на увеличение концентрации железа в крови позволит профилактировать железодефицитную анемию новорожденных поросят.

Ключевые слова: поросята-отъемыши, фитобиотики, эфирные масла, кориандр посевной, фенхель обыкновенный, биохимический статус, обмен веществ.

Annotation. Safe and organic production of livestock products is a key task of the domestic agro-industrial complex. Search and approbation of phytobiotic feed additives for ration enrichment will allow to realise the genetic potential of productivity of modern pig breeds. Special attention is paid to secondary metabolites of plants - essential oils, which have similar properties to antibiotics, but with less negative impact on the body. The aim of the work was to determine the effect of coriander and fennel essential oils on morphological and biochemical status of weanling piglets. Two experimental groups were additionally administered coriander and fennel essential oils in the amount of 0.5 ml per head per day for 30 days. The use of phytobiotics showed no negative effects and had a positive effect on metabolic processes, which was confirmed by the results of analyses. The increase of total protein in the experimental groups by 8,61-8,69%, increase of glucose level by 99,3% and 123,8% within the reference range, increase of alkaline phosphatase activity with intensification of mineral metabolism were revealed. Significant effect of fennel essential oil on the increase of iron concentration in blood will prevent iron deficiency anaemia of newborn piglets.

Key words: weanling piglets, phytobiotics, essential oils, sown coriander, common fennel, biochemical status, metabolism.

Введение. Оптимизация объемов производства мясной продукции невозможна без сохранения здоровья молодняка свиней, в особенности в послеотъемный период, когда поросята наиболее подвержены факторам внешней среды [1]. Снижение резистентности организма на фоне отъема зачастую проявляется диарейным синдромом, что оказывает отрицательное влияние на динамику роста и в худшем случае приводит к падежу. На крупных свиноводческий комплексах с целью профилактических мер, а также в качестве стимуляторов роста, используют кормовые антимикробные препараты, которые подавляют патогенную микрофлору и стабилизируют состояние животного [2, 3]. Однако неравномерное поступление антибиотика в субтерапевтических дозах приводит к появлению устойчивых форм микроорганизмов, что осложняет возможность дальнейшего лечения и негативно сказывается не только на состоянии животного, но и подвергается риску здоровье конечного потребителя – человека [4].

В ряде стран Европейского Союза, США и Канаде действуют ограничительные меры по применению кормовых форм антибиотиков. Необхо-

димость этого подтверждена тем, что на 2010 год мировой уровень кормовых антибиотиков в кормлении сельскохозяйственных животных достиг 63 тыс. тонн, где на кг живой массы свиньи приходится 148 мг. Российская федерация, нацеленная на получение безопасной животноводческой продукции, утвердила ряд законов, направленных на животноводческий сектор страны. В декабре 2021 года принят законопроект, ограничивающий применение кормовых форм антибиотиков в кормлении сельскохозяйственных животных [5, 6].

На основании этого повышается актуальность поиска и апробирования новых кормовых добавок на основе растительного сырья [7, 8]. Для повышения резистентности и продуктивности свиней в послеотъемный период предложено использовать добавки на основе вторичных метаболитов растений – эфирные масла (ЭМ) [8]. Проявление эфирными маслами антибактериальной, противовоспалительной, иммуномодулирующей и антиоксидантной активности позволяет использовать их в качестве фитобиотической кормовой добавки широкого спектра действия [9-11].

Цель исследования – оценить влияние эфирных масел кориандра посевного и фенхеля обыкновенного на морфологический и биохимический статус крови у поросят-отъемышей.

Материалы и методы исследвоаний

Экспериментальные исследования были проведены в условиях лаборатории иммунобиотехнологии и микробиологии и вивария ВНИИФБиП. Объектом исследования являлись 15 двухгибридных поросят-отъемышей (F-1: ландрас×дюрок), в возрасте 45 суток и начальной живой массой 11,95-12,56 кг. Для проведения опыта были сформированы 3 группы животных методом параналогов: контрольная, I и II опытные (табл. 1). Все животные получали основной рацион – полнорационный комбикорм СК 4. Поросята из I опытной группы дополнительно к рациону получали эфирное масло кориандра посевного, из II опытной группы – эфирное масло фенхеля обыкновенного. Введение эфирных масел осуществляли путем аэрозольного напыления на полнорационный комбикорм. Продолжительность исследования составила 30 суток. Испытуемые добавки в необходимом количестве были получены из Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма («НИИСХ Крыма») в рамках научного сотрудничества. Компонентный состав эфирных масел включал в себя следующие действующие вещества: для кориандра – линалоол (70,2%), для фенхеля – анетол (68,1%).

Таблица 1– Схема проведения научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество животных	Характеристика кормления
Контрольная	5	Основной рацион (ОР)
I опытная	5	ОР + 0,5 мл ЭМ кориандра на гол/сут
II опытная	5	ОР + 0,5 мл ЭМ фенхеля на гол/сут

По завершению эксперимента были отобраны образцы крови из подкожной брюшной вены (n=5) в два типа пробирок: К2ЭДТА – для оценки морфологического статуса, с активатором свертывания – для биохимических показателей. Морфологические показатели крови определяли на автоматическом гематологическом анализаторе DYMIND DF 50 («DYMIND», Китай), биохимические – на автоматическом биохимическом анализаторе Erba XL-100 («Lachema s.r.o.», Чехия) согласно установленным производителем методикам. Определяли показатели белкового, липидно-углеводного и минерального обменов, эритроциты, лейкоциты, гемоглобин и гематокрит. Сыворотку получали путем центрифугирования образцов крови при 3500 об/мин в течение 15 мин и с последующим распределением полученного материала по пробиркам типа «эппендорф» и хранением при температуре -20 ℃ в лабораторном холодильнике.

Результаты исследований и их обсуждение

Для оценки обмена веществ поросят-отъемышей на фоне применения эфирных масел кориандра и фенхеля, были проанализированы данные, полученные в ходе морфологического и биохимического анализов, которые представлены в таблице 2.

Полученные в ходе эксперимента результаты, согласно литературным данным, входили в референсный интервал [12, 13].

Сбалансированность кормления оценивается не только по зоотехническому анализу кормов, но и по белковым показателям крови. Исследование белкового обмена показало достоверные различия между контрольной и опытными группами. Наблюдается повышение общего белка в образцах сыворотки в I и II опытных группах на 8,61-8,69% ($p<0,05$) за счет увеличения белковых фракций: содержание альбумина в I и II опытных группах было выше на 27,8% и 20,9% ($p<0,01$). Коэффициент А/Г в I опытной группе был достоверно выше на 34,3 %, во II опытной увеличение соотношений белковых фракций наблюдалось на уровне тенденции. Конечным продуктов распада белка является мочевина, уровень которой в опытных группах менялся в большую сторону на 62,05% ($p<0,05$) и 99,4% ($p<0,01$). В I и II опытных группах концентрация креатинина коррелирует с уровнем мочевины и по отношению к контролю была выше на 20,1 % ($p<0,05$) и 33,87% ($p<0,01$).

Таблица 2 – Морфо-биохимические показатели крови, (M±m, n=5)

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	Норма [12]
Общий белок, г/л	46,22±0,94	50,2±0,70*	50,24±1,23*	46-73
Альбумин, г/л	18,2±0,82	23,26±0,89**	22,02±0,55**	16-40
Глобулин, г/л	28,02±1,15	26,9±1,89	28,22±2,48	20-46
А/Г	0,64±0,03	0,86±0,06*	0,78±0,08	0,4-1,7
Креатинин, ммоль/л	78,23±4,81	93,99±3,65*	104,73±2,93**	88-239
Мочевина, ммоль/л	3,4±0,66	5,51±0,54*	6,78±0,74*	3,4-9,4
Общий билирубин, мкмоль/л	0,47±0,07	1,18±0,14**	0,78±0,07*	1,7-3,4
АЛТ, МЕ/л	39,52±1,67	82,3±3,65***	85,6±4,03***	14-90
АСТ, МЕ/л	18,26±0,77	37,6±1,42***	39,56±1,18***	13-95
Щелочная фосфатаза, ммоль/л	98,4±11,58	165,8±12,79**	153,4±7,36**	70-858
Холестерин, ммоль/л	1,23±0,11	2,36±0,21**	2,14±0,07***	1,5-3,7
Триглицериды, ммоль/л	0,49±0,12	0,82±0,03*	0,97±0,07*	0,2-1,2
Глюкоза, ммоль/л	2,93±0,2	5,84±0,24***	6,56±0,25***	1,1-7,0
Кальций, ммоль/л	1,42±0,09	2,43±0,28*	2,06±0,18*	1,8-3,7
Фосфор, ммоль/л	2,41±0,18	2,81±0,16	2,75±0,06	2,3-4,8
Магний, ммоль/л	0,74±0,13	0,94±0,07	0,98±0,04	0,9-1,8
Железо, ммоль/л	18,02±0,9	18,1±1,46	31,16±1,9***	13-40
Эритроциты, 10^{12}/л	6,14±0,20	6,19±0,17	6,74±0,19	6-7,5
Лейкоциты, 10^{9}/л	19,6±0,7	20,18±0,63	26,5±0,69***	10-22
Гемоглобин, г/л	112,2±2,24	113,5±4,5	124,6±3,51*	99-119
Гематокрит, %	33,62±1,21	34,92±1,12	38,1±1,68	39-43

*Примечание: *(p<0,05), **(p<0,01), ***(p<0,001) по t-критерию при сравнении с контрольной группой*

Использование эфирных масел позволило повысить уровень глюкозы в крови в пределах референса на 99,3% (p<0,001) и 123,8% (p<0,001), что является положительным фактором в профилактике алиментарной гипогликемии у новорожденных поросят. Уровень холестерина в сыворотке опытных образцов был выше на 91,8% (p<0,01) и 73,9% (p<0,001), в отличие от контрольных, где результат не вошел в референсный интервал значений. Концентрация триглицеридов во всех группах находилась в пределах нормы, однако у животных, получающих эфирные масла, наблюдалось достоверное повышение на 67,3% (p<0,05) и 97,9% (p<0,05), что коррелирует с повышением глюкозы.

Согласно полученным данным, уровень концентрации АЛТ и АСТ не превысил допустимые значения (p<0,001). Повышение активности фермента щелочной фосфатазы наблюдалось в I опытной группе на 68,4%, во II – на 55,8% (p<0,01). Активность фермента коррелирует с повышением концентрации показателей минерального обмена, что указывает на активизацию роста костной ткани у молодняка свиней. Наблюдается увеличение концентрации фосфора, магния и кальция (p<0,05) в крови животных, получающих эфирные масла. Эфирное масло фенхеля обыкновенного положительно сказалось на концентрации железа, где относительно контрольной группы повышение составило 72,9% (p<0,001), что потенциально можно использовать в качестве профилактики железодефицитной анемии поросят-сосунов.

Результаты морфологического анализа крови, в целом, находились в референтном интервале [14]. Во II опытной группе прослеживается тенденция к повышению уровня эритроцитов. Количество лейкоцитов во всех группах находится на верхней границе нормы, однако у животных, получающих эфирное масло фенхеля, наблюдался небольшой лейкоцитоз (p<0,001), что указывает на формирование естественной резистентности. Повышенное содержание белых кровяных телец характерно для молодняка свиней. С возрастом, до 4-6 месяцев, происходит постепенное снижение количества лейкоцитов [15]. Значительных изменений уровня гематокрита между группами не наблюдалось, однако прослеживается достоверное увеличение количества гемоглобина во II опытной группе на 11,05 % (p<0,05), что может являться индикатором мясной продуктивности [16].

Выводы. Использование в качестве кормовой добавки эфирных масел кориандра посевного и фенхеля обыкновенного не оказало негативного влияния на организм поросят в послеотъемный период, на что указывали морфологические и биохимические показатели крови, по результатам которых прослеживалась интенсификация обменных процессов. Положительное влияние фитобиотиков на обмен веществ свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения используемых вторичных метаболитов в кормлении молодняка свиней.

Литература

1. ***Буяров, В.С.*** Современные технологии производства свинины: учебное пособие / В.С. Буяров, О.А. Михайлова, А.В. Буяров, В.В. Крайс // Орел: Орел ГАУ. 2014. 184 с.
2. ***Pronin A.V.*** The adaptogenic and neuroprotective properties of lithium ascorbate / A.V. Pronin, O.A. Gromova, I.S. Sardaryan, I.Y. Torshin, E.V. Stel'mashuk, O.P. Aleksandrova, E.E. Genrikhs, L.G. Khaspekov, K.S. Ostrenko // The adaptogenic and neuroprotective properties of lithium ascorbate. Neuroscience and Behavioral Physiology. 2018. V. 48. № 4. P. 409-415.
3. ***Volchenkov Yu., Ostrenko K.*** The effect of essential oils from the coriander and fennel fruits on the weight and hematological parameters of piglets during the rearing period / Yu. Volchenkov, K. Ostrenko // BIO Web of Conferences. 2024. V.139. P. 11009.
4. ***Волчёнкова А.В.*** Сравнение бактерицидного и фунгицидного действия эфирного масла лаванды узколистной с эфирными маслами кориандра посевного, фенхеля обыкновенного и с современными антибиотиками / А.В. Волчёнкова, А.Н. Овчарова, К.С. Остренко, Н.В. Невкрытая // Проблемы биологии продуктивных животных. 2024. №2. С. 56-53.
5. ***Волчёнкова А.В.*** Влияние эфирных масел лаванды узколистной, кориандра посевного и фенхеля обыкновенного на микроорганизмы различной таксономической принадлежности в сравнении с современными антибиотиками / А.В. Волчёнкова, А.Н. Овчарова, К.С. Остренко, Н.В. Невкрытая // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2024. Т. 13. № 1. С. 348-352.
6. ***Волчёнков Ю.А.*** Влияние добавки эфирных масел кориандра и фенхеля на общее физиологическое состояние и скорость роста у поросят в период доращивания / Ю.А. Волчёнков, К.С. Остренко // Проблемы биологии продуктивных животных. 2024. №4. С. 5-11.
7. ***Остренко К.С.*** Пробиотическая кормовая добавка "цитоспорин" и ее влияние на продуктивность свиней на откорме / К.С. Остренко, М.И. Карташов, Ю.А. Волченков // Свиноводство. 2024. № 1. С. 39-42.
8. ***Овчарова А.Н.*** Влияние эмульсий эфирных масел кориандра посевного и фенхеля обыкновенного на морфологические показатели крови телят / А.Н. Овчарова, К.С. Остренко, Н.В. Невкрытая, К.С. Кольцов // Таврический вестник аграрной науки. 2024. №4. С. 169-182.
9. ***Захаров В.А.*** Эффективность использования биологически активных добавок в кормлении свиноматок и поросят / В.А. Захаров, А.Н. Бетин, Е.В. Слотина // Вестник ФГБОУ ВПО РГАТУ: Сельскохозяйственные науки. 2015. №1. С. 23–27.
10. ***Невкрытая Н.В.*** Анализ плодов кориандра посевного и фенхеля обыкновенного как источника фитобиотиков для молодняка крупного рогатого скота / Н.В. Невкрытая, Е.Н. Грунина, О.Б. Скипор, Н.А. Каширина, А.Н. Овчарова, К.С. Остренко // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 3(35). С.158-169.
11. ***Шарипов Х.С.*** Противовоспалительные свойства кориандрового и лимонного эфирных масел при экспериментальных артритах / Х.С. Шарипов // Вестник Авиценны. 2009. № 2. С. 147-151.
12. ***Гусев И.В.*** Контроль биохимического статуса свиней и коров: руководство / Гусев И.В., Боголюбова Н.В., Рыков Р.А., Левина Г.Н. // Дубровицы: ФГБНУ ВИЖ им Л.К. Эрнста. 2019. 40 с.
13. ***Некрасов Р.В.*** Биохимический статус и продуктивные качества свиней (*Sus scrofa domesticus*) при моделировании стресса и его коррекции / Р.В. Некрасов, Н.В. Боголюбова, К.С. Остренко, М.Г. Чабаев, И.В. Кутьин, П.Д. Лахонин, А.А. Семенова, В.А. Пчелкина, В.В. Насонова, С.И. Лоскутов, Р.А. Рыков, Ю.А. Прытков // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 4. С. 638-659.
14. ***Гимадеева Л.С.*** Сравнительная оценка гематологических показателей свиней разных технологических групп / Л.С. Гимадеева, И.В. Гусев, В.А. Рыжков, Р.А. Рыков // Известия ОГАУ. 2015. №5. С. 148-151.
15. ***Ошуркова Ю.Л.*** Гематологические показатели крови молодняка свиней по данным автоматизированного анализа / Ю.Л. Ошуркова, Л.Л. Фомина, Е.С. Ткачева, М.Н. Ошуркова // Молочнохозяйственный вестник. 2020. №4. С. 88-98.
16. ***Рудишин О.Ю.*** Взаимосвязь уровня гемоглобина с некоторыми гематологическими показателями и мясными качествами у свиней / О.Ю. Рудишин, С.В. Бурцева, И.Д. Семенова, Д.Б. Лыткина // Перспективное свиноводство: Теория и практика. 2011. № 3.

Поступила в редакцию: 04.02.2025 г.
Принята к публикации: 12.03.2025 г.

Волчёнков Ю.А., аспирант, e-mail: y.volchenkov@mail.ru Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста), г. Боровск, Россия

УДК 636.084

Ловчикова Е.И., кандидат экономических наук, доцент
Lovchikova E.I., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Волченкова А.С., кандидат экономических наук, доцент
Volchenkova A.S., Candidate of Economy Science, associate Professor
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»
Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education
«Orel State Agrarian University named after N.V Parahina»
E-mail: ei.lovchikova@orelsau.ru, a-erinskaya@yandex.ru

СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ КОРМОПРОИЗВОДСТВА В РЕГИОНАЛЬНОМ АПК

(State and problems of forage production in the regional agro-industrial complex)

Аннотация. В статье проанализировано современное состояние кормопроизводства в сельскохозяйственных организациях Орловской области, выявлены проблемные аспекты и обозначены перспективы развития. Проведенная нами оценка структуры себестоимости производства животноводческой продукции в сельскохозяйственных организациях Орловской области показала, что на долю кормовой базы приходится 63 % всех производственных затрат. Обеспеченность кормами является основополагающим показателем оценки кормовой базы в животноводстве, отражая достигнутый уровень кормления. Общая обеспеченность кормами поголовья скота (без свиней и птицы) в расчете на одну условную голову в 2023 г. составила 89,4 %, что ниже уровня предыдущего года. Проблему неудовлетворения потребности в кормах в физических единицах измерения можно решить двумя способами, с одной стороны, за счет повышения урожайности кормовых культур, с другой – за счет расширения их посевных площадей. В целом в хозяйствующих субъектах Орловской области за период с 2018 по 2023 гг. наблюдался рост размера посевных площадей, однако под кормовыми культурами происходит значительное ее снижение с 102,5 до 72,9 тыс. га. Наряду со снижением производства собственных кормов, уменьшился расход кормов в расчете на одну условную голову крупного рогатого скота. Таким образом, недостаточный уровень сформированности кормовой базы как по посевным площадям кормовых культур, так и по их питательной ценности, является одним из сдерживающих факторов развития отрасли животноводства в регионе. Резерв увеличения производства кормов возможен за счет экстенсивных факторов развития кормопроизводства.

Ключевые слова: кормопроизводство, эффективность, животноводство, обеспеченность кормами, кормовая база, региональный агропромышленный комплекс.

Annotation. The article analyzes the current state of forage production in agricultural organizations of the Oryol region, identifies problematic aspects and outlines development prospects. Studies have shown that forage production today is a key sub-sector of agriculture, influencing the development of crop production, livestock farming, food and processing industries, restoration of soil fertility, environmental protection and the ecological state of rural areas. Our assessment of the cost structure of livestock production in agricultural organizations of the Oryol region showed that the feed base accounts for 63% of all production costs. The feed base in agricultural organizations of the region is formed mainly at the expense of feed of their own production. Feed availability is a fundamental indicator for assessing the feed base in animal husbandry, reflecting the achieved level of feeding. The total feed availability of livestock (excluding pigs and poultry) per conventional head in 2023 was 89.4%, which is lower than the level of the previous year. The problem of unmet need for feed in physical units of measurement can be solved in two ways, on the one hand, by increasing the yield of forage crops, on the other hand, by expanding their sown areas. In general, in the economic entities of the Oryol region for the period from 2018 to 2023, there was an increase in the size of sown areas, but there is a significant decrease under forage crops from 102.5 to 72.9 thousand hectares. Along with a decrease in the production of own feed, feed consumption per one conventional head of cattle decreased. Thus, the insufficient level of formation of the feed base both in terms of sown areas of forage crops and their nutritional value is one of the restraining factors in the development of the livestock industry in the region. The reserve for increasing feed production is possible due to extensive factors in the development of forage production.

Key words: forage production, efficiency, livestock farming, forage availability, forage base, regional agro-industrial complex.

В основе ускоренного развития животноводства наряду с формированием высокопродуктивного поголовья скота, лежит создание, в первую очередь, прочной кормовой базы и обеспечение отрасли биологически полноценными кормами [7]. Только в этом случае возможна полная реализация биологического потенциала продуктивности и продуктивного долголетия животных [1], а эффективность дальнейших аграрных преобразований в значительной степени зависит от темпов и масштабов развития кормопроизводства региональных агропромышленных комплексов.

Проведенная нами оценка структуры себестоимости производства животноводческой продукции в сельскохозяйственных организациях Орловской области показала [2], что на долю кормовой базы приходится 63% всех производственных затрат. Кормовая

база в сельскохозяйственных организациях региона формируется в основном за счет кормов собственного производства. В 2022 г. на их долю приходилось в среднем 92,3% всех затрат на корма. Однако в разрезе подотраслей животноводства данный показатель варьируется: по скотоводству этот показатель составлял 70%, а в свиноводстве – 99 процентов.

