

СЕКЦИЯ 19

«СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРИКЛАДНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРИИ»

СОДЕРЖАНИЕ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ Афанасьева Ю.О., Клычкова М.В., канд. биол. наук, доцент, Кичко Ю.С., канд. биол. наук, доцент	3575
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЫКВЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНОГО ХЛЕБА Бедиллаева Д.Ш., Кичко Ю.С., канд. биол. наук, доцент, Клычкова М.В., канд. биол. наук, доцент	3582
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ АНТИКОРРОЗИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА И АГРЕССИВНЫХ СРЕД Белов А.Г., канд. техн. наук, Антимонов С.В., канд. техн. наук, доцент, Высоких В.А.....	3588
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА Белов А.Г., канд. техн. наук, Антимонов С.В., канд. техн. наук, доцент, Высоких В.А.	3592
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БЕЛКОВЫХ ИЗОЛЯТОВ ИЗ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ Берестова А.В., канд. техн. наук, доцент, Чеботарев А.В.....	3596
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ И ПЕНОГАШЕНИЯ АМИНОВЫХ РАСТВОРОВ Берестова А.В., канд. техн. наук, доцент	3600
СУБЛИМИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ, ИХ СОСТАВ И ФАЛЬСИФИКАЦИЯ Бурцев И.Ш., Быков А.В. д-р биол. наук, доцент	3606
АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ГИДРАТАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА Быков А.В., д-р биол. наук, доцент, Кван О.В., д- р биол. наук, профессор	3610
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОГО НЕОЧИЩЕННОГО МАСЛА Быков А.В., д-р биол. наук, доцент, Бочкарева И.А., канд. техн. наук, доцент	3614
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПАРОВОЙ ГИДРАТАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА Быков А.В., д-р биол. наук, доцент	3620
ЩЕЛОЧНОЙ МЕТОД ОЧИСТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ РАСТВОРОМ ГИДРООКСИДА НАТРИЯ (NAOH) В ПРИСУТСТВИИ РАСТВОРА КАРБОНАТА НАТРИЯ (NA ₂ CO ₃) Быков А.В., д-р биол. наук, доцент	3624
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ ЗЕРНА НУТА Ваншин В.В., канд с.-х. наук, доцент, Ваншина Е.А., канд. пед. наук, доцент	3629
РАЗРАБОТКА ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ РОТОРА ДРОБИЛКИ СО СНИЖЕННОЙ МЕТАЛЛОЁМКОСТЬЮ Волошин Е.В., канд. техн. наук,	

доцент, Антимонов С.В., канд. техн. наук, доцент, Белов А.Г., канд. техн. наук, доцент, Бочкарева И.А., канд. техн. наук, доцент	3633
СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ КРУПЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ХРАНЕНИИ Никифорова Т.А., д-р техн. наук, профессор, Волошин Е.В., канд. техн. наук, доцент	3636
ВЕЩЕСТВА КВОРУМ СЕНСИНГА, ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ Горбенко Е.С., Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор	3640
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЫРА И СЫРНОГО ПРОДУКТА С ГОРОХОВЫМ ПРОТЕИНОМ Догарева Н.Г., канд. с.-х. наук, доцент, Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор	3644
МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ ПУТЕМ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ Калмагамбетов А.Н., Ханин В.П., канд. техн. наук, доцент.....	3652
ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ОКСИДА ХРОМА НА ГИДРОБИНТОВ Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент, Емельянов Н.С.	3657
ИРИКЛИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ: СОЗДАНИЕ, ФОРМИРОВАНИЕ ИХТИОФАУНЫ, ОСВОЕНИЕ Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент, Шульга Д.С.	3663
ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА В АКВАКУЛЬТУРЕ Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент, Литвинова П.С.	3670
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОКОМПОЗИТА ЖЕЛЕЗА В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент, Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор, Аринжанов А.Е., канд. с.-х. наук, доцент, Мингазова М.С., канд. биол. наук	3674
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СТОЙКОЙ К СЕРОВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИМ СРЕДАМ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ Клименко И.С., Бочкарева И.А., канд. техн. наук, доцент, Клименко А.С.....	3680
БЕЗАЛКОГОЛЬНЫЕ НАПИТКИ НА ОСНОВЕ МЕДА Крахмалева Т.М., канд. техн. наук, доцент.....	3686
ВЛИЯНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ СТАЛИ В РАБОЧИХ КАМЕРАХ ТЕПЛО АГРЕГАТОВ Мананников А.М.	3690
ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ И КОРРОЗИЮ МЕТАЛЛОВ Мананникова О.С.....	3694
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА Машков А.В., Манеева Э.Ш., канд. биол. наук, доцент.....	3698

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ДОБАВКИ В КОРМЛЕНИИ КАРПА Мингазова М.С., канд. биол. наук, Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор, Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент, Аринжанов А.Е., канд. с.-х. наук, доцент	3702
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАНИЛИНА И УДЧ SiO ₂ В РАЦИОНЕ КАРПА Мингазова М.С., канд. биол. наук	3706
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТА MN-C В КОРМЛЕНИИ ПТИЦЫ Мингазова М.С., канд. биол. наук, Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор, Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент Аринжанов А.Е., канд. с.-х. наук, доцент	3710
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Отегенова А.С., Дусаева Х.Б. канд. с.-х. наук, доцент	3714
ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ БЕЛКОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК Прокофьева А.А., Быков А.В., д-р биол. наук, доцент.....	3718
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КЕКСА С ДОБАВКОЙ ФИНИКОВОГО СИРОПА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПОСОБА ВЫПЕЧКИ Сидоренко Г.А., канд. техн. наук, доцент, Попов В.П., канд. техн. наук, доцент, Солдатова А.Ф.	3723
РЕОЛОГИЯ ТЕСТА ИЗ МУКИ РАЗЛИЧНЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР Федотов В.А., д-р техн. наук, доцент, Щетинина Д.С., Герингер Г.И., Кондин Е.А., Гуревич Я.И.	3727
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В РОССИИ Федотов В.А., д-р техн. наук, доцент, Явкина Д.И., канд. техн. наук, доцент, Шишак А.А., Медведев П.В., д-р техн. наук, профессор, Лукьянова Е.С.....	3730
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ МУКОМОЛЬНЫХ ЗАВОДОВ Федотов В.А., д-р техн. наук, доцент, Бочкарева И.А., канд. техн. наук, доцент, Лебедева А.А., Медведев П.В., д-р техн. наук, профессор, Шишак А.А.	3733
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СПЛОШНЫХ СРЕД В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ Ханин В.П., канд. техн. наук, доцент, Ханина Т.В.....	3736
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ 1,4-БУТАНДИОЛА Хусаинов Ф.Ф., Манеева Э.Ш., канд. биол. наук, доцент.....	3744
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИМЕРОВ Шароварова И.С., Ханин В.П., канд. техн. наук, доцент	3749

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

**Афанасьева Ю.О., Клычкова М.В., канд. биол. наук, доцент,
Кичко Ю.С., канд. биол. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В последнее время растёт популярность продуктов, обладающих функциональными свойствами, способных обеспечивать человека сбалансированной пищевой и биологической ценностью. Среди лидеров по созданию качественных новых пищевых продуктов является молочная сыворотка [1].

Молочная сыворотка отличается высокой биологической ценностью, содержащей полный спектр незаменимых аминокислот, витамины группы В, витамин С, а также микро- и макроэлементы, включая кальций, калий, фосфор, железо и цинк. Она характеризуется низким содержанием жиров, вследствие чего не оказывает значительного влияния на энергетическую ценность конечного продукта [2].

Современным направлением переработки сыворотки является введение её в кондитерские изделия. Одним из таких изделий является мармелад, который благодаря своим органолептическим характеристикам и разнообразию вкусовых сочетаний пользуется неизменной популярностью у потребителей. Традиционно мармелад изготавливается из фруктовых пюре, сахара и желирующих агентов, таких как пектин. Однако в последние годы наблюдается тенденция к обогащению мармелада дополнительными ингредиентами, повышающими его пищевую ценность и функциональные свойства [3].

В данной статье представлен аналитический обзор научных источников литературы о роли молочной сыворотки как функционального продукта в питании человека. Поиск информации был выполнен в электронных библиотеках eLibrary и Cyberleninka по ключевым словам: молоко, молочная сыворотка, побочные продукты, молочная промышленность.

При переработке молока помимо основного продукта производитель получает вторичное сырьё такое как: обезжиренное молоко, молочную сыворотку и пахту. Наиболее распространенным побочным сырьём является молочная сыворотка, получаемая при производстве белковых продуктов. Выделяют следующие виды молочной сыворотки:

1. Подсырная – получают при изготовлении сыра, имеет сладковатый привкус;
2. Творожная – образуется при производстве творога, имеет характерный кислый вкус;
3. Казеиновая – получается при изготовлении казеина, совмещает вкусовые качества выше представленных видов [4].

Химический состав молочной сыворотки представлен в таблице 1 [5].

Таблица 1 - Химический состав молочной сыворотки

Показатели	Молочная сыворотка		
	подсырная	творожная	казеиновая
Сухое вещество, %, в т.ч.:	4,5-7,2	4,2-7,4	4,5-7,5
молочный жир	0,05-0,5	0,05-0,4	0,02-0,1
белок	0,5-1,1	0,5-1,4	0,5-1,5
лактоза	3,9-4,9	3,2-5,1	3,5-5,2
минеральные соли	0,3-0,8	0,5-0,8	0,3-0,9
Кислотность, Т	15-25	50-85	50-120
Плотность, кг/см ³	1018-1027	1019-1026	1020-1025

В составе сыворотки содержится около 20 % белков молока. При этом белки молочной сыворотки содержат больше незаменимых аминокислот, чем казеины, и считаются более полноценными с точки зрения физиологии питания. По биологической ценности сывороточный белок превосходит белок куриного яйца, являющегося эталоном в питательной оценке пищевых продуктов [6].