Обеспеченность кормами является основополагающим показателем оценки кормовой базы в животноводстве, отражая достигнутый уровень кормления [3]. На основании фактических объемов производства и потребности в кормах была определена обеспеченность сельскохозяйственных организаций Орловской области грубыми, сочными и концентрированными кормами (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Обеспеченность кормами сельскохозяйственных организаций Орловской области по состоянию на 1 ноября 2023 г. и аналогичную дату 2022 года

Показатели	Ед. изм.	2022 г.	2023 г.	Темп роста, %
Обеспеченность кормами поголовья скота (без свиней и птицы) в расчете на одну условную голову	%	89,6	89,4	-0,2 п.п.
Грубые корма				
Заготовлено грубых кормов	тыс. т	275,0	315	114,5
	тыс. т корм. ед.	74,30	106,95	143,9
Потребность в грубых кормах на зимне-стойловый период	тыс. т	271	330	121,8
	тыс. т корм. ед.	92,5	112,2	121,3
Обеспеченность грубыми кормами (по питательной ценности кормов)	%	80,3	95,3	15,0 п.п.
Сочные корма				
Заготовлено сочных кормов	тыс. т	423	400	94,6
	тыс. т корм. ед.	76,14	72	94,6
Потребность в сочных кормах на зимне-стойловый период	тыс. т	420	501	119,3
	тыс. т корм. ед.	75,6	90,2	119,3
Обеспеченность сочными кормами (по питательной ценности кормов)	%	100,7	79,8	-20,9 п.п.
Зернофураж				
Засыпано зернофуража для общественного животноводства из собственного урожая текущего года	тыс. т	92	109	118,5
	тыс. т корм. ед.	87,4	103,55	118,5
Потребность в зернофураже для общественного животноводства из собственного урожая текущего года	тыс. т	92	109	118,5
	тыс. т корм. ед.	92	109	118,5
Обеспеченность зернофуражом (по питательной ценности кормов)	%	95,0	95,0	0

Источник: составлено авторами по данным Департамента сельского хозяйства Орловской области [4]

Анализ выявил, что в 2022 году несмотря на то, что потребность в грубых кормах по количеству была удовлетворена, недостаток по питательной ценности сохранился и к 1 ноября 2023 года составил 4,7%. В целом потребность в сочных кормах в 2022 году была полностью покрыта, однако в 2023 году наблюдается снижение обеспеченности, которое достигло 79,8%. В последние годы животноводство обеспечивается зернофуражом за счет собственного урожая на 95%. Однако, в 2023 году общая обеспеченность кормами крупного рогатого скота (без учета свиней и птицы) снизилась до 89,4% на одну условную голову, что на 0,2 процентных пункта меньше, чем в предыдущем году.

Проблему неудовлетворения потребности в кормах в физических единицах измерения можно решить двумя способами, с одной стороны, за счет повышения урожайности кормовых культур, с другой – за счет расширения их посевных площадей [5].

В целом в хозяйствующих субъектах Орловской области за период с 2018 по 2023 гг. наблюдался рост размера посевных площадей, однако под кормовыми культурами происходит значительное ее снижение с 102,5 до 72,9 тыс. га (см. таблицу 2). Несмотря на рост урожайности кормовых культур за данный период, по каждой из них произошло значительное снижение валового сбора: кормовых корнеплодов - на 16,1 тыс. т, кукурузы на силос – на 82,9 тыс. т, однолетних трав на сено – на 6,4 тыс. т, многолетних трав на сено – на 19,8 тыс. т.

Таким образом, в Орловской области снизилось производство собственных кормов. При этом уменьшился расход кормов в расчете на одну условную голову крупного рогатого скота за период 2019-2023 гг. - с 32,6 до 26,8 ц корм. ед.

Таблица 2 – Динамика посевных площадей, урожайности и валового сбора кормовых культур в Орловской области

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Вся посевная площадь	**1255,9**	**1282,7**	**1313,2**	**1328,6**	**1341,1**	**1331,4**
Площадь кормовых культур, тыс. га, всего:	**102,5**	**93,4**	**83,1**	**83,6**	**83,0**	**72,9**
из них:						
корнеплодные кормовые культуры, включая свеклу кормовую сахарную	0,9	0,9	0,8	0,6	0,6	0,5
кукуруза на зеленый корм, силос и сенаж	23,6	24,0	15,0	16,3	20,0	14,9
однолетние травы на сено	19,8	16,7	13,9	11,7	9,6	9,5
многолетние травы на сено	57,3	51,4	53,1	54,5	52,1	47,5
Урожайность кормовых культур, ц/га:						
корнеплодные кормовые культуры, включая свеклу кормовую сахарную	373,4	304,8	284,0	294,2	331,4	332,7
кукуруза на силос, зеленый корм и сенаж (вес зеленой массы)	260,5	360,4	281,0	269,7	225,5	368,2
сено однолетних трав	21,7	26,0	22,8	20,7	26,1	24,8
сено многолетних трав	26,5	26,6	32,1	27,5	30,5	28,1
Валовый сбор кормовых культур, тыс. т:						
корнеплодные кормовые культуры, включая свеклу кормовую сахарную	32,7	26,4	21,4	18,8	19,4	16,6
кукуруза на силос, зеленый корм и сенаж (вес зеленой массы)	612,9	847,5	418,1	439,6	441,9	530,0
сено однолетних трав	12,6	16,8	10,6	8,0	7,1	6,2
сено многолетних трав	56,7	50,7	56,9	44,1	42,2	36,9

Источник: составлено авторами по данным Территориального органа федеральной службы государственной статистики [6]

Анализируя расход кормов расчете на 1 ц соответствующей продукции следует отметить его уменьшение по таким видам как молоко и привес свиней (рис.2). По привесу КРС данный показатель за 2019-2023 гг. имел увеличение на 1 ц. корм. ед. в расчете на 1 ц продукции.

Следует отметить, что поиск резервов увеличения объемов производства и роста качества кормов для отрасли животноводства Орловской области становится достаточно актуальной проблемой. Учитывая, что в 2023 г. урожайность кормовых культур в сельскохозяйственных организациях Орловской области была максимальной за предшествующие пять лет, резерв увеличения производства кормов возможен за счет экстенсивных факторов развития кормопроизводства, а именно – за счёт расширения посевных площадей кормовых культур.



Рис. 1 – Динамика расхода кормов на производство 1 ц сельскохозяйственной продукции, ц. корм.ед.

Прогнозные значения объемов производства определялись в этом случае как произведение максимальной урожайности на максимально задействованную в анализируемом периоде площадь по видам кормовых культур. Результаты расчетов показали, что в значительной степени может быть достигнуто увеличение объемов производства по многолетним травам на сено и кукурузе на корм (см. таблицу 3). В

2023 году в сельскохозяйственных организациях региона не осуществлялось производство кормов за счет однолетних трав на сено и силосных культур.

Таблица 3 – Резервы увеличения производства кормовых культур в сельскохозяйственных организациях Орловской области

Кормовые культуры	Максимальная урожайность за 2018-2023 гг., ц/га	Максимальная посевная площадь за 2018-2023 гг., га	Объем производства, ц		
			Факт за 2023 г.	Прогноз	Прирост
однолетние травы, убранные на сено	30,0	3823	-*	114690	114690
многолетние травы, убранные на сено	43,3	11656	295640	504704,8	209064,8
кукуруза на корм	391,7	11671	2689389	4571531	1882142
силосные культуры (кроме кукурузы)	128,7	1633	-*	210167,1	210167,1

**-в 2023 году данный виды кормовых культур не были посеяны в сельскохозяйственных организациях*
Источник: составлена авторами по данным Департамента сельского хозяйства Орловской области [6]

Выводы. Таким образом, недостаточный уровень сформированности кормовой базы как по посевным площадям кормовых культур, так и по их питательной ценности, является одним из сдерживающих факторов развития отрасли животноводства в регионе.

В агропромышленном комплексе региона одной из ключевых задач является увеличение объемов производства кормов, снижение их себестоимости и улучшение качественных характеристик. Решение этой проблемы должно строиться на использовании местных ресурсов и потенциала многолетних трав, возрождая и развивая лугопастбищное хозяйство, а также создавая эффективные системы кормопроизводства в сельскохозяйственных предприятиях и укрепляя экономические и организационные основы их работы.

Литература

1. ***Косолапов В. М., Трофимов И. А.*** Кормопроизводство в сельском хозяйстве России // Научное обеспечение кормопроизводства и его роль в сельском хозяйстве экономике, экологии и рациональном природопользовании России: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции». - М.: Угрешская типография, 2013 — 318 с.
2. ***Ловчикова Е.И., Волчёнкова А.С., Зверева Г.П.*** Оценка и перспективы развития кормопроизводства в сельскохозяйственных организациях Орловской области // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции в 4 томах, Майский, 10–11 июня 2024 года. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. С. 185-186.
3. ***Современное животноводство: проблемные аспекты и перспективы развития*** / Е. И. Ловчикова, Г. П. Зверева, А. С. Волченкова [и др.] // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2024. – № 5(111). – С. 157-166.
4. ***Департамент сельского хозяйства Орловской области*** [Электронный ресурс]. URL: http://apk.orel-region.ru/
5. ***Ловчикова, Е.И.*** Управление ресурсным обеспечением кормопроизводства / Е. И. Ловчикова, Г. П. Зверева, А. С. Волченкова // Вестник аграрной науки. – 2024. – № 6(111). – С. 113-121.
6. ***Территориальный орган Федеральной государственной службы государственной статистики по Орловской области*** [Электронный ресурс]. URL: https://57.rosstat.gov.ru/
7. ***Попов В.Д., Сухопаров А.И., Данилова Т.А., Синицина С.М.*** Состояние и пути повышения эффективности кормопроизводства на северо-западе России // Научное обеспечение кормопроизводства и его роль в сельском хозяйстве экономике, экологии и рациональном природопользовании России: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции». - М.: Угрешская типография, 2013 — 318 с.

Поступила в редакцию: 29.01.2024 г.
Принята к публикации: 04.03.2025 г.

Е.И. Ловчикова, кандидат экономических наук, доцент, **А.С. Волченкова,** кандидат экономических наук, доцент ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», e-mail: ei.lovchikova@orelsau.ru, a-erinskaya@yandex.ru

УДК 631.87

Кондратьева О.В., кандидат экономических наук
Полухин А.А., доктор экономических наук
Войтюк В.А., кандидат экономических наук
Слинько О.В., старший научный сотрудник
ФГБНУ «Росинформагротех», п. Правдинский Московской области, Россия
Kondratieva O.V., Ph.D. in Economics
Polukhin A.A., Doctor of Economics
Voityuk V.A., PhD in Economics
Slinko O.V., Senior Researcher, FGBNU "Rosinformagroteh", Ph.
FGBNU "Rosinformagroteh", Pravdinskiy settlement, Moscow region, Russia,
E-mail: inform-iko@mail.ru

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ РФ

(Successful implementation of biological fertilizers in organic agriculture in Russia)

Аннотация. Рассмотрено текущее состояние производств биологических и биотехнологических средств в органическом сельском хозяйстве на 2024 г. в Российской Федерации согласно Перечню биопрепаратов и биоудобрений для органического сельского хозяйства, биологической и интегрированной защиты растений в РФ. Определены ключевые моменты для оптимизации системы удобрения и защиты растений в органическом земледелии. Приведенный ряд исследований биологического разнообразия, который свидетельствует о возможности регулирования биологических процессов в почве в органическом земледелии с целью повышения подвижности минеральных элементов и их доступности растениям. Важным условием для этого является сочетание природных минералов и органических удобрений.

Ключевые слова: органика, биологические удобрения, органическое земледелие, минеральное питание, защита растений, биостимуляторы.

Annotation. The current state of production of biological and biotechnological means in organic agriculture for 2024 in the Russian Federation according to the List of biopreparations and biofertilisers for organic agriculture, biological and integrated plant protection in the Russian Federation is considered. Key points for optimisation of fertilizer and plant protection system in organic farming are identified. Given a number of studies of biological diversity, which indicates the possibility of regulating biological processes in the soil in organic farming to increase the mobility of mineral elements and their availability to plants. An important condition for this is the combination of natural minerals and organic fertilisers.

Key words: organics, biological fertilisers, organic farming, mineral nutrition, plant protection, biostimulants.

Введение. В последнее время органическое земледелие набирает популярность в России, это связано с возросшими требованиями к качеству продуктов питания и устойчивому развитию сельскохозяйственного производства. Одним из ключевых аспектов органического земледелия является использование биологических удобрений, которые способствуют улучшению состава почвы, повышению её плодородия и устойчивости к вредителям и болезням. Этот подход не только соответствует экологическим стандартам, но и позволяет повысить экономическую эффективность сельского хозяйства.

Биологические удобрения представляют собой органические вещества, обогащенные активными микроорганизмами, которые способствуют улучшению структуры почвы и обеспечивают растения необходимыми питательными веществами. В России разрабатываются и внедряются различные стратегии применения этих удобрений, что уже приносит положительные результаты.

Целью исследования – определение наиболее перспективных видов удобрений для органического земледелия.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований использованы эмпирический и количественный методы; информационные ресурсы сайтов Минсельхоза России, Росстата, Фонда поддержки производителей органической продукции, ведущих научных организаций производства органической сельхозпродукции и Союза органического земледелия в 2024 году.

Результаты исследвоаний и их обсуждение

Одна из наиболее сложных проблем в органическом земледелии – обеспечение потребности растений в элементах минерального питания и надежной защиты от различных стрессов в условиях отказа от синтетических минеральных удобрений и химических пестицидов.

При подготовке (производстве) системы питания растений необходимости строго следовать установленным стандартам и регламентам (приложения ГОСТ 33980-2016, Регламент Комиссии ЕС № 889/2008 от 5 сентября 2008 г. или NOP USDA, а также предварительный национальный стандарт для биологических препаратов, который акцентирует внимание на использовании аборигенной флоры и фауны).

Качество исходных материалов должно быть удовлетворительным, что подтверждает важность надлежащего отбора и контроля.

Союзом органического земледелия ежегодно выпускается Перечень биопрепаратов и биоудобрений для органического сельского хозяйства, биологической и интегрированной защиты растений в РФ, в нем приводится список рекомендованных природных материалов и биопрепаратов, которые могут быть использованы для защиты растений и оптимизации их минерального питания в органическом производстве.

В 2024 г. в перечне зафиксирован 91 сертификат соответствия биопрепаратов, допустимых для органического земледелия, к их числу относятся органические удобрения, продукты и отходы растительного происхождения, природные материалы, гуминовые вещества и др. [1] (см. таблицу 1):

Таблица 1 – Сводные показатели производств биологических и биотехнологических средств в органическом сельском хозяйстве на 2024 г.

Средства	Число производств	Число наименований препаратов	Топовые производители / число наименований препаратов
Энтомофаги и опылители для использования в органическом сельском хозяйстве	11	36	• ООО «Фортис» (Россия)/АО «Шетелиг Рус» – 9; • ООО «Летай и Смотри Агро» – 8; • «Биоби» (Израиль) / АО «Шетелиг Рус» – 5
Средства защиты растений, имеющие подтверждение для использования в органическом сельском хозяйстве и госрегистрацию	23	58	• ООО УК «АБТ-групп» – 11; • ООО «Органик парк» (ГК «Биоповатик») – 7; • ООО СХП «Нива» – 6
Средства защиты растений, имеющие подтверждение для использования в органическом сельском хозяйстве без госрегистрации	19	93	• ООО «Торговый Дом «Биопрепарат» –32; • ООО «БИОМ-ПРО» – 22; • ООО «СибБиоТех» – 7; • ООО «РостАгроИмпэкс» («РАИ») – 6
Биологические удобрения, имеющие подтверждение для использования в органическом сельском хозяйстве и госрегистрацию	24	73	• Италполлина С.п.А. – 10; • ООО СХП «Нива» – 10; • ООО «Органик Лайн» – 9; • ООО «Петербургские Биотехнологии» – 6; • ООО «НПИ «Биопрепараты» – 6
Биологические удобрения, имеющие подтверждение для использования в органическом сельском хозяйстве без госрегистрации	8	26	• Италполлина С.п.А. – 10; • ООО «СХП «Нива» (в процессе госрегистрации) – 5; • ООО «Спецхимагро» – 4
Кормовые добавки для животноводства, имеющие подтверждение на использование в органическом сельском хозяйстве	5	12	• ООО «СХП «Нива» – 5; • ООО НВП «БашИнком» – 2; • ООО «БИОТРОФ» – 2; • ООО ПО «Сиббиофарм» – 2
Средства производства с подтверждением на использование в органическом животноводстве	1	1	• ООО «ЭМ- Биотех» – 1

Несмотря на достаточно большой перечень рекомендуемых препаратов и удобрений, вопросы оптимизации системы удобрения и защиты растений в органическом земледелии сохраняют свою актуальность. Рациональное планирование подкормок согласно регионально-климатическому фактору позволит не только улучшить качество большей части урожая, но и сохранить экосистему в целом. Целесообразно использовать методы интроекции, которые позволяют поддерживать оптимальный уровень азота в почве за счет активной симбиотической фиксации, например, при культивировании бобовых растений в сочетании с основными культурами.

Необходимо также вести постоянный мониторинг состояния растений и почвы, что даст возможность своевременно вносить корректировки в схему питания культур. При этом руководство данными анализами поможет учитывать, как среднюю урожайность, так и потенциальные риски потерь, что является важным аспектом для достижения стабильной и качественной продукции при органическом земледелии [2].

Среди наиболее перспективных видов удобрений для органического земледелия относятся органоминеральные (ОМУ) или organo-mineral fertilizers (OMF), под которыми в мировой практике понимаются составы, полученные в результате объединения различными методами неорганических материалов, с высоким содержанием питательных веществ и органической основой. В качестве сырья для производства таких удобрений используются различные органические отходы, что способствует удовлетворению требований рационального использования отходов (рециклинга) в агрономии.

Именно поэтому интерес к созданию таких удобрений в мире растет. Во-первых, такие удобрения содействуют улучшению структуры почвы, увеличивают её водоудерживающую способность и способ-

ствуют развитию полезной микрофлоры. Во-вторых, органоминеральные удобрения содержат как органические, так и минеральные компоненты, что позволяет более эффективно снабжать растения необходимыми элементами.

Так, только за период с 2020 по 2022 г., ежегодно в среднем подается порядка 10-13 заявок на патенты, связанные с новыми видами ОМУ, причем наибольшее их число было получено в Китае (порядка 46), Южной Корее (30) и России (27). В Европейском союзе (Регламент по удобрениям (ЕС) №765/2008) органоминеральные удобрения рассматривают как одну из разновидностей биостимуляторов растений [3].

Основным показателем, характеризующим плодородие почв, является их высокая биологическая активность и содержание гумуса. Отметим, что высокогумусированные плодородные почвы имеют благоприятную для растений структуру, хорошую водоудерживающую способность, достаточный запас питательных веществ (, сбалансированное биоразнообразие и способность аборигенного микробного сообщества противостоять фитопатогенной и патогенной биоте, как местной, так и интродуцированной. Экспериментальным путем установлено, что повышение содержания гумуса даже в дерново-подзолистой почве на 1% увеличивает продуктивность пашни более чем на 25%. Следовательно, создание запасов органического вещества в пахотных землях должно стать первоочередной задачей земледелия.

Вместе с тем наблюдения показывают, что проблема истощения почв в России становится все более актуальной, особенно в определённых агроклиматических зонах, что вызывает негативные изменения в физических и химических свойствах почвы. Уменьшение содержания гумуса представляет собой серьезную угрозу для сельского хозяйства. В черноземных зонах, таких как Омская и Новосибирская области, исследования показывают, что содержание гумуса снизилось до критических уровней – 5,4% и 5,7%, что уже ниже норм для этих почв. В более сухих степных и северных районах ситуация еще хуже: здесь содержание гумуса составляет лишь 4,6% и 3,5%.

Пониженное содержание гумуса ухудшает водный и воздушный режим в почве, что сказывается на способности растений усваивать воду и питательные вещества. Это приводит к снижению урожайности зерновых культур и делает почвы более уязвимыми к эрозии. Таким образом, необходимо разработать эффективные меры по улучшению состояния почв и оптимизации сельскохозяйственных практик, чтобы предотвратить дальнейшее ухудшение ситуации. В Западной Сибири, как и в других районах, наблюдается тревожная тенденция снижения запасов органического вещества в черноземах, за последнее время их уровень уменьшился в два раза, что вызывает серьезные опасения среди экологов и агрономов. Причиной этого является образование слабых мест в естественных процессах превращения веществ, что негативно сказывается на интенсивности почвообразования. Это явление требует внимания, так как здоровые черноземы являются основой для сельского хозяйства и поддержания биоразнообразия в регионе [4].

Развитие органического сельского хозяйства в РФ сегодня находятся на начальной стадии, поэтому предприятиям приходится выстраивать систему по поддержанию плодородия почвы на основе сочетания различных распространенных методов. Данная система подразумевает создание следующих условий [5]:

– создание условий по биологической аккумуляции минеральных веществ из нижних слоев почвы в зону концентрации основной массы корней растений;

– управление микробиологическими процессами в почве посредством агротехнических приемов;

– препятствование вымыванию минеральных веществ из пахотного горизонта за пределы корнеобитаемого слоя. Для этого в севооборот включаются многолетние травы, используются сидеральные и покровные культуры;

– соблюдение севооборота. Один из механизмов связан с различной степенью целлюлозоразлагающей активностью.

Важным аспектом является не только количество применяемых удобрений, но и их эффективность. Каждое растение имеет свои потребности в питательных веществах, также следует учитывать тип почвы, поскольку разные почвы имеют различные запасы минералов и органических веществ. Плодородие почвы играет ключевую роль в раскрытии генетического потенциала сельскохозяйственных культур, его поддержание и воспроизводство возможно лишь при рациональном использовании как органических, так и минеральных удобрений [6].

В российских регионах, где сосредоточено интенсивное производство сельскохозяйственной продукции, характерна чрезмерно высокая антропогенная нагрузка, это связано с массой отходов, производимых в процессе сельскохозяйственной деятельности, в том числе всех форм навоза (порядка 56% всех сельскохозяйственных отходов) и остатков растениеводческой продукции, которые при грамотном подходе могут применяться в качестве основы для производства биоудобрений, а также как компоненты, способствующие восстановлению свойств почвы (см. таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Химический состав навоза различного происхождения

Вид удобрения	Влажность, %	Орг. вещество, %	Содержание питательных элементов, %		
			N (общий)	P_2O5	K_2O
Навоз коровий	93	21	0,50	0,28	0,55
Навоз козий	80	28	0,75	0,25	0,75
Помет куриный	82	30	1,25	0,23	0,53

Таблица 3 – Химический состав соломы сельскохозяйственных культур

Вид соломы	Сухое в-во, %	Орг. в-во, %	Содержание в воздушно-сухой массе, %						
			N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S	зола
Озимая пшеница	86	81	0,5	0,2	0,9	0,3	0,1	1,004	4,9
Озимая рожь	86	82	0,5	0,3	1,0	0,1	0,1	0,16	3,9
Ячмень	86	81	0,5	0,2	1,0	0,3	0,1	0,15	4,5
Рапс	86	80	0,7	0,2	1,0	2,0	0,2	0,3	4,8
Горох	86	81	1,4	0,3	0,5	1,8	0,3	0,32	3,9
Вика	86	81	1,4	0,3	0,6	0,6	0,4	0,5	4,4
Овес	86	79	0,6	0,31	1,6	0,4	0,12	0,17	6,5

Такая органоминеральная смесь, с соответствующим подбором отходов, определяется как сложным компостом с различными свойствами и характеристиками (органические и минеральные, гомогенные и гетерогенные). Разнообразие компонентов компостов также существенно влияет на свойства почвы при проектировании мелиорации почв и учете состава севооборота. Например, содержание органического вещества в почве напрямую связано с применением качественных компостов, что, в свою очередь, влияет на коллоидный состав, pH и емкость катионного обмена. Кроме того, для эффективного связывания 1 кг аммиачного азота требуется около 8 кг фосфогипса. В процессе компостирования фосфогипса и птичьего помета используются влагопоглощающие материалы, такие как солома и стебли кукурузы, что позволяет улучшить физические свойства почвы и повысить её плодородие [7].

Поэтому использование компостированных отходов сельхозпроизводства в качестве органического удобрения улучшает структуру почвы, делая ее более рыхлой и воздухопроницаемой, способствует увеличению корневой системы растений и улучшению доступа кислорода к корням, решает проблемы загрязнения окружающей среды.

К примеру, исследователи *Красноярского ГАУ* смогли получить биологическое удобрение из опилок и птичьего помета в результате переработки их методом вермикультуры [8]; ученые из Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН (СФНЦА РАН) разработали комплексное удобрение на основе птичьего помета, которое способно восстановить «здоровье» почвы [8]; *Вятского ГАУ* – разработали уникальное удобрение для засоленных почв на основе серогрунтовой смеси [9]; *в Воронежском ГАУ имени Императора Петра I, совместно* с *компанией «Биофлорекс»,* специалисты освоили линейку нового высокоэффективного вида органического удобрения Биофлорекс ™ на основе куриного помета, обогащенного микробиологическим препаратом с последующим компостированием и гранулированием (ТУ 9841-001-25748952-2014); в *Ставропольском ГАУ* создали высокоэффективное органоминеральное удобрение на основе торфа, применение которого позволило увеличить урожайность озимой пшеницы до 12% [10] и т.д.

Для повышения почвенного плодородия и продуктивности сельскохозяйственных растений, качества производимой продукции, снижения норм внесения минеральных удобрений, стимулирования естественных процессов в целях увеличения или улучшения усвоения питательных веществ, устойчивости к абиотическому стрессу, защиты от фитопатогенной микрофлоры и вредителей также активно применяются *биоудобрения и биостимуляторы.* Препараты на основе аминокислот способствуют улучшению обмена веществ в растениях, повышая их жизнеспособность и устойчивость к неблагоприятным условиям. Микроорганизмы, включенные в состав биостимуляторов, могут улучшать состав почвы и увеличивать ее биологическую активность, а растительные экстракты и органические кислоты помогают в усвоении питательных веществ.

Гуминовые и фульвокислоты, например, способствуют улучшению структуры почвы и повышению ее влагоудерживающей способности, что способствует улучшению корневой системы растений. Экстракты морских водорослей, богатые микроэлементами и природными гормонами, также активизируют рост и развитие растений. К таким препаратам относятся: азотфиксаторы (N Fixing), препараты, повышающие доступность фосфора (P2O5 Solubilizing), калий мобилизаторы (K Mobilizers) и другие [11].

Микробиологические удобрения действительно играют важную роль в агрономии, способствуя улучшению здоровья и продуктивности сельскохозяйственных культур. Основное их назначение заключается в создании благоприятных условий для роста растений, улучшении усвоения питательных веществ и повышении устойчивости к стрессовым факторам.

Различные виды микроорганизмов, таких как бактерии и грибки, могут способствовать фиксации атмосферного азота, разложению органических веществ, а также повышению доступности таких элементов, как фосфор и калий. К примеру, бактерии родов Rhizobium, Bradyrhizobium, Sinorhizobium и Mesorhizobium образуют симбиотические отношения с бобовыми растениями, обеспечивая их азотом, необходимым для их роста. Титр бактерий в различных препаратах варьируется в диапазоне 10^9-10^{10} КОЕ/г(мл). Использование этих средств осуществляется в основном через инокуляцию семян, что позволяет создать стартовую численность полезных микроорганизмов в почве, что в дальнейшем способствует их распространению и активному взаимодействию с корнями растений. Следует отметить, что такие препараты могут быть эффективными как в жидкой форме, так и в форме небольших гранул или торфяных таблеток, что дает возможность удобно применять их на полях.

Ключевыми преимуществами этих препаратов является не только обеспечение растений азотом, фосфором и ростостимулирующим эффектом, но и

защита от патогенных микроорганизмов. Ассортимент, представленный российским производителем также включает препараты, содержащие микроорганизмы, которые используются в промышленном производстве микробиологических фунгицидов, способных контролировать развитие фитопатогенов.

Выводы. Органическое земледелие сегодня сталкивается с одной из наиболее сложных задач – обеспечением эффективного минерального питания растений и надежной защиты от стрессов в условиях отказа от применения синтетических минеральных удобрений и химических пестицидов. Это требует комплексного подхода, который включает не только применение органических источников питательных веществ, но и воспользоваться преимуществами биопрепаратов, которые помогают улучшить здоровье и продуктивность растений. Современные биотехнологии могут предложить решения, которые способны повысить устойчивость сельского хозяйства к неблагоприятным условиям, при этом строго придерживаться норм и требований, установленных в отечественных и международных стандартах. Например, с помощью микробиологии разрабатываются эффективные удобрения на основе природных микроорганизмов, способствующих улучшению здоровья почвы и увеличению урожайности, кроме того, биотехнологические методы позволяют создавать устойчивые к вредителям и болезням сорта растений.

Литература

1. ***Перечень средств производства*** [Электронный ресурс]. – URL: https://soz.bio/wp-content/uploads/2024/04/perechen-2024-shestaya-redakciya-compressed.pdf (дата обращения: 18.09.2024).
2. ***Любоведская А., Коршунов С.*** Правильный подбор технологий органического земледелия // Агробизнес. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agbz.ru/articles/tekhnologii-organicheskogo-zemledeliya/ (дата обращения: 24.09.2024).
3. ***Удобрения и биопрепараты*** // Информ. бюл. Минсельхоза России. – 2024. – № 5. – С. 26-28.
4. ***Ларионов Ю.С.*** Альтернативные подходы к современному земледелию и наращиванию плодородия почв (новая парадигма) // Экология и природопользование. – 2013. – 49-60.
5. ***Кондратьева О.В.*** Комплексная оценка состояния и перспектив развития органического сельского хозяйства в Российской Федерации / О.В. Кондратьева, В.А. Войтюк, О.В. Слинько [и др.] : аналит. обзор. – ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 90 с.
6. ***Занилов А.Х., А.М. Накаряков, Мелентьева О.С.*** Организация органического сельскохозяйственного производства в России: информ. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 124 с.
7. ***Использование сложного компоста в растениеводстве*** [Электронный ресурс]. – URL: https://glavagronom.ru/articles/ispolzovanie-slozhnogo-komposta-v-rastenievodstve (дата обращения: 12.07.2024).
8. ***Уникальное удобрение для засоленных почв разработали в Кирове*** [Электронный ресурс]. – URL: https://glavagronom.ru/news/unikalnoe-udobrenie-dlya-zasolennyh-pochv-razrabotali-v-kirove (дата обращения: 30.09.2024).
9. ***В России создали удобрение, восстанавливающее «здоровье» почвы*** [Электронный ресурс]. – URL: https://glavagronom.ru/news/v-rossii-sozdali-udobrenie-vosstanavlivayushchee-zdorove-pochvy (дата обращения: 12.07.2024).
10. ***В РФ создали удобрение из торфа, способное увеличить урожайность пшеницы на 12%*** [Электронный ресурс]. – URL: https://glavagronom.ru/news/v-rf-sozdali-udobrenie-iz-torfa-sposobnoe-uvelichit-urozhaynost-pshenicy-na-12 (дата обращения: 30.09.2024).
11. ***В Казани создали удобрение, повышающее урожайность картофеля на 10,8% [***Электронный ресурс]. URL: https://glavagronom.ru/news/v-kazani-sozdali-udobrenie-povyshayushchee-urozhaynost-kartofelya-na-10-8 (дата обращения: 11.07.2024).

Поступила в редакцию: 20.12.2024 г.
Принята к публикации: 04.03.2025 г.

Кондратьева О.В., кандидат экономических наук, **Полухин А.А.**, доктор экономических наук, **Войтюк В.А.**, кандидат экономических наук, **Слинько О.В.**, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Росинформагротех», п. Правдинский Московской области, Россия, e-mail: infom-iko@mail.ru, 8 (495) 594-99-73

УДК 631

Ковалева О.А., доктор биологических наук, профессор
Воронкова М.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Ермакова Н.В., кадидат биологических наук, доцент
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия
Kovaleva O.A., Doctor of Biological Sciences, Professor
Voronkova M.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Ermakova N.V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
FSBEI HE Oryol State Agrarian University, Orel, Russia, e-mail: kovaleva7812@gmail.com

МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В АГРОБИОЛОГИИ

(Microencapsulation of biologically active components to increase the efficiency of their use in agrobiology)

Аннотация. В статье рассматривается исследование технология микрокапсулирования БАВ и их применения в сельском хозяйстве. В основе решения поставленных задач находятся положения и принципы, базирующиеся на подборе состава и вида БАВ, а также использование оптимальных технологических процессов. Этим объясняется большой интерес в ведущих экономически развитых странах к подобному роду исследованиям, их широкое распространение и развитие. Одним из методов повышения стабильности и качества готовой продукции, способствующих сохранению её свойств и пролонгированного действия, является микрокапсулирование, которое позволяет стабилизировать и сохранять биологически-активные вещества, такие как ферменты, инсулин, эфирные масла и другие, способные при воздействии ряда физических и химических факторов дезактивироваться, улетучиваться и т.д., кроме того, появляется дополнительная возможность управления высвобождением объекта из контейнера. Однако, несмотря на то, что микрокапсулирование все более активно применяется в последнее время, остаётся актуальной разработка его научно-практических основ, позволяющих регулирование или прогнозирование оптимальных составов препаратов, включающих в себя подбор вспомогательных веществ и применяемую форму. Например, изучение процесса высвобождения БАВ во многих случаях коррелирует с показателями процесса всасывания, имеющего важное значение для биодоступности препаратов. Таким образом, при понимании роли межмолекулярных взаимодействий между инкапсулируемым агентом, а также многокомпонентной системой, формирующей состав оболочки, делает возможным эффективное, целенаправленное и контролируемое использование биополимеров in vitro, что и вошло в задачи наших исследований.

Ключевые слова: in vitro, микрокапсулирование, биологически активные вещества, всхожесть семян, капсулы, стимуляторы.

Annotation. The article considers the study of the technology of microencapsulation of biologically active substances and their application in agriculture. The solution of the set tasks is based on the provisions and principles based on the selection of the composition and type of biologically active substances, as well as the use of optimal technological processes. This explains the great interest in leading economically developed countries in this kind of research, their wide distribution and development. One of the methods for increasing the stability and quality of finished products, contributing to the preservation of their properties and prolonged action, is microencapsulation, which allows stabilizing and preserving biologically active substances, such as enzymes, insulin, essential oils and others, capable of deactivating, evaporating, etc. under the influence of a number of physical and chemical factors, in addition, an additional opportunity to control the release of the object from the container appears. However, despite the fact that microencapsulation has been increasingly actively used recently, the development of its scientific and practical foundations remains relevant, allowing regulation or forecasting of optimal compositions of drugs, including the selection of excipients and the form used. For example, the study of the process of release of biologically active substances in many cases correlates with the indicators of the absorption process, which is important for the bioavailability of drugs. Thus, understanding the role of intermolecular interactions between the encapsulated agent, as well as the multicomponent system that forms the composition of the shell, makes possible the effective, targeted and controlled use of biopolymers in vitro, which was included in the objectives of our research.

Key words: in vitro, microencapsulation, biologically active substances, seed germination, capsules, stimulants.

Введение. Микрокапсулирование определяется как процесс, в котором крошечные частицы или капли окружаются покрытием или внедряются в однородную или гетерогенную матрицу, чтобы получить небольшие капсулы со многими полезными свойствами. Микрокапсуляция может обеспечить физический барьер между соединением ядра и другими компонентами продукта. Это способ, с помощью которого капли жидкости, твердые частицы или газовые соединения захватываются в тонкие пленки микрокапсулирующего агента. Ядро может состоять из одного или нескольких ингредиентов, а стена может быть однослойной или двухслойной. Сохранение этих ядер определяется их химической функциональностью, растворимостью, полярностью и летучестью [1, 2].

Авторы [3] предложили шесть причин применения микрокапсулирования в промышленности: снизить реактивность ядра с факторами окружающей среды; снизить скорость передачи материала ядра во внешнюю среду; упростить управление; для контроля выпуска основного материала; для маскировки основного вкуса; для разбавления основного материала, когда его необходимо использовать в очень малых количествах.

В своей простейшей форме микрокапсула представляет собой небольшую сферу с равномерной оболочкой вокруг нее. Материал внутри микрокапсулы упоминается как ядро, внутренняя фаза или стенка, тогда как стенку иногда называют оболочкой, покрытием, материалом стенки или мембраной.

Практически ядро может представлять собой кристаллический материал, зубчатую адсорбентную частицу, эмульсию, суспензию твердых веществ или суспензию меньших микрокапсул [3].

Структура микрокапсул

Большинство микрокапсул представляют собой небольшие сферы с диаметром от нескольких микрометров до нескольких миллиметров. Однако многие из этих микрокапсул мало похожи на эти простые сферы. Фактически, размер и форма сформированных микрочастиц зависят от материалов и методов их приготовления. Различные типы микрокапсул и микросфер производятся из широкого спектра стеновых материалов, таких как мономеры и / или полимеры [4]. В зависимости от физико-химических свойств ядра, состава оболочки и используемого метода микрокапсулирования могут быть получены различные типы частиц: простая сфера, окруженная покрытием однородной толщины; частица, содержащая ядро неправильной формы; несколько частиц ядра, встроенных в непрерывную матрицу из стенового материала; несколько отдельных сердечников в одной капсуле и многослойных микрокапсулах.

Методы микрокапсулирования

В целом для разработки микрокапсул необходимо учитывать три меры предосторожности: образование стенки вокруг материала, предотвращение утечки.

Методы инкапсуляции включают распылительную сушку, охлаждение распылением, экструзионное покрытие, покрытие с псевдоожиженным слоем, липосомальное удерживание, лиофилизацию, коацервацию, центрифугирование суспензии, сокристаллизацию и комплексообразование включения (таблица 1) [5].

Таблица 1. Различные методы микрокапсулирования и процессы, участвующие в каждом методе

№	*Методы микрокапсулирования*	Основные стадии в инкапсуляции
1	Распылительная сушка [5,7-10]	а. Получение дисперсии б. Гомогенизация дисперсии в. Распыление дисперсии г. Обезвоживание распыленных частиц
2	Охлаждение распылением [11-12]	а. Получение дисперсии б. Гомогенизация дисперсии в. Распыление дисперсии
3	А. Экструзионное покрытие [13-16]	а. Получение раствора расплавленного покрытия б. Диспергирование ядра в расплавленный полимер в. Охлаждение или пропускание покрытого ядра через обезвоживающую жидкость
	Б. Центробежнаяэкструзия [6,17]	а. Получение раствора ядра б. Приготовление раствора материала покрытия в. Совместная экструзия раствора ядра и оболочки через форсунки
4	Покрытие с псевдоожиженным слоем [12,18-20]	а. Приготовление раствора материала покрытия б. Сжижение частиц ядра. в. Покрытие частиц ядра
5	Липосомальное удерживание [21-23]	а. Микросжижение б. Обработка ультразвуком в. Обратное фазовое испарение
6	Лиофилизация [24]	а. Смешивание ядра в растворе покрытия б. Сублимационнаясушкасмеси
7	Коацервация [25-33]	а. Формирование трех несмешивающихся химических фаз б .Осаждение покрытия в. Затвердевание покрытия
8	Центрифугирование суспензии	а. Смешивание ядра во время разделения материала покрытия б. Вливание смеси на вращающийся диск для получения инкапсулированных крошечных частиц в. высыхание
9	Сокристаллизация	а. Получение пересыщенного раствора сахарозы б. Добавление ядра в перенасыщенный раствор в. Выделение значительного тепла после того, как раствор достигнет температуры кристаллизации сахарозы
10	Комплексообразование включения [6,25,30]	Приготовление комплексов путем смешивания или измельчения или распылительной сушки

Выбор метода микрокапсулирования и материалов покрытия взаимозависимы. На основе нанесенного материала покрытия или способа выбирают подходящий способ или материал покрытия. Покрывающие материалы, которые в основном являются пленкообразующими

материалами, могут быть выбраны из широкого спектра натуральных или синтетических полимеров в зависимости от материала, подлежащего покрытию, и характеристик, желательных в конечных микрокапсулах.

Состав материала покрытия является основным определяющим фактором функциональных свойств микрокапсулы и того, как его можно использовать для улучшения характеристик конкретного ингредиента.

Идеальный материал покрытия должен обладать следующими характеристиками [6]:

1. Хорошие реологические свойства при высокой концентрации и легкой обрабатываемости при инкапсулировании.

2. Способность диспергировать или эмульгировать активный материал и стабилизировать полученную эмульсию.

3. Неспособность к реагированию с материалом, который должен быть инкапсулирован как во время обработки, так и при длительном хранении.

4. Возможность запечатывать и удерживать активный материал в его структуре во время обработки или хранения.

5. Способность полностью выпускать растворитель или другие материалы, используемые в процессе инкапсуляции при сушке или в других условиях десольватизации.

6. Способность обеспечить максимальную защиту активного материала от условий окружающей среды (например, кислорода, тепла, света, влажности).

7. Растворимость в растворителях, приемлемых в условиях эксплуатации (например, вода, этанол).

8. Химическая неактивность с активными активными ингредиентами ядра.

Поскольку ни один материал покрытия не может удовлетворять всем вышеперечисленным критериям, на практике либо используются материалы покрытия, либо сочетания или модификаторы, такие как поглотители кислорода, антиоксиданты, хелатирующие агенты и поверхностно-активные вещества. Однако также рассматриваются химические модификации существующих покрывающих материалов для управления их свойствами. Эти модифицированные материалы покрытия обладают лучшими физическими и механическими свойствами по сравнению с отдельными материалами для покрытия [31].

Так, в зависимости от метода капсулирования помимо активного ингредиента, т.е. капсулируемого вещества, используют пленкообразующий материал, растворитель, мономеры, осадитель и другие вещества. Зачастую имеют дело с многокомпонентными системами.

Задача состоит в том, чтобы выбрать подходящий метод микрокапсулирования и инкапсулирующий материал. Микроинкапсуляция, безусловно, играет важную роль в этом процессе. Использование микроинкапсулированных ингредиентов для применения с контролируемым высвобождением является многообещающей альтернативой решению основной проблемы доставки ингредиентов, с которыми сталкиваются промышленности [32].

Так как инкапсуляция является наукоемким процессом, его осуществление должно быть сначала оправдано. Можно классифицировать пять категорий целей инкапсуляции [33]: иммобилизация, защита, контролируемый выпуск, структурирование, функционализация. Разнообразие применения очень широкое, и даже микроинкапсуляция уже широко используется в промышленности, можно ожидать сильного развития в следующем десятилетии.

Материалы и методы исследований

Эксперименты проводились в 2-стадиях в лабораторных условиях:

1. Определения всхожести семян со стимуляторами (чтобы выбрать оптимальные стимуляторы для роста и развития сельскохозяйственных культур).

2. Приготовление микрокапсул стимуляторов для роста сельскохозяйственных культур.

1. Определения всхожести семян со стимуляторами.

Следующий этап эксперимента является определения всхожести семян. Семена овощных культур; пластиковые коробочки, стеклянные банки или чашки Петри – растильни; песок, фильтровальная бумага, мелкие семена.

Для опыта необходимо взять образцы семян, различающихся размерами или скоростью прорастания. Семян каждого растения следует взять не менее трех проб. В каждой пробе должно быть по 25-30 крупных семян или по 100 мелких. Семена проращивают в растильнях во влажном песке или на влажной марле (фильтровальной бумаге). Растильни следует прикрыть стеклом или прозрачными крышками и поставить в теплое место (выше 18 °С). Продолжительность опыта среднее 2–4 дня (максимум 2-3 недели).

В период проведения эксперимента были заложены несколько серий лабораторных опытов по определению всхожести семян. Исследование проводилось с сентября 2024 года с периодичностью 1 раза в 1 месяц.

Методика определения всхожести многих культур описана в ГОСТ 24933.2-81 «Семена цветочных культур. Методы определения всхожести и энергии прорастания». В соответствии с ГОСТ 24933.2-81 под нормально проросшими семенами понимают семена, имеющие хорошо развитые, здоровые корешки. Кроме того, имеющие хорошо развитые и неповрежденные гипокотиль, эпикотиль и первичные листочки (для злаков).

Также к нормально проросшим семенам относят:

·имеющие незначительные поверхностные повреждения основных органов проростка, которые не затрагивают проводящие ткани;

-с поврежденным главным корешком, но имеющие несколько достаточно развитых боковых или придаточных корней;

-с одной семядолей или незначительным повреждением обеих семядолей;

-с нормально развитыми органами, но имеющие вторичное заражение.

Всхожесть может быть лабораторной, которая номинируется стандартом и полевая. Лабораторная всхожесть определяется для большинства сельскохозяйственных культур, после проращивания семян в течение 7-10 суток или 3-недели в специальных ростильнях или чашках Петри при определенной температуре.

При проведении анализа семена проращивают в условиях, предусмотренных в ГОСТе 12038-84 (Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести с Изменениями N 1, 2).

Под полевой всхожестью понимают количество всходов, выраженное в процентах, по отношению к числу высеянных семян. Полевая всхожесть обычно ниже лабораторной, так как в поле трудно создать оптимальные условия для прорастания.

Изучалось действие таких факторов, как свет, температура, продолжительность хранения семян, а также влияние на всхожесть стимуляторов роста растений. Схема опытов представляла собой следующие варианты:

1) Определение влияния света и температуры.

2) Определение влияния продолжительности хранения семян.

3) Определение влияния стимуляторов роста растений на всхожесть семян.

2. Приготовление микрокапсул стимуляторов для роста растения.

Для получения микрокапсул с включенным стимуляторами использовали метод эмульсии на гомогенизаторе (Рис.1). Были приготовлены растворы стимуляторов в соотношении 0,01:200. Использовали - стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2 и стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/ образец №3, стимулятор 1-Амино-3-кето-5,5-диметилциклогекс-1-ен/ образец № 4, стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5, «Учкун», гибберелиновая кислота, композиция №1. Подготовлено растворы натрий казеината 1% (на 100 мл) и ксантан гум 0,1% (на 50 мл). Растворы измеряли и брали на дозаторе. Определяли pH среду растворов. Для растворов использовали дистиллированную воду, а для гибберилиновой кислоты прменяли спирт 70%. Состав приготовления микрокапсул было на 10-12 мл:

Приготовление эмульсии

1) -натрий казеинат 1%+ стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2 +масло,

-натрий казеинат 1%+ стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/образец №3+масло,

-натрий казеинат 1%+ стимулятор 1-Амино-3-кето-5,5-диметилциклогекс-1-ен/ образец № 4+масло,

-натрий казеинат 1%+стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5 +масло,

-натрий казеинат 1%+стимулятор «Учкун» +масло,

-натрий казеинат 1%+стимулятор композиция №1 +масло,

-натрий казеинат 1%+гибберилиноваяя кислота +масло (таблица 1).

Таблица 2. Результаты эмульгирования системы вода – в-масле, с включенным стимулятором, с помощью поликомплекса NaCaS в зависимости от объема поликомплекса

№ пробы	NaCaS, мл	Стимуляторы, мл							Масло, мл	Устойчивость
		№2	№3	№4	№5	Учкун	Ком №1	ГК		
1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво
2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво
3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво
4	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво
5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво

2) -ксантан гум 0,1%+ стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2 +масло,

-ксантан гум 0,1%+ стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/образец №3+масло,

-ксантан гум 0,1%+ стимулятор 1-Амино-3-кето-5,5-диметилциклогекс-1-ен/ образец № 4+масло,

-ксантан гум 0,1% + стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5+масло,

-ксантан гум 0,1%+ стимулятор «Учкун» (Узбекистан) +масло,

-ксантан гум 0,1%+ композиция №1 (Узбекистан) +масло,

-ксантан гум 0,1%+ гибберилиновая кислота +масло (Таблица 2,3)



Рис. 1. Прибор ультразвуковой гомогенизатор

Таблица 3. Результаты эмульгирования системы вода – в-масле, с включенным стимулятором, с помощью поликомплекса Xanthan gum в зависимости от объема поликомплекса

№ пробы	Xan than gum, мл	Стимуляторы, мл							Масло, мл	Устойчивость
		№2	№3,	№4	№5	Учкун	Ком №1	ГК		
1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво
2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво
3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво
4	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво
5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	не устойчиво

Определения среднего диаметра или размер частиц и формы микросфер, зета потенциала.

Для исследования размера и дзета-потенциала частиц микроэмульсий использовали метод лазерной корреляционной спектроскопии (Zetasizer Nano ZSZEN3500, MalvernInstruments) при 25°C. При измерении размеров частиц инструмент выдает результат, усредняя 11 измерений отношения интенсивности от времени. Диаметры частиц и индекс полидисперсности были рассчитаны с учетом распределения размеров частиц. Все образцы отбирались сразу после остывания после полимеризации и были разбавлены водой до необходимой концентрации для измерения.

Эти растворы на гомогенизаторе превращали в эмульсии. Подготовленные эмульсии исследовали на оборудование Malvern Zetasiser nano series Essentials для определения среднего диаметра или размер частиц и формы микросфер, зета потенциала. Для этого использовали кюветы с высотой 10-15 мм. Исследуемые эмульсии разливали на эти кюветы и устанавливали на отвестия для кюветы, после этого водят электрод в кювету для определения зета потенциала. В одно время производятся 20 измерения и показывают среднее значения. Эти значения бывают в пределах до 5000 нм и 5 микронов. На анализ берется 1 мл исследуемого вещества. Зета потенциал измеряется электродом, а размер частиц определяется в кювете. Измерительный прибор соединен с компьютером, значения и графики выходят сразу через 3 минуты и показывают графики и среднее значение (Таблица 4). Исследования проводили в Институте полимерных материалов и технологий.

Значения, которые были определены с прибором Malvern Zetasiser nano series Essentials:

1) с 1% натрий казеинатом среднее значение зета потенциала: -7,1,-20,-18,-3,-15,-5,07,-2;

2) с 0,1% ксантан гум среднее значение зета потенциала: -28,8,-26,-19,-18,-18,-22,-72;

1) с 1% натрий казеинатом среднее значение размер частиц: 109,209,1254,66,79,13,12;

2) с 0,1% ксантан гум среднее значение размер частиц: 3343,1353,1122, 1653, 207, 2236,210.

Таблица 4. Значения зета потенциала и размер частиц при эмульгирования

№ пробы	Объем, мл	Стимуляторы, мл							Зета потенциал	Размер частиц
		№2	№3	№4	№5	Учкун	Ком №1	ГК		
	NaCaS									
1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-7,1	109
2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-20	209
3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-18	1254
4	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-3	66
5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-15	79
6	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-5,07	13
7	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-2	12
	Xanthan gum									
1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-28, 8	3343
2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-26,	1353
3	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-19	1122
4	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-18	1653
5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-18	207
6	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-22	2236
7	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-72	210

Для исследования размера и дзета-потенциала частиц микроэмульсий использовали метод лазерной корреляционной спектроскопии (ZetasizerNanoZSZEN 3500, MalvernInstruments) при 25°C. При измерении размеров частиц инструмент выдает результат, усредняя 11 измерений отношения интенсивности от времени.Диаметры частиц и индекс полидисперсности были рассчитаны с учетом распределения размеров частиц. Все образцы отбирались сразу после остывания после полимеризации и были разбавлены водой до необходимой концентрации для измерения (табл. 4).

Результаты исследований и их обсуждение

Как показано на рис. 2., гиббереллиновая кислота на первой неделе положительно влияет на огурцы (1), свеклу (2), пшеницу(4), влияние на помидоры (3) и перцам (5) не наблюдается, а также показаны хорошие результаты на третьей неделе всхожесть семян огурцов (6)-5 и свекла (2)-10, пшеница (4)-27. Но на второй неделе всхожесть семян помидоры-1 и перец- 1. Показано, что в третьей неделе всхожесть семян помидоры-6, перец-3. Результаты экспериментов приведены на рисунке 2.

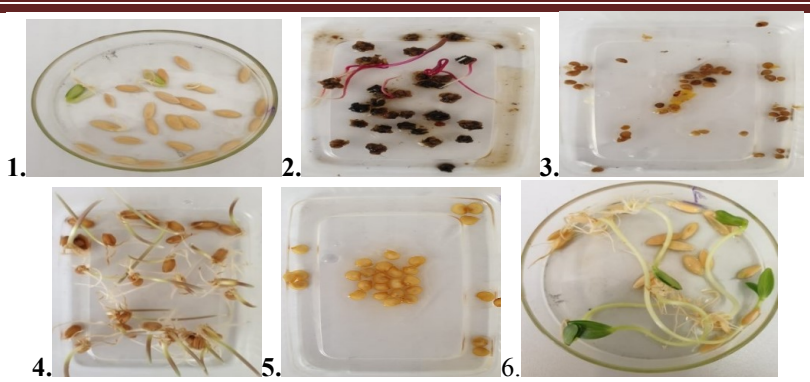


Рис. 2. Гиббереллиновая кислота

На рисунке 3 показано, влияние стимулятора Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2 на всхожесть семян (Рис.3). Как показано, на первой неделе положительно влияет на огурцы (1)-5, свеклу (2)-6, пшеницу(4)-29, а влияние на помидоры (3) и перец (5) не наблюдается, а также на третьей неделе всхожесть семян огурцов (6)-20 и свекла (2)-15, пшеница (4)-29. Но на второй неделе всхожесть семян помидоры (3) -1 и перец (5) -1 Показано, что третьей неделе всхожесть семян помидоры (3) -1, перец (5) -5. Результаты экспериментов приведены на рисунке 3.



Рис. 3. Стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2

На рисунке 4 показано, влияние стимулятора 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/образец №3 на всхожесть семян (Рис.4). Как показано, на первой неделе положительно влияет на огурцы (1)-10, свеклу (2)-6, пшеницу(4)-27, а на помидоры (3) и перец (5) влияние не наблюдается, а также на третьей неделе всхожесть семян огурцов (6)-20 и свекла (2)-11, пшеница (4)-29. Но на второй неделе всхожесть семян помидоры (3) -1 и перец (5) -2. Показано, что в третьей неделе всхожесть семян помидоры (3) -1, перец (5) -3. Результаты экспериментов приведены на рисунке 4.

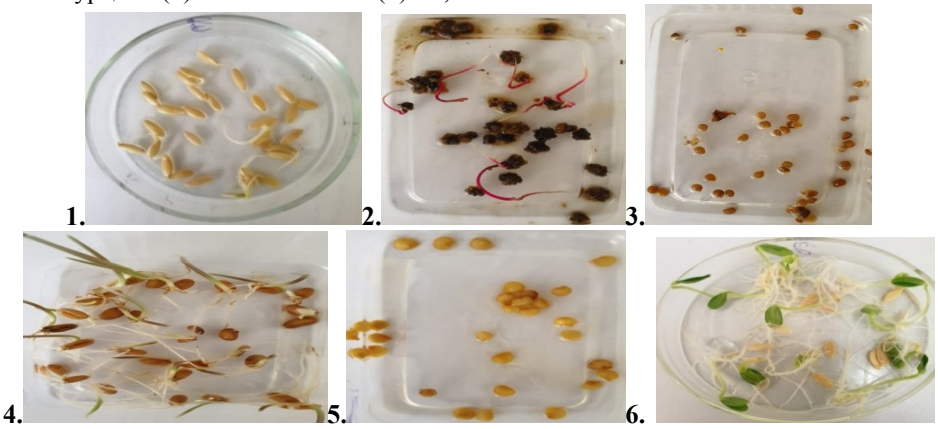


Рис. 4. Стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/образец №3

На рисунке 5 показано, влияние стимулятора 1-Амино-3-кето-5,5-диметилциклогекс-1-ен/ образец № 4 на всхожесть семян (Рис.5). Как показано, на первой неделе положительно влияет на огурцы (1)-7, свеклу (2)-5, пшеницу (4)-28, на помидоры (3) и перец (5) влияние не наблюдается, а также на третьей

неделе всхожесть семян огурцов (6)-12 и свекла (2)-12, пшеница (4)-28. Но на второй неделе показывают всхожесть семян помидоры (3) -2 и перец (5) -1. Показано, что в третьей неделе всхожесть семян помидоры (3) -2, перец (5) -3. Результаты экспериментов приведены на рисунке 5.

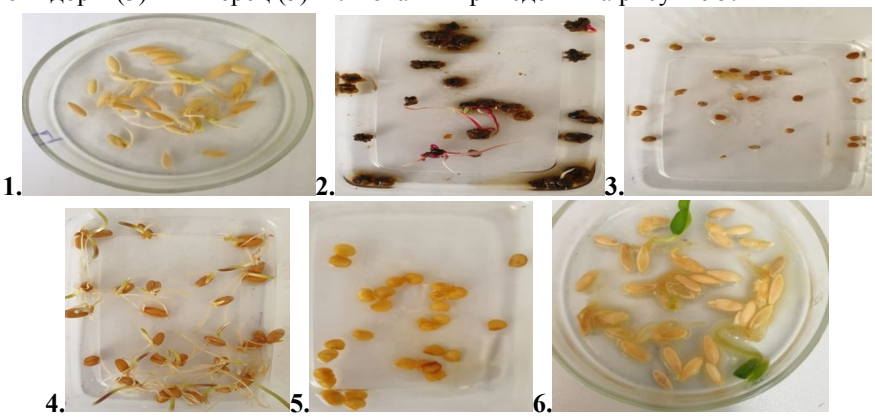


Рис. 5. Стимулятор 1-Амино-3-кето-5,5-диметилциклогекс-1-ен/ образец № 4

На рисунке 6 показано, влияние стимулятора Транс-диаква-бис{1-окси-1,2 диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5 на всхожесть семян (Рис.6). Как показано, на первой неделе положительно влияет на огурцы (1)-9, свеклу (2)-12, пшеницу (4)-29, помидоры (3)-1, на перец (5) влияние не наблюдается, а также на третьей неделе всхожесть семян огурцов (6)-17 и свекла (2)-15, пшеница (4)-29. Но на второй неделе показывают всхожесть семян помидоры (3)-1 и перец (5) - 1. Показано, что в третьей неделе всхожесть семян помидоры (3) -1, перец (5) -11. Результаты экспериментов приведены на рисунке 6.

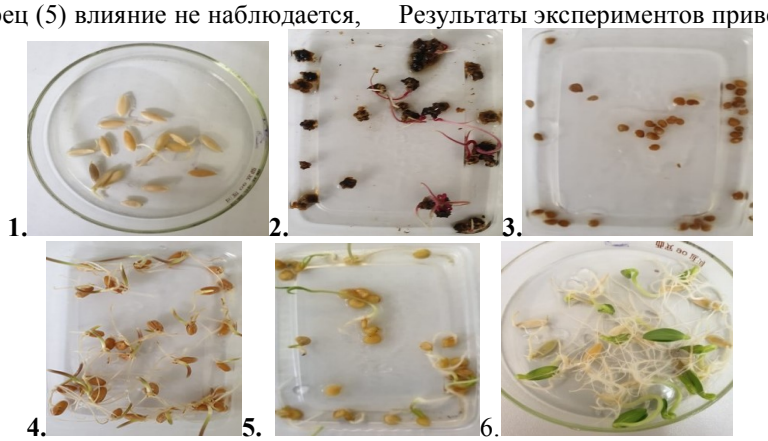


Рис. 6. Стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II)/ Образец № 5

На рисунке 7 показано, влияние стимулятора «Учкун» на всхожесть семян (Рис.7). Как показано, на первой неделе положительно влияет на огурцы (1)-12, свеклу (2)-14, пшеницу(4)-23, на помидоры (3) и перец (5) влияние не наблюдается, а также на третьей неделе всхожесть семян огурцов (6)-13 и свекла (2)-17, пшеница (4)-27. Но на второй неделе всхожесть семян помидоры (3)-1 и перец (5)-1. Показано, что в третьей неделе всхожесть семян помидоры (3) -1, перец (5) -6. Результаты экспериментов приведены на рисунке 7.

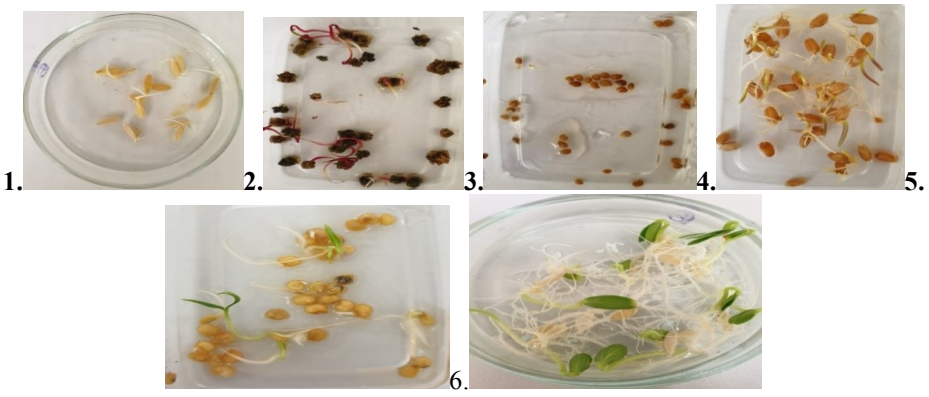


Рис. 7- Стимулятор «Учкун»

На рисунке 8 показано, влияние стимулятора Композиция №1 на всхожесть семян (Рис.8). Как показано, на первой неделе положительно влияет на огурцы (1)-13, свеклу (2)-7, пшеницу (4)-27, на помидоры (3) и перец (5) влияние не наблюдается, а также на третьей неделе всхожесть семян огурцов

(6)-16 и свекла (2)-12, пшеница (4)-28. Но на второй неделе всхожесть семян помидоры (3) -1 и перец (5) -1. Показано, что в третьей неделе всхожесть семян помидоры (3) -1, перец (5)-4. Результаты экспериментов приведены на рисунке 8.

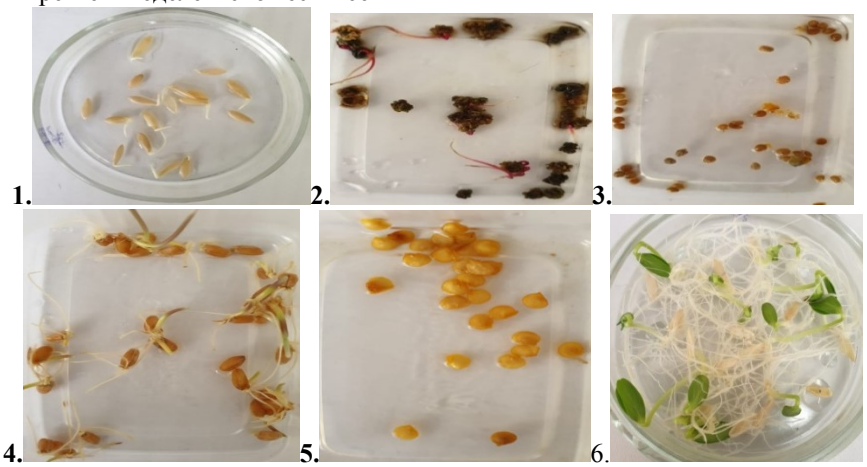


Рис. 8. Стимулятор Композиция №1

На рисунке 9 показано, контрольные образцы всхожесть семян (Рис.9). Как показано, на первой неделе положительно влияет на огурцы (1)-13, пшеницу(4)-28, на помидоры (3) и перец (5) влияние не наблюдается, а также на третьей неделе всхожесть семян огурцов (6)-15, свекла (2)-10, пшеница (4)-29. Но на второй неделе всхожесть семян помидоры (3)-1 и перец (5)-1. Показано, что в третьей неделе всхожесть семян помидоры (3) -1, перец (5)-2. Результаты экспериментов приведены на рисунке 9.

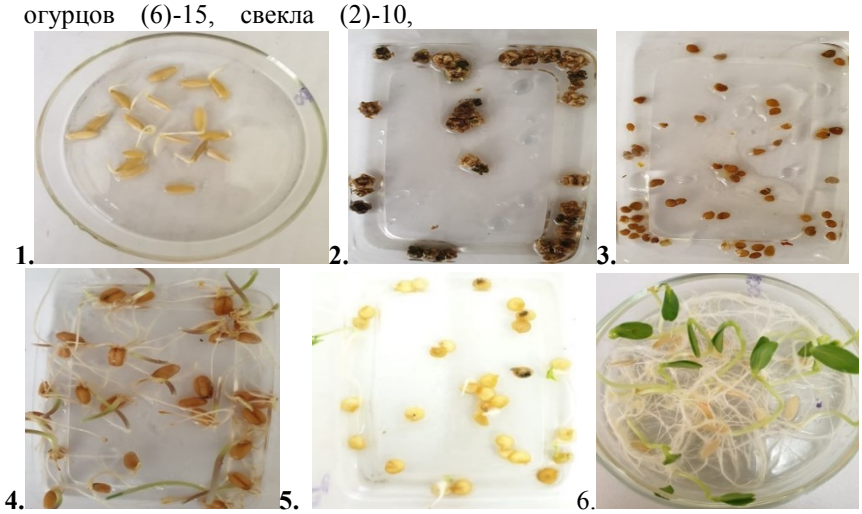


Рис. 9. Контроль

На таблицах показано результаты экспериментов, влияние гиббереллиновой кислоты и стимуляторов на всхожесть семян. Как показано, на первой неделе положительно влияет на огурцы, свеклу, пшеницу, помидоры, а на перец влияние не наблюдается. Но на второй неделе показывают всхожесть семян помиры и перец (Рис.10). Показано, что высокие показатели на третьей неделе по всхожести семян наблюдается в пшенице-96,6 (стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2 и стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/ образец №3, стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5, контроль), затем огурцы -66,6 (стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2 и стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/ образец №3) и свекла-56,6 (стимулятор «Учкун»), перец-36,6 (стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5) и помидоры-20 (гиббереллиновая кислота). Также, приведены результаты контрольных образцов эксперимента. Результаты и данные экспериментов приведены на таблицах 5-8 (таблицы 5, 6, 7, 8).

Таблица 5. Всхожесть семян сельскохозяйственных культур в стимуляторах(1-неделя)

№	Название стимулятора	Сельскохозяйственные культуры, всхожесть семян, кол-во				
		огурцы	свекла	помидор	пшеница	перец
1	Гиббереллиновая кислота	4	6	-	27	-
2	Стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2	5	6	-	29	-
3	Стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/образец №3	10	6	-	27	-
4	Стимулятор 1-Амино-3-кето-5,5-диметилциклогекс-1-ен/ образец № 4	7	5	-	28	-
5	Стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5	9	12	1	29	-
6	Стимулятор «Учкун»	12	14	-	23	-
7	Стимулятор композиция №1	13	7	-	27	-
8	Контроль	13	-	-	28	-

Таблица 6. Всхожесть семян сельскохозяйственных культур (2-неделя)

№	Название стимулятора	Сельскохозяйственные культуры, всхожесть семян, кол-во				
		огурцы	свекла	помидор	пшеница	перец
1	Гиббереллиновая кислота	5	10	1	27	1
2	Стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2	13	14	1	29	1
3	Стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/образец №3	15	6	1	28	2
4	Стимулятор 1-Амино-3-кето-5,5-диметилциклогекс-1-ен/ образец № 4	12	7	2	28	1
5	Стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5	16	13	1	29	1
6	Стимулятор «Учкун»	12	17	1	27	1
7	Стимулятор композиция №1	16	7	1	28	1
8	Контроль	15	1	1	28	1

Таблица 7. Всхожесть семян в сельскохозяйственных культур в стимуляторах (3-неделя)

№	Название стимулятора	Сельскохозяйственные культуры, всхожесть семян, кол-во				
		огурцы	свекла	помидор	пшеница	перец
1	Гиббереллиновая кислота	5	10	6	27	3
2	Стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2	20	15	1	29	5
3	Стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/образец №3	20	11	1	29	3
4	Стимулятор 1-Амино-3-кето-5,5-диметилциклогекс-1-ен/ образец № 4	12	12	2	28	3
5	Стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5	17	15	1	29	11
6	Стимулятор «Учкун»	13	17	1	27	6
7	Стимулятор композиция №1	16	12	1	28	4
8	Контроль	15	10	1	29	2

Таблица 8. Всхожесть семян сельскохозяйственных культур в стимуляторах (3-неделя)

№	Название стимулятора	Сельскохозяйственные культуры, всхожесть семян, %				
		огурцы	свекла	помидор	пшеница	перец
1	Гиббереллиновая кислота	16,6	33,3	20	90	10
2	Стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2	66,6	50	3,3	96,6	16,6
3	Стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/образец №3	66,6	36,6	3,3	96,6	10
4	Стимулятор 1-Амино-3-кето-5,5-диметилциклогекс-1-ен/ образец № 4	40	40	6,6	93,3	10
5	Стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонилэтенато}медь (II) / Образец № 5	56,6	50	3,3	96,6	36,6
6	Стимулятор «Учкун»	43,3	56,6	3,3	90	20
7	Стимулятор композиция №1	53,3	40	3,3	93,3	13,3
8	Контроль	50	33,3	3,3	96,6	6,6

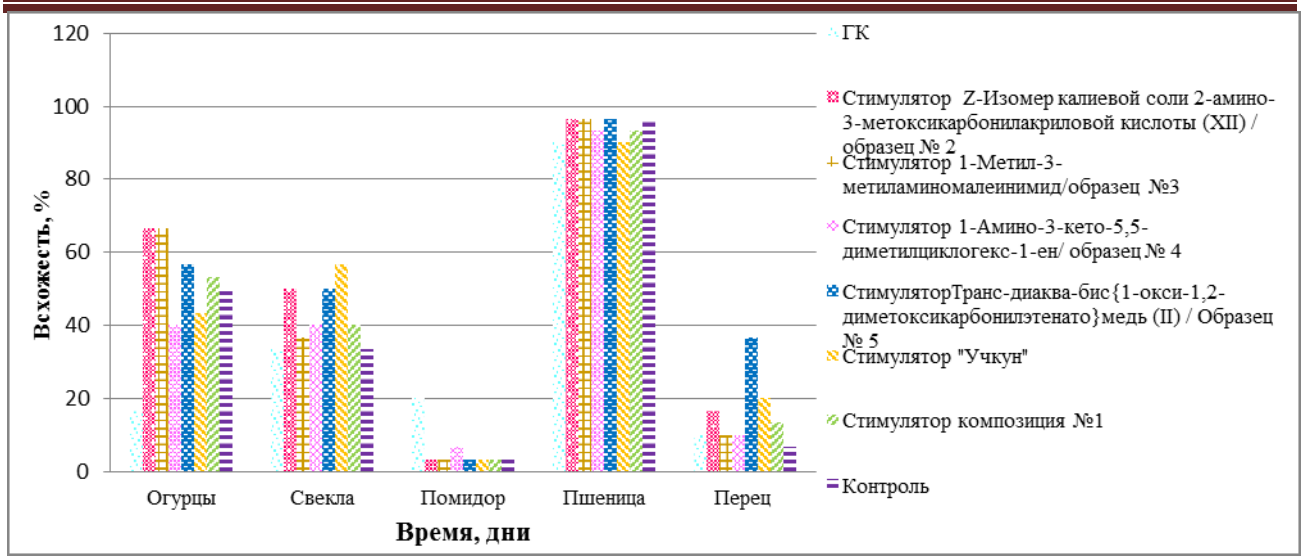


Рис. 10. Влияние стимуляторов на всхожесть семян

На таблице 9 показано, влияние капсул со стимуляторами 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/ образец №3 на всхожесть семян (Рис.11,12). Как показано, на первой неделе положительно влияет на огурцы (1), свеклу (4) , а также на второй неделе всхожесть семян огурцов (1)-17 и помидоры (3)-28, пшеницу(3)-20, свекла (4)-8. Показано, что стимуляторы в капсулах положительно влияют на всхожесть семян помидоров (3), пшеницы(3) и огурцов (1), у свеклы (2) наблюдается средние значения. Результаты и данные экспериментов приведены на рисунке 11.



Рис. 11. Капсула со стимуляторами 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/образец №3

1. 

2. 

3. 

Рис. 12. Влияние капсул со стимуляторами на всхожесть семян

Таблица 9. Всхожесть семян сельскохозяйственных культур в капсулах со стимуляторами (1-2-неделя)

№	Название стимулятора (в капсулах)	Сельскохозяйственные культуры, всхожесть семян, %							
		огурцы		свекла		помидор		пшеница	
		I	II	I	II	I	II	I	II
1	Капсула стимулятора 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/ образец №3	7	17	3	8	11	28	15	20
2	Контроль	3	8	1	4	10	27	10	12

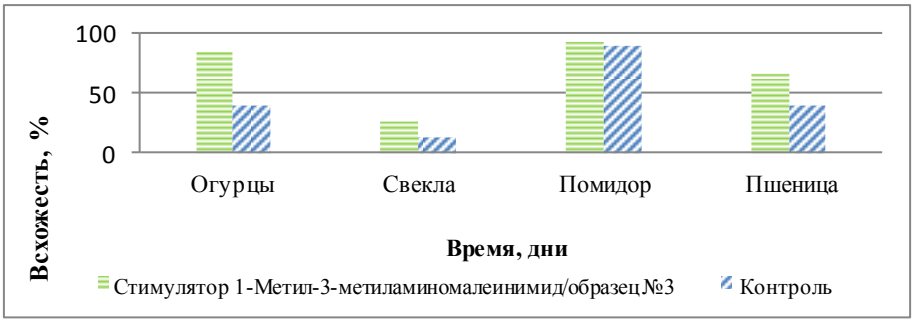


Рис. 13. Влияние капсул состимуляторами на всхожесть семян

Как видно из рисунка 13, что капсулы со стимуляторами положительно влияют на помидоры и пшеницу, огурцов.

Заключение. Установлен положительный эффект от внедрения микро- и нанокапсулы со стимуляторами для растения, что имеет высокий потенциал для промышленного внедрения. Определено, что хорошие показатели на третьей неделе по всхожести семян наблюдается в пшенице-96,6 (стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец № 2 и стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/ образец №3, стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонил этенато}медь (II) / Образец № 5, контроль), затем огурцы -66,6 (стимулятор Z-Изомер калиевой соли 2-амино-3-метоксикарбонилакриловой кислоты (XII) / образец №2 и стимулятор 1-Метил-3-метиламиномалеинимид/ образец №3) и свекла-56,6 (стимулятор «Учкун»), перец-36,6 (стимулятор Транс-диаква-бис{1-окси-1,2-диметоксикарбонил-этенато}медь (II) / Образец № 5) и помидоры-20 (гиббереллиновая кислота).

Такие факторы, как простота и экологичность технологии получения микро- и нанокапсул, содержащих активные агенты, отсутствие вредных для здоровья человека отходов, эргономичность и безопасность эксплуатации конечного продукта, значительное повышение эксплуатационных показателей при введении малого количества разработанных микро- и нанокапсул, а также отсутствие необходимости использования сложного технологического оборудования позволяет заключить об экологической эффективности разработанного научно-обоснованного подхода для получения самовосстанавливающихся материалов, позволяющий расширенное использование этих систем в процессах инкапсуляции и в различных областях техники и технологии.

Литература

1. ***Rodrigues, R.A.F and Grosso, C.R.F.*** (2008). Cashew gum microencapsulation protects the aroma of coffee extracts. Journal of Microencapsulation. 25(1): 13–20.
2. ***Goud, K and Park, H.J.,*** (2005). Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. Drying Technology. 23: 1361–1394.
3. ***Lee, J.Y., Park, H.J., Lee, C.Y and Choi, W.Y.*** (2003). Extending shelf life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. Lebensm.-Wiss. U.-Technology. 36: 323–329.
4. ***Varavinit, S., Chaokasem, N and Shobsngob, S.*** (2001). Studies of flavor encapsulation by agents produced from modified sago and tapioca starches. Starch/Starke, 53, 281–287.
5. ***Gouin, S.*** (2004). Microencapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends.Trends in Food Science Technology. 15: 330–347.
6. ***Zasypkin, D and Porzio, M.*** (2004). Glass encapsulation of flavours with chemically modified starch blends, Journal of Microencapsulation, 21 4, 385-397.
7. ***Quellet, C., Taschi, M and Ubbink, J.B.*** (2001). Composite material - Encapsulation of sensitive components into a matrix to obtain discrete shelf-stable particles. US Pat 0008635.PCT WO 2001025414 A1.
8. ***Matsuda, S., Hatano, H., Kuramoto, K and Tsutsumi, A.*** (2001). Fluidization of ultrafine particles. Journal of Chemical Engineering of Japan. 34: 121–125.
9. ***Kowalski, R.E., Mergens, W.J. and Cialpi, L.*** (2000). Process for manufacture of caroteinoid composition. US patent 6093348.
10. ***Bugarski, B., Obradovic, B., Nedovic, V., Poncelet, D.*** Immobilization of cells and enzymes using electrostatic droplet generation, in: *Fundamentals of Cell Immobilisation Biotechnology. Focus on Biotechnology Series*, Vol. 8A, edited by V. Nedovic and R. Willaert (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004), pp. 277-294.
11. ***Heinzen, C., Berger, A., Marison, I.***Use of Vibration technology for jet break-up for encapsulation of cells and liquids in monodisperse microcapsules, in: *Fundamentals of Cell Immobilisation Biotechnology. Focus on Biotechnology Series*, Vol. 8A, edited by V. Nedovic and R. Willaert (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004), pp. 257-274.
12. ***Pruesse, U. Vorlop, K.D.*** The JetCutter technology, in: *Fundamentals of Cell Immobilisation Biotechnology. Focus on Biotechnology Series*, Vol. 8A, edited by V. Nedovic and R. Willaert

(Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004), pp. 295-310.
13. ***Teunou, E., Poncelet D.*** (2005). Rotary disk atomisation for microencapsulation applications – Prediction of the particle travel from the wheel, *J. Food Engin.* 71, 345-353.
14. ***Reineccius, G. A.*** The Spray Drying of Food Ingredients, in: *Microencapsulation of Food Ingredients*, edited by B. Per Vilstrup (Leatherhead Food RA, Leatherhead, UK, 2000), P. 151-185.
15. ***Neufeld R., Poncelet D.*** Industrial scale encapsulation of cells using emulsification/dispersion technologies, in: *Fundamentals of Cell Immobilisation Biotechnology. Focus on Biotechnology Series*, Vol. 8A, edited by V. Nedovic and R. Willaert (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004), P. 311-324.
16. ***Teunou E., Poncelet D.*** Fluid bed coating, *in Encapsulated and Food powders,* edited by C. Onwulata and R. Konstance (Marcel Dekker, New York, 2005), P.197-214.
17. ***Шонина Н.А.*** Борьба с биообрастанием в системах водоснабжения // Сантехника. – 2017. – №15. – С.56-59.
18. ***Vittorio Bearzi*** (2012). Legionella, sfidaall'impiantistica // RCI. –. – №1
19. ***Выбор схемы распределения ГВС для снижения риска распространения легионеллы*** // Сантехника. – 2012. – №4
20. https://www.syl.ru/article/335098/fungitsidyi---eto-himicheskie-veschestva-dlya-borbyi-s-gribkovyimi-boleznyami-rasteniy-spisok-preparatov-instruktsiya-po-primeneniyu-otzyivyi
21. ***Яргин С.В.*** Плесень в жилых помещениях: гигиенические и строительные аспекты // НАУКОВІ ДИСКУСІЇ. – 2011. – Т.2(82) – С.119-120.
22. ***Loftness V., Hakkinen B., Adan O., Nevalainen A.*** (2007) Elements that contribute to healthy building design. Environ. Health Perspect., 115(6): 965–970.
23. ***Mazur L.J., Kim J.*** (2006). Committee on Environmental Health, American Academy of Pediatrics Spectrum of noninfectious health effects from molds. Pediatrics., 118(6): e1909–1926.
24. ***Глеуова А.Б.*** Дизайн и разработка микро- и нанокапсул гидрофобных агентов на основе эмульсий Пикеринга: Дисс. Алматы. 2015, - 114 с.
25. ***Aveyard R., Binks B.P., Clint J.H.*** (2003). Emulsions stabilized solely by solid colloidal nanoparticles // Adv. Colloid Interface Sci.– Vol.100-102. – P.503-546.
26. ***Binks B.P.*** (2002). Particles as surfactants – similarities and differences // Curr. Opin. Colloid Interface Sci. — Vol.7. – P.21-41.
27. ***Binks B.P., Hozorov T.S.*** Colloidal particles at liquid interfaces. - Cambridge University Press, 2006. –503 p.
28. ***Paster, N., Menasherov, M., Ravid, U. , Juven, B.*** (2000). Journal of Food Protection, 58 81-85.
29. ***Hamilton-Kemp, T. R., Archbold, D. D., Loughrin, J. H., Andersen, R. A., McCracken, C. T., Collins R. W. and Fallik E.*** (2000). Current Topics in Photochemistry, 4 95-104.
30. ***Sacanna, S., Kegel, W. K., Philips A. P.*** (2007). Spontaneous oil-in-water emulsification induced by charge-stabilized dispersions of various inorganic colloids // Langmuir. — V.23. – P.10486-10492.
31. ***Krieger J., Jacobs D.E., Ashley P.J. et al.*** (2010) Housing interventions and control of asthmarelated indoor biologic agents: a review of the evidence. J. Public Health Manag. Pract., 16(Suppl. 5):S11–20.
32. ***Mazur L.J., Kim J.*** Committee on Environmental Health, American Academy of Pediatrics (2006) Spectrum of noninfectious health effects from molds. Pediatrics., 118(6): e1909–1926.
33. ***Loftness V., Hakkinen B., Adan O., Nevalainen A.*** (2007) Elements that contribute to healthy building design. Environ. Health Perspect., 115(6): 965–970.

Поступила в редакцию: 20.11.2024 г.
Принята к публикации: 04.03.2025 г.

Ковалева О.А., доктор биологических наук, профессор, **Воронкова М.В.,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, **Ермакова Н.В.,** кадидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия, e-mail: kovaleva7812@gmail.com

УДК: 664.8.047:634.17

Лазарева Т.Н., кандидат технических наук
Lazareva T.N., Candidate of Technical Sciences
Мурленков Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук
Murlenkov N.V., Candidate of Agricultural Sciences
Яркина М.В., заведующая отделением архитектуры и садово-паркового и ландшафтного строительства
Yarkina M.V., Head of the Department of Architecture and Landscaping and Park Construction
Крюков В.И., доктор биологических наук, профессор
Krukov V.I., Doctor of Biological Sciences, Professor
Киреева О.С., кандидат технических наук
Kireeva O.S., Candidate of Technical Sciences
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Орел, Россия
Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin", Orel, Russia

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЙВЫ ЯПОНСКОЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК К ПИЩЕ И ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ*

(Prospects for the use of Japanese quince in the development of biologically active food supplements and food products)

Аннотация. Разработка и совершенствование технологий создания функциональных и специализированных продуктов питания, насыщенных растительными компонентами, требует комплексного подхода. В этом контексте для производства биологически активных добавок к пище (БАД) и продуктов питания на их основе особое внимание должно быть уделено поиску безопасного сырья, которое способно эффективно увеличивать и сохранять содержание биологически активных веществ (БАВ), обладающих, в том числе, профилактическими свойствами. Перспективным сырьем в этом направлении служат плоды айвы, богатые минералами, пищевыми волокнами и витамином С. В связи с этим, целью данного исследования являлось изучение содержания биологически активных веществ и показателей безопасности продуктов переработки плодов айвы японской, выращенной на территории Орловской области. Исследования показали, что при концентрировании БАВ в порошках айвы разными способами сушки, содержание минеральных компонентов, пищевых волокон и аскорбиновой кислоты составило 3,13-4,17%, 20,80-23,91% и 35,2-74,0 мг/100г соответственно, при этом наибольшей результативностью характеризовался вакуумный способ сушки при температуре 60 ºС. Содержание токсичных элементов, пестицидов и радионуклидов порошка из плодов айвы соответствовали требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011, что позволяет рекомендовать изучаемый продукт при производстве БАД и продуктов питания на их основе.

Ключевые слова: айва, БАД, БАВ, химический состав, кислотность, органолептические показатели, показатели безопасности, способы сушки.

Annotation. The development and improvement of technologies for the creation of functional and specialized food products saturated with plant components requires an integrated approach. In this context, for the production of biologically active food additive (BAA) and food products based on them, special attention should be paid to finding safe raw materials that can effectively increase and maintain the content of biologically active substances (BAS), which have, among other things, preventive properties. Promising raw materials in this area are quince fruits, rich in minerals, dietary fiber and vitamin C. In this regard, the purpose of this study was to study the content of biologically active substances and safety indicators of processed products of Japanese quince fruits grown in the Oryol region. The studies have shown that when concentrating biologically active substances in quince powders using different drying methods, the content of mineral components, dietary fiber and ascorbic acid was 3.13-4.17%, 20.80-23.91% and 35.2-74.0 mg/100 g, respectively, with the highest efficiency being demonstrated by vacuum drying at a temperature of 60 ºC. The content of toxic elements, pesticides and radionuclides in quince powder complied with the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union "On Food Safety" TR CU 021/2011, which allows us to recommend the studied product in the production of biologically active supplements and food products based on them.

Keywords: quince, dietary supplement, biologically active substance, chemical composition, acidity, organoleptic properties, safety properties, drying methods.

Введение. В последние годы наблюдается значительное внимание к вопросу полноценного питания населения, которое предполагает разработку сбалансированных пищевых продуктов и биологически ак-

тивных добавок [2, 8]. Основой для этого служит растительное сырье, характеризующееся высоким уровнем минералов, пектина и природных антиоксидантов, таких как витамин С и полифенольные соединения [6, 7]. Одним из возможных источников подобного сырья могут выступать плоды хеномелеса, иначе известного как айва японская (*Chaenomeles japonica*). Это относительно новая культура для отрасли переработки, которая ценится наличием таких компонентов, как аскорбиновая кислота, клетчатка, а также гликозид амигдалина и жирное масло [4].

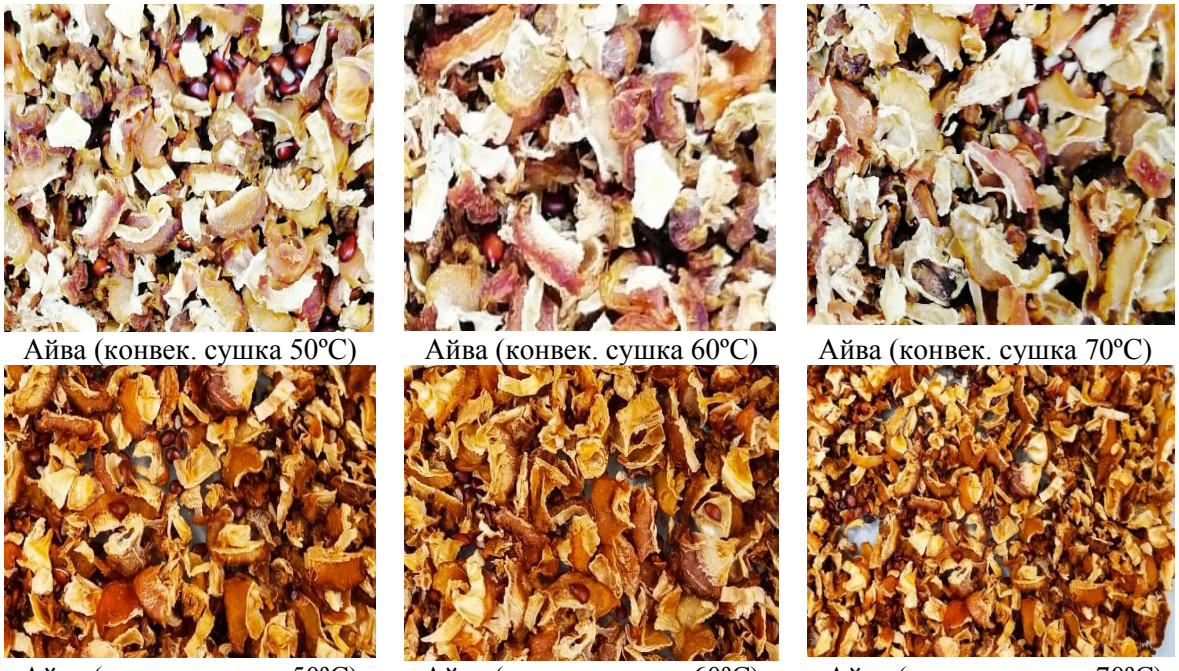
Ценность плодов айвы японской заключается не только в их уникальном вкусе, но и в богатом химическом составе. Эти плоды содержат витамины А, С и Е, а также множество минералов, таких как калий и магний [3]. Высокое содержание пектинов способствует нормализации работы кишечника и помогает в выведении токсинов из организма. Поэтому айва часто используется в диетическом питании и как ингредиент в лечебных блюдах. Не менее важной является антиоксидантная активность айвы, которая помогает снизить риск развития хронических заболеваний. Фенольные соединения, присутствующие в плодах, оказывают защитное действие на клетки, предотвращая их повреждения. Регулярное употребление айвы может значительно укрепить иммунную систему, что особенно актуально в сезон простудных заболеваний [5]. Согласно литературным данным, в 100 г плодах айвы концентрация аскорбиновой кислоты достигает 21% (от суточной нормы потребления), холина – 17%, бора – 249%, рубидия – 55%, ванадия – 50%, хрома – 39%, кобальта – 33%, стронция – 21,4%, кремния – 18%, железа – 17%, меди – 16%, йода – 10%, а также моно- и дисахаридов (15,2%). В составе плодов айвы также преобладают: глюкоза (21,4%), галактоза (74,3%); клетчатка (18%); сумма пуриновых оснований составляет 5%; крахмал – 2 г в 100 г плодов; сахароза – 0,64 г в 100 г [3, 9]. Учитывая высокие пищевые и лечебно-профилактические свойства плодов айвы японской, существует возможность разрабатывать новые виды продукции функционального назначения с улучшением основных характеристик традиционно существующих продуктов за счет нового сочетания ингредиентов в готовом продукте.

Цель исследования – изучение содержания биологически активных веществ и показателей безопасности продуктов переработки плодов айвы японской. В задачи исследований входило:

- разработка способов концентрирования биологически активных веществ плодов айвы японской в зависимости от технологии сушки;
- изучение органолептических свойств переработанной продукции;
- анализ химического состава и показателей безопасности порошковой смеси из высушенных плодов айвы японской.

Материалы и методы исследований

Для получения экспериментальных образцов использовали айву японскую отечественной селекции, выращенную на территории дендропарка Орловского ГАУ в 2024 г. Продукты переработки айвы получали следующим образом: собранные плоды тщательно промывали, обсушивали при комнатной температуре, измельчали на кусочки размером 10 ±2 мм и высушивали в вакуумной и конвективной установках типа Vaciotem-t и Contern соответственно при температурах 50, 60 и 70 ºС (см. рис. 1).



Айва (конвек. сушка 50ºС) Айва (конвек. сушка 60ºС) Айва (конвек. сушка 70ºС)

Айва (вакуум. сушка 50ºС) Айва (вакуум. сушка 60ºС) Айва (вакуум. сушка 70ºС)

Рис. 1 – Отработка режимов сушки плодов айвы

После сушки образцы были измельчены на лабораторной мельнице до достижения однородной консистенции. Для оценки однородности использовался визуальный метод, при котором пестиком про-

водили надавливание на порошковую смесь. Полученные порошки отличались бледно-желтым оттенком и имели ярко выраженные характерные вкусовые и ароматические свойства, присущие исходному сырью. Это делает их подходящими для использования в разработке новой пищевой продукции (см. рис. 2).

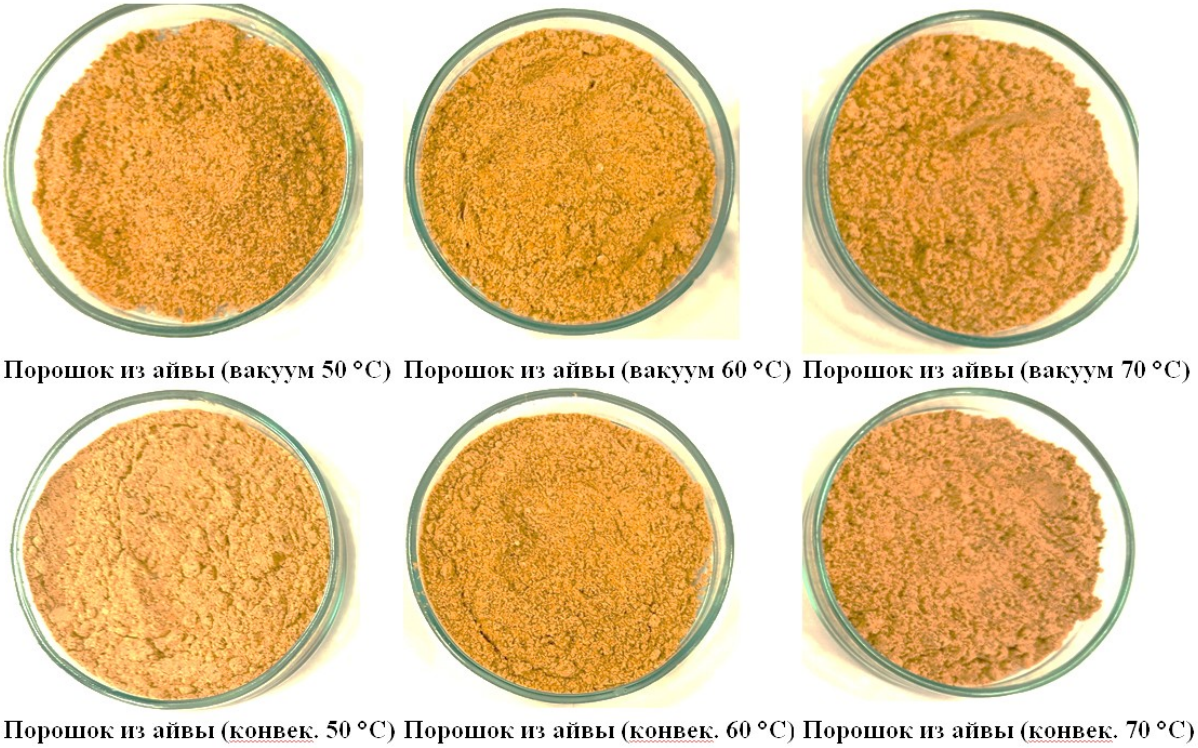


Рис. 2 – Внешний вид порошков айвы

Химический состав порошков высушенной айвы представлен следующими показателями: массовая доля влаги, жира, азота, клетчатки, пектина, пищевых волокон, аскорбиновой кислоты и зольность. Анализ сырой клетчатки проводился на приборе Fibertec™1020. Содержание пектиновых веществ определяли в соответствии с методикой, предложенной Ермаковым А.И [1]. Азот в образцах определяли на анализаторе Kjeltek Sistem – 2300, жир в – экстракторе Soxtec 2055. Содержание аскорбиновой кислоты определяли титриметрическим методом по ГОСТ 24556-89. Массовую долю влаги – по ГОСТ 33977-2016. Зольность определяли путем сжигания навески образцов с последующим количественным определением несгораемого остатка по ГОСТ 25555.4-91. Титруемую кислотность – по ГОСТ ISO 750-2013.

В показателях безопасности порошка айвы изучались токсичные элементы (свинец, мышьяк, кадмий и ртуть), нитраты, пестициды (гексахлорциклогексан, дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и его метаболиты), а также радионуклиды (цезий-137 и стронций-90). Подготовка и минерализация проб для определения токсичных элементов проведена в соответствии с ГОСТ 26929-94. Определение токсичных элементов проводили по общепринятым методикам: свинца – по ГОСТ 26932-86, мышьяка – по ГОСТ 26930-86, кадмия – по ГОСТ 26933-86, ртути – по ГОСТ 26927-86. Содержание нитратов определяли согласно МУ 5048-89, пестицидов – согласно ГОСТ 30349-96. Определение радионуклидов (цезия-137 и стронция-90) осуществляли согласно ГОСТ 32161-2013 и ГОСТ 32163-2013 соответственно.

Результаты исследований и их обсуждение

Для выявления оптимального режима и способа сушки проводилось контрольное взвешивание навесок исследуемых образцов в процессе дегидратации. Было установлено, что количество затрачиваемого времени для достижения влажности 7-9% достигалось быстрее в вакуумной установке и составило 19, 17 и 14 часов при температурах 50, 60 и 70°С соответственно (см. рис. 3). В конвекционной установке количество затрачиваемого времени в процессе сушки на 7, 11 и 10% было выше, чем в вакуумной при аналогичных температурных режимах. Также по рисунку 3 видно, что повышение температурного режима способствовало наиболее интенсивному удалению влаги.

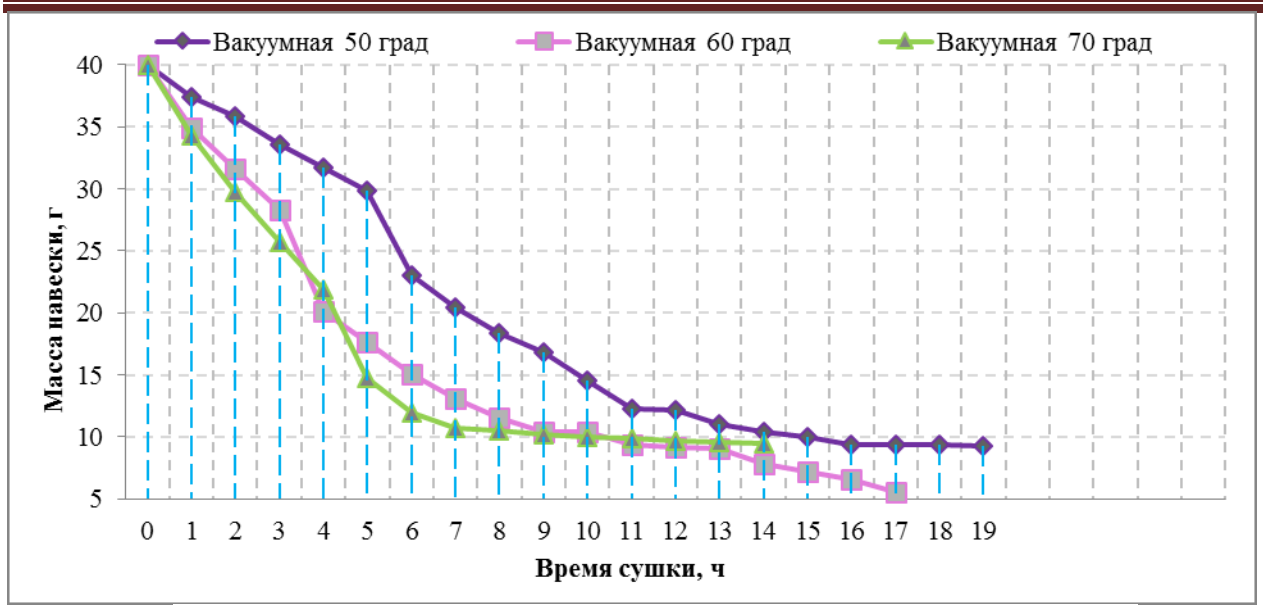


Рис. 3 – Сравнительный анализ динамики сушки плодов айвы при различных температурных режимах вакуумной сушки

Следующий этап исследований включал проведение органолептической оценки, находящей применение на каждом этапе производственного процесса пищевого сырья, начиная с проверки и заканчивая анализом конечной продукции. Данный подход обеспечивает быструю и экономически выгодную возможность получения сведений о качестве продукта, что делает его ключевым инструментом при принятии решений о пригодности для потребления. Органолептическую оценку порошков из айвы проводили по показателям: вкус, цвет, запах и консистенция. Результаты органолептической оценки порошков айвы при разных режимах сушки представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты органолептической оценки порошков айвы при различных режимах сушки

Наименование показателя	Температура конвективной сушки, °С			Температура вакуумной сушки, °С		
	50	*60*	*70*	*50*	*60*	*70*
вкус	13	13	11	15	15	13
цвет	8	7	6	10	10	9
запах	13	14	10	15	14	12
консистенция	13	13	13	13	13	13
ВСЕГО	**47**	**47**	**40**	**53**	**52**	**47**

Наибольшее количество суммарных баллов характерно для образцов, высушенных в вакуумной установке, и составило 52, 52 и 47 баллов для 50, 60 и 70-градусных режимов сушки соответственно.

Чтобы установить результативность способов и режимов сушки был изучен химический состав сырья, представленный в таблице 2.

Таблица 2 – Основные показатели химического состава айвы при разных режимах сушки

Режим сушки		Показатель, ед.изм.							
		Массовая доля влаги, %	Жир, %	Зольность, %	Азот, %	Клетчатка, %	Пектин, %	Пищевые волокна, %	Аскорбиновая кислота, мг/100г
50 ºС	конвективный	7,45	8,26	1,354	1,658	16,06	4,74	20,80	64,4
60 ºС		7,73	9,11	3,133	1,428	15,55	5,59	21,14	61,6
70 ºС		5,67	6,59	3,511	1,201	17,56	6,25	23,21	52,8
50 ºС	вакуумный	9,54	6,77	4,175	1,243	16,32	6,40	22,72	35,2
60 ºС		7,71	6,45	3,572	1,532	16,09	7,20	23,91	74,0
70 ºС		7,59	7,67	3,414	1,448	15,40	6,73	22,13	61,6

Согласно полученным данным, наименьшее содержание жира наблюдалось в порошке айвы, высушенной конвекционным способом при 60ºС – 6,45%. Наибольший процент концентрации минеральных веществ (в золе) выявлен в образце айвы, высушенной вакуумным способом при 50ºС – 4,175%. Процент азота максимальное значение достигал в порошке айвы, высушенной конвекционным способом при 50 ºС

– 1,658%. Наибольшее значение пищевых волокон наблюдалось в образце айвы, высушенной вакуумным способом при 60ºС – 23,91%. Концентрация аскорбиновой кислоты достигла максимальной величины в порошке айвы, высушенной также вакуумным способом при 60ºС – 74,0 мг/100 г. Представленные данные позволяют сделать вывод, что наиболее оптимальным способом высушивания является вакуумная сушка при 60ºС.

В таблице 3 представлены перечень и общая концентрация органических кислот порошка айвы, высушенной в вакуумной установке при температуре 60ºС, по которой можно судить о качестве анализируемого сырья. Так, содержание яблочной, лимонной, винной и молочной кислот превышало 4%, а общая кислотность составила 63,13 ммоль Н+ / 100 г, что свидетельствует о достаточно высокой антиоксидантной активности изучаемого порошка.

Таблица 3 – Содержание органических кислот в порошке айвы (вакуум, 60 ºС)

Наименование к-ты	Значение, г/100 г
Яблочная, г/100 г	4,230
Щавелевая, г/100 г	2,841
Лимонная (моногидрат) , г/100 г	4,419
Винная, г/100 г	4,735
Уксусная, г/100 г	3,788
Молочная, г/100 г	5,682
Лимонная, г/100 г	4,040
Общая кислотность, ммоль Н+ / 100 г	**63,13**

Для подтверждения безопасности мелкодисперсного порошка из плодов айвы японской с целью его дальнейшего использования при производстве биологически активных добавок к пище и продуктов питания повышенной пищевой ценности определены показатели безопасности (см. таблицу 4).

Таблица 4 – Показатели безопасности порошка из плодов айвы

Наименование показателей, ед. измерения	Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011, не более	Значение показателей
Токсичные элементы[1], мг/кг -свинец -мышьяк -кадмий -ртуть	 0,4 0,2 0,03 0,02	 Менее 0,02 Менее 0,003 Менее 0,002 Менее 0,01
Пестициды[1], мг/кг -гексахлорциклогексан -(альфа-изомер; -бета-изомер; -гамма-изомер) -ДДТ и его метаболиты	 0,05 0,1	 Менее 0,02 Менее 0,02 Менее 0,01 Менее 0,01
Содержание нитратов[2], мг/кг	300 – 350	42,3
Удельная активность радионуклидов[3], Бк/кг цезия-137 стронция-90	160 (800)[4] –	0,9942 Не обнаружено в пределах определяемого метода

[1] Согласно приложению 3 к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Гигиенические требования безопасности к пищевой продукции (с изменениями на 14 июля 2021 года). 6. Плодоовощная продукция, чай, кофе (Наименование в редакции, введенной в действие с 11 июля 2020 года решением Совета ЕЭК от 8 августа 2019 года N 115. - См. предыдущую редакцию)

[2]Согласно утвержденной Министерством здравоохранения РФ допустимой суточной дозы потребления нитратов – 5 мг/кг массы тела человека.

[3]Согласно приложению 4 к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Допустимые уровни радионуклидов цезия-137 и стронция-90 (с изменениями на 14 июля 2021 года).

[4]Допустимый уровень в сухом продукте.

В результате ведения технологического процесса переработки свежих плодов айвы, включающего процесс высушивания, происходит концентрирование веществ, отвечающих за безопасность высушенного порошка. Установлено, что по показателям содержания токсичных элементов, пестицидов и радионуклидов порошок из плодов айвы японской соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011. Что в свою очередь, подтверждает безопасность его для включения в рецептурный состав биологически активных добавок и продуктов питания.

Выводы. При разработке способов концентрирования биологически активных веществ плодов айвы

японской было установлено, что наилучшие результаты достигались при высушивании образцов в установке вакуумного типа при температуре 60 ºС, позволившей сократить время высушивания в среднем на 9,3% при сравнении с конвекционным способом. Результаты анализа химического состава позволили установить, что порошок айвы японской можно считать источником большого количества биологически активных веществ, в частности по общему содержанию минеральных веществ (3,572%), пищевых волокон (23,91%), аскорбиновой кислоты (74,0 мг/100 г) и общей кислотности 63,13 (ммоль Н+ / 100 г). Порошок высушенных плодов айвы можно включать в рецептурный состав биологически активных добавок к пище и продуктов питания, что подтверждено соблюдением требований норм безопасности.

Литература

1. ***Ермаков А.И.*** Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
2. ***Кошечкина А.С., Тумольская Е.В., Перова И.Б.*** Биологически активные добавки к пище как источники антоцианов // Вопросы питания. 2023. Т. 92. № 3 (547). С. 87-92.
3. ***Кумпан В. Н., Сухоцкая С. Г.*** Хеномелес японский – новая культура в Западной Сибири. 2010. 468 с. 172
4. ***Лечебные и полезные свойства плода японской айвы*** / Трофимова А.О., А.И. Белостоцкая, Р.Г. Ягафаров, О.В. Алексеев // Наука молодых - будущее России: сборник научных статей. Курск, 2021. С. 303-306.
5. ***Причко Т.Г., Дрофичева Н.В., Коваленко Н.Н.*** Айва японская (хеномелес маулея) – биологически ценное сырье для создания продуктов питания функционального назначения // Пищевая промышленность. 2014. № 9. С. 25-27. 179
6. ***Шамова М.М.*** Разработка биологически активной добавки на основе растительного сырья с направленным функциональным действием // Теория и практика современной аграрной науки: сборник научной конференции с международным участием. Новосибирск, 2022. С. 1131-1135.
7. ***Широкова Н.В., Полина С.Р.*** Биологически активная добавка на основе растительного сырья // Образование России и актуальные вопросы современной науки: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 517-520.
8. ***Kireeva O.*** Application of non-traditional raw materials in the production of low-humidity bakery products / O. Kireeva, T. Lazareva, N. Murlenkov, N. Berezina [and ect.]. International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development: E3S web of conferences. 2024. С. 02011.
9. ***Ки Т.С., Spongberg S.A.*** Chaenomeles japonica (Thunberg) Lindley ex Spach // Flora of China. 2003. Vol. 9. P. 173. 178

Поступила в редакцию: 23.01.2025 г.
Принята к публикации: 04.03.2025 г.

Лазарева Т.Н., кандидат технических наук, **Мурленков Н.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ст. преподаватель, научный сотрудник, **Яркина М.В.**, заведующая отделением архитектуры и садово-паркового и ландшафтного строительства, **Крюков В.И.**, доктор биологических наук, профессор, **Киреева О.С.**, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет
имени Н.В. Парахина», Орел, 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» (номер государственного учета НИОКТР 123121800031-6) по заказу Минобрнауки России.

УДК 636.08.003

Сергеева Е.Ю., кандидат технических наук, доцент
Родина Н.Д., кандидат биологических наук, доцент
Ковалева О.А., доктор биологических наук, профессор
Соловьева А.О., кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия
Sergeeva E.Yu., candidate of technical sciences, associate professor
Rodina N.D., Ph.D., Associate Professor
Kovaleva O.A., Doctor of Biological Sciences, Professor
Solovyova A.O., candidate of technical sciences, associate professor
Orel State Agrarian University, Orel, Russia, e-mail: kovaleva7812@gmail.com

ОБОГАЩЕНИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЙОДОРГАНИЧЕСКИМ ПРОБИОТИКОМ «ЙОДОБИФИВИТ»

(Enrichment of fermented dairy products with organic iodine probiotic YODOBIFIVIT)

Аннотация. В настоящее время население многих стран мира, в том числе и Российской Федерации, остро нуждается в увеличении количества потребляемой белковой пищи и компенсации дефицита в рационе незаменимых аминокислот, витаминов и минеральных элементов. Применение бифидо- и пропионовокислых бактерий при ферментативном йодировании позволяет получить препараты пробиотики с полифункциональными свойствами. Их использование позволит обеспечить организацию правильного питания человека. Высокая ферментативная активность пробиотических микроорганизмов способствует более эффективному протеканию реакций йодирования аминокислот в питательной среде, что повышает биодоступность микроэлементов, а в сочетании с кисломолочными продуктами является незаменимыми для человека.

Ключевые слова: кисломолочные продукты, органический йод, технология производства.

Annotation. Currently, the population of many countries of the world, including the Russian Federation, is in dire need of increasing the amount of protein food consumed and compensating for the deficiency in the diet of essential amino acids, vitamins and mineral elements. The use of bifidobacteria and propionic acid bacteria in enzymatic iodination allows obtaining probiotic preparations with multifunctional properties. Their use will ensure the organization of proper human nutrition. High enzymatic activity of probiotic microorganisms contributes to more efficient reactions of amino acid iodination in the nutrient medium, which increases the bioavailability of microelements, and in combination with fermented milk products is indispensable for humans.

Key words: fermented milk products, organic iodine, production technology.

Актуальность. Органическим йодом в последние годы называют йод, которым сама природа обогатила какие-либо продукты, в первую очередь — растения. Создание кисломолочного продукта с органическим йодом позволит расширить асстортимент кисломолочных продуктов с высокой пищевой ценностью, обладающими диетическими и лечебными свойствами. Эти продукты особенно актуально для людей с заболевания щитовидной железы [2].

Применение бифидо- и пропионовокислых бактерий при ферментативном йодировании позволяет получить препараты пробиотики с полифункциональными свойствами. Высокая ферментативная активность пробиотических микроорганизмов способствует более эффективному протеканию реакций йодирования аминокислот в питательной среде, что повышает биодоступность микроэлементов [3].

Ежедневное потребление менее 50 мкг йода может привести к развитию йоддефицитных заболеваний (WHO).

Максимальный безопасный уровень потребления йода, установленный ВОЗ, составляет 1000 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень, принятый в России, составляет 600 мкг/ сутки [8].

Материалы и методы исследований

При создании кисломолочного продукта с органическим йодом количество его рассчитывали исходя из суточной потребности человека в йоде (ориентировочно 50 мг). Рекомендованная норма установлена ИП РАМН - в продуктах питания должно содержаться 10-50% суточной потребности любого биологически активного вещества [9].

При создании образцов кисломолочного продукта с органическим йодом были созданы модельные композиции с препаратом Йодбифивит.

Образец № 1 – 4 мл препарата Йодбифивит на 1л молока;

Образец № 2 – 6 мл препарата Йодбифивит на 1 л молока;

Образец № 3 – 8 мл препарата Йодбифивит на 1 л молока.

В качестве контрольного образца исследовали кефир, с массовой долей жира 2,5 %.

На основании вышеизложенного разработаны рецептуры (см. таблицу 1) производства кисломолочного продукта с использованием органического йода Йодбифивит.

Таблица 1 - Рецептуры контрольного и опытного образцов кисломолочного продукта с органическим йодом

Компонент рецептуры, мл	Расход сырья на 1000 мл, с учетом потерь			
	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Контрольный образец
Молоко с м.д.ж. 2,55 %	1017,29	1015,29	1013,29	1019,29
Закваска на обезжиренном молоке	51,15	51,15	51,15	51,15
Препарат «Йодбифивит»	2	4	6	-
Итого:	1070,44	1070,44	1070,44	1070,44

Данные материального расчета, а также технологические режимы принципиальных схем производства классического кефира легли в основу разработки технологии кефирного напитка, а также были использованы для разработка модели оценки потребительских свойств кефирного напитка.

Брожение является ключевым процессом, определяющим качественные характеристики кисломолочного продукта, его органолептические и физико-химические свойства [10].

Исследование проводились с препаратом Йодбифивит мг/л. В обезжиренное молоко вносилось определенное количество препарата Йодбифивит. Смесь вносят в заквашенное молоко при температуре 20-22 °С до кислотности 70-80°Т и отправляют на созревание в течение 10-12 ч при 12-14°С.

Результаты исследований и их обсуждении

Сенсорная оценка образцов проводилась после созревания. При производстве образцов кисломолочного продукта фиксировались органолептические, физико-химические и микробиологические показатели.

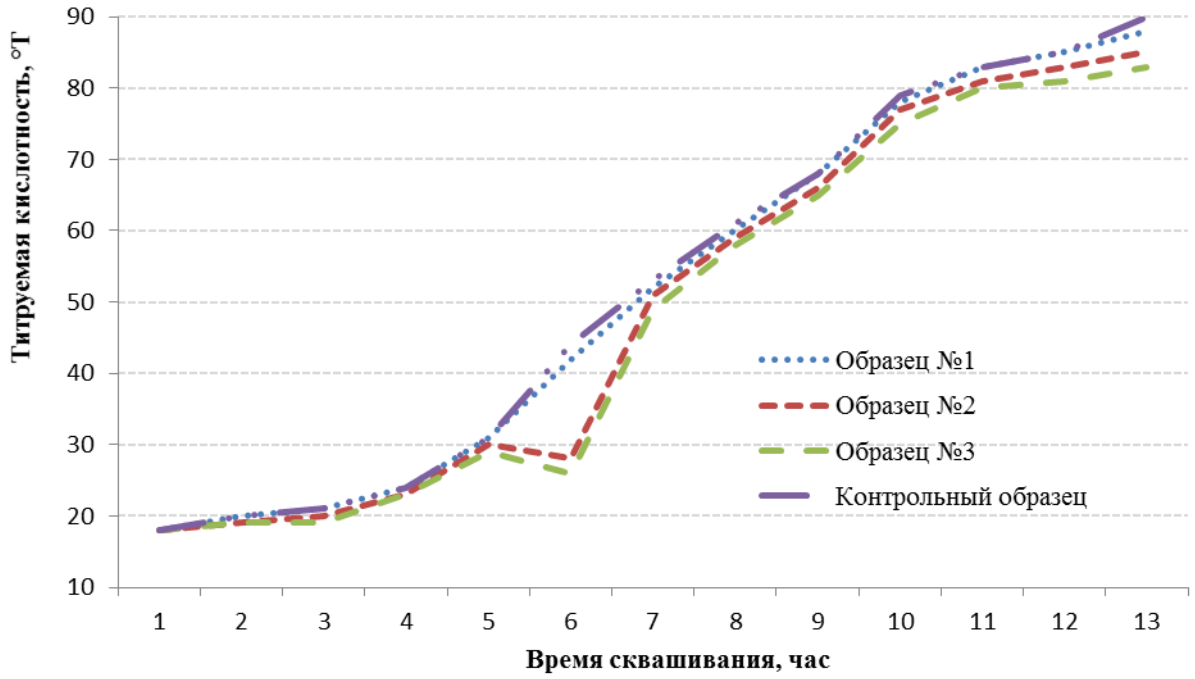


Рис. 1 – Динамика кислотообразования образцов в процессе сквашивания

Изменение динамики нарастания кислотности (см. рис.1) в процессе сквашивания показало, что скорость кислотообразования в процессе сквашивания во всех образцах практически не сильно отличается друг от контрольного. При различных дозах органического йода разница составляла около (±0,05) °Т/ч по сравнению с контролем, т.е. кислотность нарастала несколько быстрее. При увеличении дозы органического йода скорость кислотообразования понижалась на 1 °Т/ч по сравнению с контролем.

Формирование молочного сгустка является одним из основных этапов в технологии производства кисломолочных продуктов, определяющим его структуру и консистенцию. Поскольку формирование сгустка при производстве кефира обеспечивается, главным образом, мезофильными стрептококками, продукт имеет нежный сгусток с преобладающими коагуляционно-конденсационным связями [2] после сквашивания. Активное развитие дрожжевой микрофлоры в процессе созревания, в свою очередь приводит к формированию продукта с пониженной вязкостью.

Внесение органического йода дает необходимую консистенцию продукта (см. таблицу 2). При повышении дозы образцы обладали жидкой консистенцией с хлопьевидным осадком белковых частиц.

Таблица 2 - Органолептические и физико-химические свойства кисломолочного продукта с органическим йодом

Показатели	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Контрольный образец
Органолептические показатели				
Внешний вид, консистенция	Однородная с нарушенным или ненарушенным сгустком, легкое газообразование	Однородная с нарушенным или ненарушенным сгустком, легкое газообразование	Однородная с нарушенным или ненарушенным сгустком, легкое газообразование	Однородная с нарушенным или ненарушенным сгустком жидкость, газообразование
Вкус и запах	Чистый кисломолочный, слегка острый вкус и запах	Чистый кисломолочный, слегка острый вкус и запах	Чистый кисломолочный, слегка острый вкус и запах, ощущается привкус йода	Чистый кисломолочный, слегка острый вкус, с дрожжевым привкусом
Цвет	Молочно-белый равномерный			Молочно-белый равномерный
Физико-химические показатели				
Массовая доля сухих веществ, %	11,4±0,2	11,9±0,2	12,1±0,2	11±0,1
Массовая доля влаги, %	88,6±0,2	88,1±0,2	87,9±0,2	89±0,2
Массовая доля жира, %	2,5±0,2	2,5±0,2	2,5±0,2	2,5±0,2
Массовая доля белка, %	2,9±0,2	2,8±0,2	2,8±0,2	2,9±0,2
Титруемая кислотность, °Т	88±0,2	85±0,2	83±0,2	90±0,2
Йод, мкг	17,9±0,2	27,24±0,2	36,58±0,2	9±0,2
Бифидобактерии	$0,19*10^{11}$	$0,37*10^{11}$	$0,56*10^{11}$	-

*-P≤0,05;**-P≤0,01; ***- P≤0,001

Изучив органолептические и физико-химические показатели, мы пришли к выводу, что все образцы по органолептическим показателям соответствуют ГОСТ, в них не наблюдается отклонений по внешнему виду и консистенции все образцы однородные с нарушенным или ненарушенным сгустком, имеют легкое газообразование, чистый кисломолочный, слегка острый вкус и запах, в 3 образце наблюдается слабовыраженный привкус йода, цвет у всех образцов молочно-белый равномерный по всей массе.

По физико-химическим показателям содержание сухого вещества увеличивается на 0,3±0,2% с увеличением дозы вносимого препарата Йодбифивит, шаг внесения которого равен 2. С увеличением дозы препарата Йодобифивит содержание йода увеличивается на 10±0,2мкг в 100 г продукта и в 2-4 раза увеличивается по сравнению с контрольным образцом. Количество бифидобактерий тоже увеличивается пропорционально увеличению дозы вносимого препарата на $0,18*10^{11}$, в контрольном образце бифидобактерии отсутствуют.

Для определения хранимоспособности кисломолочного напитка с препаратом Йодобифивит была проведена его выработка в лабораторных условиях и хранение в течение 30 суток при температуре (4 - 6) °С. В течение 17 суток контролировались физико-химические, органолептические и микробиологические показатели образцов. Внешний вид и консистенция контрольного образца и образцов с препаратом Йодобифивит были идентичны (см. рис. 2).

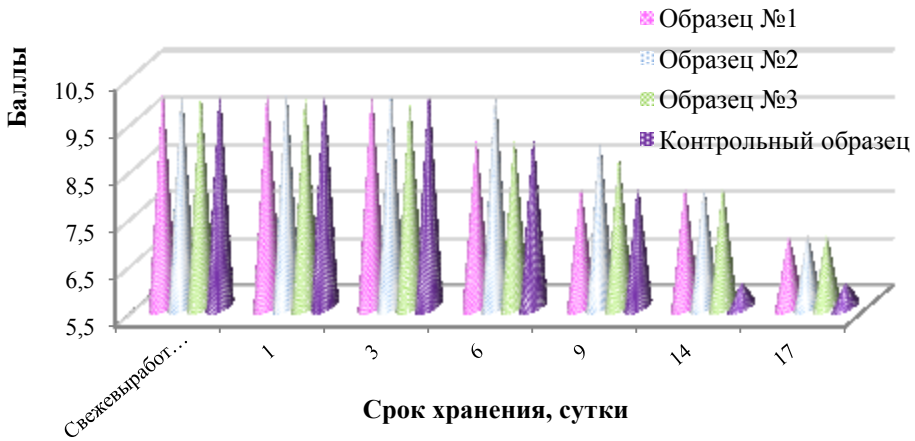


Рис. 2 – Изменение органолептических показателей образцов в процессе хранения

Незначительное снижение вязкости, для образца с органическим йодом, не влияло на плотность сгустка и привычную консистенцию продукта. Тем не менее, понижение эффективности брожения в период созревания вызывало соответствующие изменения органолептических характеристик. Снижение кислото - и газообразования в кефире придавали напитку оригинальный мягкий вкус.

На протяжении 17-ти суток в продукте продолжалось медленное развитие заквасочной микрофлоры (см. рис. 3), о чем свидетельствует нарастание титруемой кислотности и понижение активной кислотности в процессе хранения.

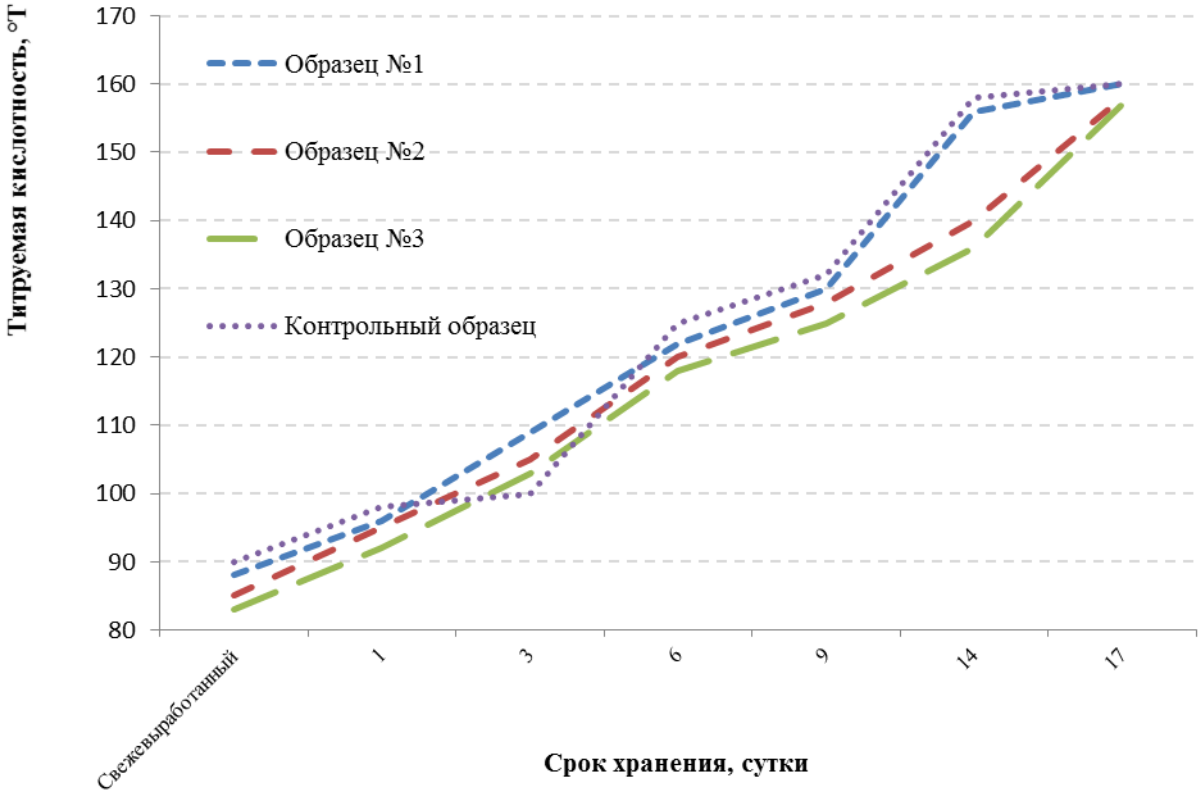


Рис. 3 – Динамика кислотообразования образцов в процессе хранения

Выводы. Разработка и внедрениеэкологически безопасных технологий производства новых обогащенных продуктов питания на молочной основе с йодированными добавками повышающих сопротивляемость тех или иных органов и систем к действию различных неблагоприятных факторов сегодня приобретает особую значимость, в том числе, и в результате эмбарго нашей страны на ввоз продуктов питания из государств, поддержавших антироссийские санкции, и может послужить качественно новым катализатором в развитии пищевых отраслей и сельскохозяйственного производства в целом

По результатам проведенных исследований можно отметить, что нарастание кислотности при использовании органического йода происходит несколько медленнее, что отразиться на сроках годности готового продукта.

Патогенная микрофлора и БГКП отсутствовали в течение всего исследуемого периода, что позволило рекомендовать срок годности напитка 7 суток.

Таким образом, кисломолочный продукт с добавлением препарата «Йодобифивит» поможет в профилактике развития йоддефицитных заболеваний у людей.

Литература

1. ***Крупнейшие мировые производители органической молочной продукции объединились***. URL: http://korovainfo.ru/news/?section_id=&element_id=35746/ (Дата обращения 20.02.2020).
2. ***Архипова А.Н.*** Разработка лечебно-профилактических кисломолочных продуктов и технологии их производства. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук, Санкт-Петербург, 1995.
3. ***Волкотруб Л.П., Караваев Н.Р., Зинченко Н.С., Ягудина А.Т.*** Гигиенические аспекты профилактики йоддефицитных состояний. -Гигиена и санитария, 2000, №3, с.28-31.
4. ***Зинчук С.Ф., Гореликова Г.А., Маюрникова Л.А., Зинчук В.Г., Воронцова И.А., Никитина И.И.*** Обеспеченность йодом и распространенность

зоба среди детей организованных коллективов г.Кемерово. Вопросы питания, №3, 1999, с.

5. ***Ковтун М.В.*** Йодирование некоторых продуктов питания и исследование их влияния на щитовидную железу крысы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Львов, 1969.
6. ***О мерах по профилактике заболеваний, связанных с дефицитом йода и других микронутриентов***. Приказ Министра здравохранения РФ №444 от 14.12.99. Новая аптека, 2000, №6, с. 139-140.
7. ***Терещенко И.В., Бармина Э.Э.*** Вопросы лечения и профилактики эндемического зоба школьников в связи с ухудшением экологических условий. Педиатрия, 1997, №5, с.78-82.
8. ***Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н.*** Коррекция микронутриентного дефицита — важнейший аспект концепции здорового питания населения России. Вопросы питания, №1, 1999, с.
9. ***Федеральный реестр БАД к пище.*** М., Минздрав РФ, Департамент Госсанэпиднадзора, 2000.126
10. ***Шалыгина А.М., Крусь Г.Н., Ганина В.И., Петухов А.А., Морозова В.В., Волокитина Э.В.*** Современные направления в разработке молочных продуктов лечебно-профилактического назначения. Обзорная информация. М., АгроНИИТЭИПП, 1997.

Поступила в редакцию: 12.11.2024 г.
Принята к публикации: 22.02.2025 г.

Сергеева Е.Ю., к.т.н., доцент кафедры Технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, **Родина Н.Д.,** к.б.н., доцент, доцент кафедры Технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, **Ковалева О.А.,** д.б.н., профессор, профессор кафедры Технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, **Соловьева А.О.,** к.т.н., доцент кафедры Технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

УДК 664.66.022.3

Хмелева Е.В.[1], кандидат технических наук, доцент
Березина Н.А.[1], доктор технических наук, профессор
Осипова Г.А.[2], доктор технических наук, профессор
[1]ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орел, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия
Khmeleva E.V.[1], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Berezina N.A.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor
Osipova G.A.[2], Doctor of Technical Sciences, Professor
[1]Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia
[2] Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia, e-mail: hmelevaev@bk.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛБЯНЫХ ОТРУБЕЙ И ТЫКВЕННОГО ПЮРЕ В ТЕХНОЛОГИИ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

(Spelt bran and pumpkin puree in wheat bread technology)

Аннотация. Исследования, направленные на разработку новых рецептур хлебобулочных изделий с направленно скорректированным химическим составом и функциональными свойствами, являются частью стратегии по здоровьесбережению нации. Работа посвящена изучению влияния различных дозировок полбяных отрубей и тыквенного пюре на хлебопекарные свойства пшеничной муки, показатели качества и срок сохранения свежести хлеба, пищевую ценность и гликемический индекс изделий. Экспериментально обоснованы и установлены рациональные дозировки используемых растительных добавок: полбяных отрубей – 10 % взамен муки, тыквенного пюре – 10 % к массе муки и отрубей, внесение которых оказывает положительный эффект на качество и сохраняемость пшеничного хлеба, позволяет обогатить изделия пищевые волокнами, снижая гликемический индекс.

Ключевые слова: полбяные отруби, тыквенное пюре, хлеб.

Annotation. Research aimed at developing new recipes for bakery products with purposefully adjusted chemical composition and functional properties is part of the nation's health-saving strategy. The work is devoted to the study of the effect of different dosages of spelt bran and pumpkin puree on the baking properties of wheat flour, quality indicators and shelf life of bread, nutritional value and glycemic index of products. The rational dosages of the vegetable additives used have been experimentally substantiated and established: spelt bran – 10% instead of flour, pumpkin puree – 10% by weight of flour and bran, the introduction of which has a positive effect on the quality and preservation of wheat bread, allows to enrich the products with dietary fiber, reducing the glycemic index.

Keywords: spelt bran, pumpkin puree, bread.

Введение. В связи с тем, что хлебобулочные изделия – это продукты массового спроса, употребляемые ежедневно всеми возрастными группами населения, актуальными представляются исследования, направленные на разработку новых рецептур хлебобулочных изделий с направленно скорректированным химическим составом и функциональными свойствами [1, 2].

Отруби – побочный продукт мукомольного производства с ценным составом, содержат высокое количество белка и пищевых волокон, сконцентрированных в оболочках зерновки и отделяемых при помоле зерна в муку. Традиционно отруби используют на кормовые цели, и лишь небольшой процент в пищевой промышленности для получения продукции диетического и функционального назначения.

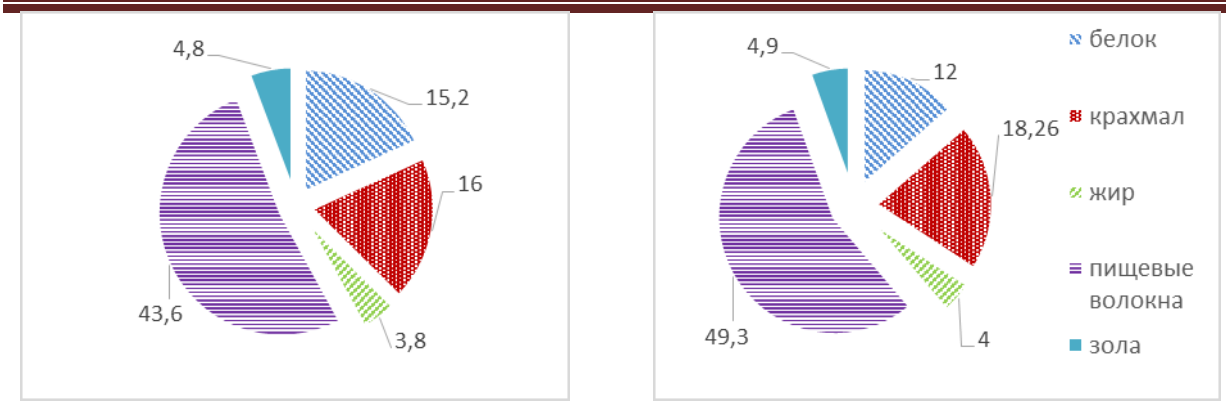
В работах ученых Кубанского технологического университета установлено положительное влияние амарантовых белковых полуобезжиренных отрубей на качество и пищевую ценность ржано-пшеничного хлеба [3], учеными Воронежского университета инженерных технологий разработана рецептура ахлоридного хлеба из смеси муки пшеничной первого сорта и цельносмолотого зерна пшеницы с внесением муки из гречишных отрубей [4], авторами [5] было исследовано влияние тонкоизмельченных пшеничных отрубей и сухой пшеничной клейковины на биологическую ценность хлеба.

В этом направлении также ведутся исследования по способам подготовки отрубей перед внесением в тесто: замачивание отрубей в 2-х %-ом растворе поваренной соли [6], пропитка отрубей раствором лимонного сока (смеси раствора лимонного сока и раствора уксусной кислоты) с pH 1-5 и выдерживание в течение 5-90 минут при соотношении отрубей к раствору 1:(1-5) [7].

Дефицит в рационе питания растительных волокон является одной их основных причин развития атеросклероза, сердечно-сосудистых заболеваний, болезней пищеварительного тракта, ожирения.

В научных работах последних лет прослеживается интерес к незаслуженно забытой зерновой культуре полбе, явно выигрывающей по содержанию многих пищевых компонентов у современной пшеницы. Отличительным свойством ее также является равномерное распределение по всей зерновке макро- и микроэлементов.

Полбяные отруби, в сравнении с пшеничными, характеризуются более высокой пищевой ценностью, определяемой исходной высокой пищевой ценностью самого зерна полбы (см. рис.1).



Пшеничные отруби *Полбяные отруби*

Рис. 1 – Содержание основных пищевых компонентов в полбяных и пшеничных отрубях (%)

Сравнительная оценка химического состава отрубей, основанная на литературных данных и экспериментальных исследованиях, показала, что отруби, отделяемые при помоле зерна полбы в сортовую муку, содержат меньше крахмала, больше белка (на 2,5 %) и пищевых волокон (на 6,5%) в сравнении с отрубями пшеничными.

Тыквенное пюре – отличная добавка, имеющая ценный химический состав в части содержания растительной клетчатки и пектиновых веществ, витаминов и минеральных компонентов (см. рис. 2). За счет пектиновых веществ пюре приобретает важный технологический эффект, заключающийся во взаимодействии этих соединений с функциональными группами белков и крахмала муки, что приводит к образованию термоустойчивых белково-полисахаридных комплексов, обладающих повышенной гидрофильной способностью. В результате чего в выпеченных хлебобулочных изделиях повышается доля прочносвязанной влаги, что приводит к замедлению их черствения и увеличению срока хранения изделий, о чем свидетельствует ряд исследовательских работ [8, 9]. Наличие каротиноидов и пектинов в тыкве позволяет придавать изделиям радиопротекторные свойства, способствуя выводу токсинов, ядовитых солей и тяжелых металлов из организма.

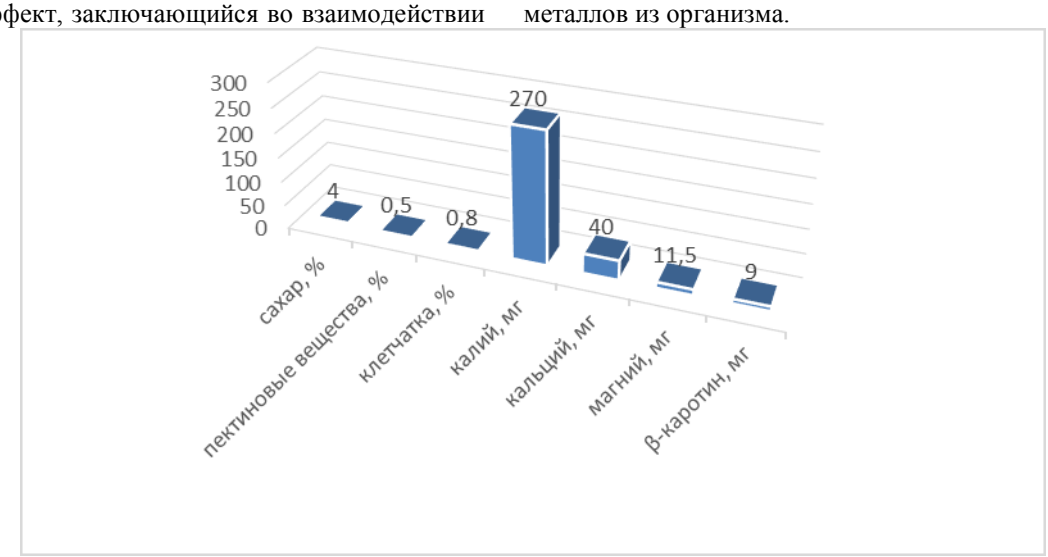


Рис. 2 – Содержание пищевых компонентов в тыквенном пюре

Цель исследований. Цель исследований заключалась в повышении пищевой ценности пшеничного хлеба и придании ему профилактической направленности за счет использования таких рецептурных компонентов, как полбяные отруби и тыквенное пюре.

Использование в рецептуре пшеничного хлеба этих компонентов (отрубей полбяных и тыквенного пюре), по нашему мнению, позволит расширить ассортимент профилактических хлебобулочных изделий, получить изделия с повышенной пищевой ценностью, характеризующиеся высокими качественными показателями.

Материалы и методы исследований

При проведении исследований использовали следующее сырье:

- мука пшеничная высшего сорта (ГОСТ 26574-2017);
- отруби из зерна полбы сорта Руно (экспериментальный образец, выработанный лабораторией техники и технологии мукомольного производства ВНИИ Зерна - филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН);
- тыквенное пюре (мякоть тыквы подвергали термической обработке при температуре 100-110 °С в

течение 15-20 минут с последующим измельчением до однородной консистенции).

Результаты исследований и их анализ

В работе определяли гранулометрический состав отрубей, поскольку размер частиц продукта влияет на его технологические свойства. Крупность полбяных отрубей определяли на лабораторном рассеве, используя комплект сит из синтетической ткани №27-ПЧ120 (размер ячеек 250 мкм), проволочной сетки №04 (размер ячеек 400 мкм) и №08 (размер ячеек 800 мкм). Установили, что используемые в исследованиях отруби представляют собой массу частиц мелкого и среднего размера (см. рис. 3).

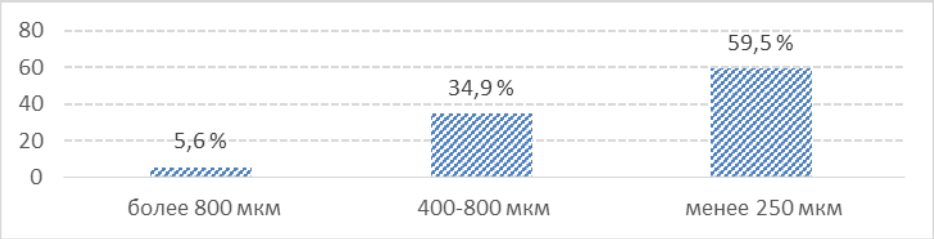


Рис. 3 – Размер частиц отрубей

Поскольку известно, что отруби могут иметь значительную обсемененность микроорганизмами, определяли содержание санитарно-показательных микроорганизмов (мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных) в них. Полученные результаты показали, что количество МАФАнМ в полбяных отрубях не превышает установленных СанПиН норм ($5*10^4$КОЕ/г).

С целью определения рациональных дозировок полбяных отрубей и тыквенного пюре при производстве пшеничного хлеба исследовали влияние их различных дозировок на хлебопекарные свойства муки пшеничной высшего сорта. В ходе эксперимента полбяные отруби вносили в количестве 5-20% взамен пшеничной муки, тыквенное пюре – в количестве 5-15 % к массе муки и отрубей. Полученные экспериментальные данные о влиянии отрубей из полбы и пюре из тыквы на основные показатели хлебопекарных свойств пшеничной муки наглядно представлены на рисунке 4 и в таблице 1.

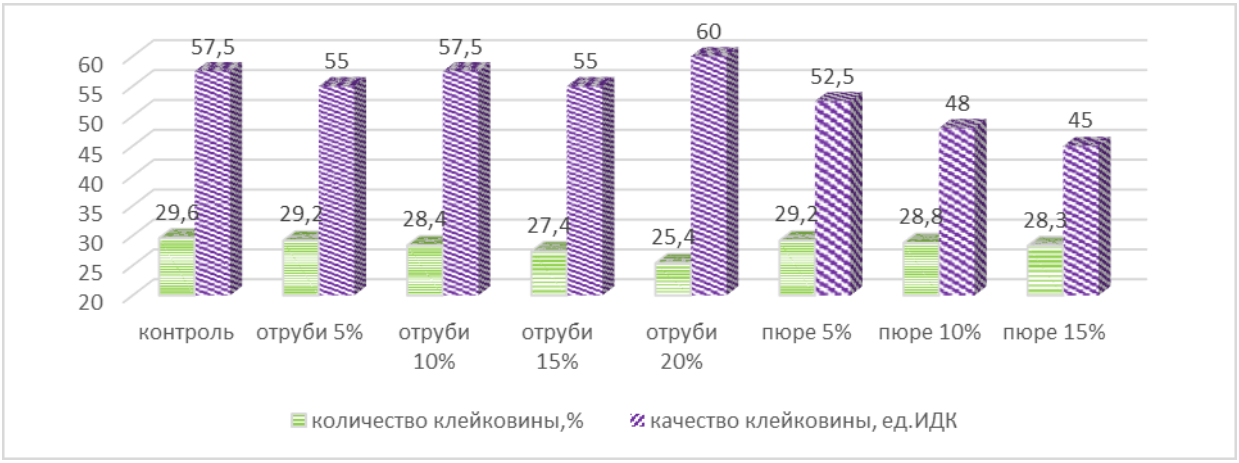


Рис. 4 – Влияние растительных добавок на содержание и качество клейковины муки

Таблица 1 – Некоторые хлебопекарные свойства муки при внесении растительных добавок

Показатель	Мука пшеничная в/с	Дозировка полбяных отрубей				Дозировка тыквенного пюре		
		5 %	10 %	15 %	20 %	5 %	10 %	15 %
Водопоглотительная способность муки, %	60	60	62	62	64	-	-	-
Кислотность, град	4,0	4,6	4,8	5,0	5,0	4,0	4,2	4,2
Число падения, сек	329	350	357	376	382	315	302	296

Анализ полученных результатов показал, что с увеличением дозировки вносимых ингредиентов происходит некоторое снижение количества сырой клейковины пшеничной муки в среднем на 1,5-15% по сравнению с контролем. Качество клейковины при внесении полбяных отрубей практически не изменяется, при внесении тыквенного пюре – наблюдается повышение упругих свойств клейковины (снижение ИДК с 57,5 до 45 ед.), вероятно связанное с образованием белково-полисахаридных комплексов, обладающих известным укрепляющим клейковину действием.

Следует отметить, что внесение полбяных отрубей приводит к увеличению водопоглотительной спо-

собности пшеничной муки, что связано с более высокой водопоглотительной способностью самих отрубей, связывающих воду адсорбционно, а также гранулометрическим составом используемых полбяных отрубей. А также с повышением процентного содержания полбяных отрубей в смеси кислотность ее закономерно увеличивается, что связано с более высокой кислотностью самих отрубей. Число падения пшеничной муки при внесении полбяных отрубей растет с увеличением дозировки отрубей (на 6,3-14,2%), и, наоборот, снижается на 4,3-10% при внесении и увеличении дозировки тыквенного пюре, но в обоих случаях остается в диапазоне оптимальных для процесса тестоведения значений.

Использование полбяных отрубей и тыквенного пюре благоприятно сказывается на структурно-механических свойствах пшеничного теста: наблюдается укрепление тестовых масс за счет образующихся в процессе замеса белково-полисахаридных комплексов и способности отрубей адсорбционно поглощать влагу. Последний факт указывает на необходимость увеличения влажности теста (примерно на 1-2%).

Путем исследования влияния различных дозировок полбяных отрубей и тыквенного пюре на показатели качества пшеничного хлеба установлены рациональные дозировки этих компонентов: полбяных отрубей – 10% взамен муки, тыквенного пюре – 10% к массе муки и отрубей. При увеличении этих дозировок происходит значительное ухудшение таких показателей, как состояние поверхности и окраска корки, структурно-механические свойства и пористость мякиша хлеба, объем хлеба. Снижение показателей качества в таком случае объясняется утяжелением теста, в результате чего сформированный каркас не может удерживать достаточное количество выделяющегося при брожении углекислого газа, приводя к получению изделий с невысоким объемом и пористостью.

Основные физико-химические показатели качества изделий, выпеченных с экспериментально установленными дозировками исследуемых добавок приведены в таблице 2. Относительно органолептических показателей качества следует отметить. что они были сопоставимы с показателями контрольных образцов (пшеничного хлеба из муки высшего сорта без добавок) за исключением показателей цвета и аромата хлеба (в опытных образцах отмечалось изменение окраски корки и мякиша на золотисто–желтый, появление небольшого сладковатого привкуса).

Изучение показателей сжимаемости и упругости мякиша хлеба при хранении в течение нескольких суток показало, что изделия с внесением растительных добавок (полбяных отрубей и пюре из тыквы) черствеют медленнее, чем изделия без их внесения.

Таблица 2 – Основные физико-химические показатели качества изделий

Показатели	Контроль	Опыт
Массовая доля влаги, %	47,0	46,0
Кислотность, град	4,1	4,2
Пористость, %	70,0	68,0
Удельный объем, $см^3/г$	3,2	3,1
Срок сохранения свежести хлеба (по структурно-механическим характеристикам мякиша), ч	72	96

Как показал комплексный анализ результатов выпекания пшеничных хлебобулочных изделий, использование в рецептуре таких растительных добавок, как отруби из полбы и пюре из тыквы, позволяет получать высококачественные изделия, и при этом продлевать срок сохранения их свежести.

Расчет пищевой ценности хлеба показал, что при добавлении отрубей полбяных и тыквенного пюре в установленных дозировках содержание в хлебе пищевых волокон увеличивается, достигая значений, позволяющих рекомендовать изделие не только для профилактического, но и для функционального питания (степень удовлетворения суточной потребности – 30,5%). Отмечено также увеличение содержания в хлебе витаминов группы В, РР, калия, магния, фосфора и железа, по сравнению с контролем.

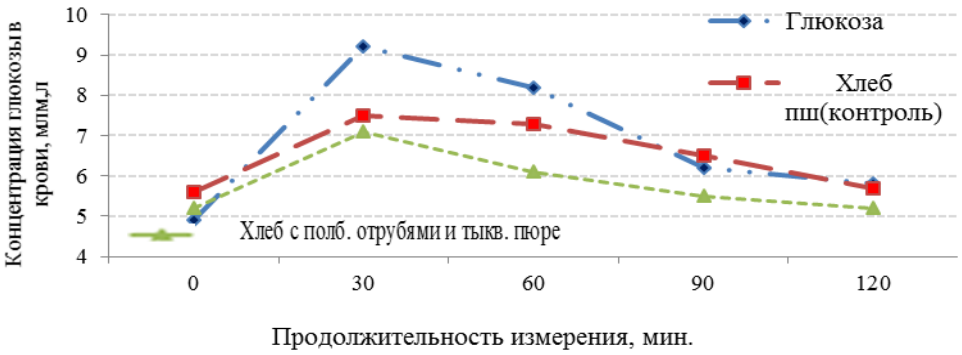


Рис. 5 – Уровень глюкозы в крови

В работе определяли гликемический индекс хлеба по концентрации глюкозы в крови с помощью прибора «Ван Тач» натощак и через 30, 60, 90 и 120 мин после принятия проб хлеба волонтерами в возрасте 21-30 лет с состоянием здоровья без явно выраженных патологий (см. рис. 5). Расчет гликемического индекса проводили путем деления максимального уровня глюкозы в крови после приема порции хлеба, содержащего 50 г углеводов к максимальному уровню после приема стандартной дозы глюкозы 50 г, и выражали в % (см. рис. 6). Тестирование изделий проводили в разные дни и время. Рассчитывали среднее значение показателя.

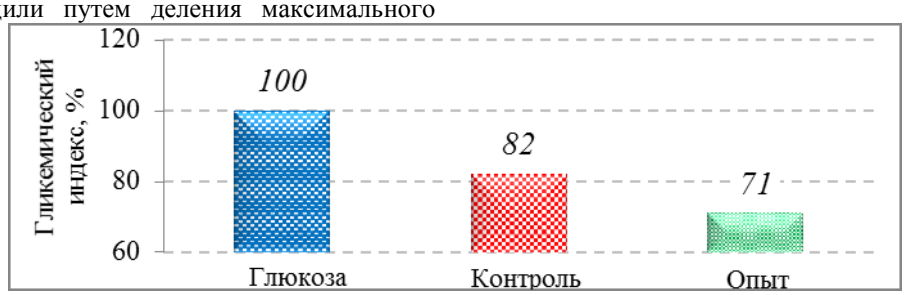


Рис. 6 – Гликемический индекс хлеба

Выявили, что употребление пшеничного хлеба с полбяными отрубями и тыквенным пюре не вызывает резкого повышения уровня глюкозы в крови и на протяжении времени измерений концентрация изменяется плавно, по сравнению с контролем и чистой глюкозой. Это связано с тем, что в разработанном хлебе содержится больше, чем в контроле, пищевых волокон, которые замедляют пищеварение и всасывание глюкозы в кровь, что способствует снижению гликемического индекса хлеба (с 82 до 71%).

Выводы. В результате проведенных комплексных исследований влияния растительных добавок (отрубей из полбы и пюре из тыквы) на хлебопекарные свойства пшеничной муки, показатели качества теста и готового хлеба, гликемический индекс хлеба показана целесообразность внесения полбяных отрубей в количестве 10% взамен муки и тыквенного пюре – 10% к массе муки и отрубей.

Литература

1. ***Эпидемиология питания: Россия 2018–2023*** / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. – М.: ТД ДеЛи, 2024. 270 с.
2. ***О состоянии здорового питания в Российской Федерации.*** Доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. 118с.
3. ***Шмалько Н.А., Смирнов С.О.*** Влияние добавления амарантовых отрубей на качество и пищевую ценность ржано-пшеничного хлеба /«Хлебопекарное производство в России – 2017: Международная промышленная академия, 2017. С. 82-85.
4. ***Пономарева Е.И., Одинцова А.В.*** Выбор рационального способа внесения муки из отрубей гречишных // Вестник ВГУИТ. 2015. №1. С. 122-125.
5. ***Саур Б.А.. Юсупов Г.А., Иванникова Н.А.*** Изучение влияния различных компонентов топкоизмельченных отрубей с добавлением сухой пшеничной клейковины на свойства теста и качество хлеба // Механика и технологии. 2016. №2. С. 108-113.
6. ***Пат. 2204256 РФ, МПК A21D8/02, A21D13/02.*** Способ приготовления теста для хлеба повышенной пищевой ценности / Санина Т.В., Черемушкина И.В., Алехина Н.Н.; патентообладатель ГОУ ВПО ВГТА. - N 2002102331/13 ; заявл. 25.01.2002 ; опубл. 20.05.2003. 5 с.
7. ***Пат. 2546208 РФ, МПК A21D8/02, A21D13/02.*** Способ производства хлебных изделий / Глашвили С.Р., Сулаберидзе Г.; патентообладатель Гелашвили Сосо Романович, Сулаберидзе Гела. – № 2013139195/13; заявл. 22.08.2013; опубл.10.04.2015, Бюл. № 10. 8 с.
8. ***Вертяков Ф.Н., Веретенников А.Н., Попова Н.В.*** Влияние дозировки тыквенного пюре на свойства пшеничного теста и качество готового хлеба // Хлебопродукты. 2009. № 8. С. 51-52.
9. ***Пат. 2646089 РФ, МПК A21D2/36, A21D13/06.*** Способ приготовления хлеба функционального назначения / Хрычева И.В.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». № 2017112903; заявл. 13.04.2017; опубл. 01.03.2018, Бюл. №7. 11 с.

Поступила в редакцию: 25.12.2024 г.
Принята к публикации: 22.02.2025 г.

Хмелева Е.В., кандидат технических наук, доцент, **Березина Н.А.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орел, Россия
Осипова Г.А., доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия, e-mail: hmelevaev@bk.ru

scientia, virtus, libertas