Сбалансированное употребление сыворотки благотворно влияет на организм человека. Включение данного продукта в рацион способствует регулированию функции желудочно-кишечного тракта, улучшает процесс обмена веществ, избавляет от неприятных симптомов при хронической форме панкреатита и гастрита, а также подавляет аппетит, ускоряет метаболизм и сохраняет мышечную массу при похудении. Кроме того молочная сыворотка улучшает кровообращение, укрепляет стенки кровеносных сосудов и нормализует артериальное давление. Сыворотка способствует выработке глутатиона – антиоксиданта, содержащегося во всех клетках организма. Он улавливает свободные радикалы, которые вызывают повреждения, рак и заболевания, связанные со старением. Также молочная сыворотка положительно воздействует на состояние кожных покровов и укрепляет волосяные луковицы, защищая их от возникновения перхоти [7].

Наряду с полезными свойствами, молочная сыворотка может нанести вред организму. Не рекомендуется употреблять сыворотку людям с непереносимостью молочного белка и склонностью к диарее, проблемами с почками, так как она провоцирует образование камней. Рекомендованная дозировка в сутки для взрослого человека составляет 300-600 грамм [8].

Так же людям с синдромом непереносимости лактозы не рекомендуется использовать в рационе молочную сыворотку. Известно, что более 60% населения не могут употреблять в пищу молочные продукты, поскольку имеют активность фермента лактазы низкого уровня и пониженную способность переваривать лактозу из молочных продуктов. В Америке это около 50 %, в Азии 70 %, в Африке почти 100 % населения [9].

Ассортимент продуктов из молочной сыворотки достаточно широкий. Наиболее распространёнными продуктами с добавлением данного сырья

являются сывороточные напитки с вкусовыми и ароматическими добавками, желе, десерты, продукты диетического питания, а также хлеб, блины и другие сдобные изделия, для которых используется сыворотка в качестве основы [10].

Молочная сыворотка также может применяться в медицине и косметологии. Она оказывает положительное воздействие на кровеносные сосуды (укрепляет стенки и улучшает состояние), а также применяется при сахарном диабете (вызывает повышенный синтез инсулина), панкреатите (служит источником витаминов и микроэлементов), гастрите (способствует выработке желудочного сока), нарушениях работы кишечника (очищает организм от токсинов) [11].

Сегодня широкое распространение получили функциональные напитки, основой которых служит молочная сыворотка. Такие продукты отличаются легкостью приготовления и возможностью быстрого введения различных нутриентов, улучшающих пищевую ценность [12].

Катюхиной Т.О. (2023) было показано, что обогащение сывороточных напитков экстрактами растений существенно повышает их биологическую активность и органолептические свойства. Подобные исследования открывают перспективы создания продуктов с заданными характеристиками для диетического и лечебно-профилактического питания.

Рыженко Д.В. (2003) разработаны продукты функционального назначения на основе молочной сыворотки и зерновых добавок. В результате исследования было установлено, что использование в рецептурах многокомпонентных продуктов пектина, пшеничных зародышевых хлопьев и пшеничных отрубей позволило обогатить функциональные продукты.

Петухов Т.Ю. (2020) разработал технологию хлеба, в процессе приготовления которого использовалась предварительно ферментированная молочная сыворотка лактококковыми штаммами. Были использованы бактерии *Lactococcus lactis*, способные производить соединение диацетил, придающее хлебу характерный сливочный аромат. В результате разработан новый продукт — хлеб, приготовленный с использованием сыворотки, обладающий уникальным ароматом и нежной структурой.

Чекалевым А.В. и Острцовым Н.Г. (2014) изучены оптимальные сочетания концентраций концентратов пахты и сыворотки для улучшения консистенции молочных продуктов. Установлено, что наилучший баланс достигается при сочетании ингредиентов в пропорции 75 % пахты и 25 % сыворотки, обеспечивающей требуемые органолептические и физико-химические свойства [13].

В работе Петухова Т.Ю. (2020) была исследована возможность использования молочной сыворотки в производстве кумыса. В ходе проведения эксперимента были составлены несколько вариантов опытных образцов по соотношению обезжиренного молока и сыворотки. Наиболее благоприятным оказался образец, в котором соотношение молока и сыворотки составило 70:30.

Новокшановой А.Л. (2013) проведен глубокий анализ влияния состава молочной сыворотки на разработку регидрационных напитков. Было доказано,

что сочетание натуральной сыворотки и питьевой воды в соотношении 1:2 позволяет создать высококачественный спортивный напиток с оптимальным осмотическим давлением.

Помимо напитков несколькими авторами была рассмотрена технология производства мармелада из молочной сыворотки [14].

Табакаева О.В и Гришина Е.А. (2025) обосновали использование молочной сыворотки в рецептуре мармелада. В качестве дополнительных компонентов в работе использовался отвар водоросли *Ulva Lactuca* и концентрированный гранатовый сок (Концентрированный гранатовый сок «AgroPrim»).

Монгуш С.Д. и Кыргыз Ш.А. (2018) предложили технологию производства мармелада на основе молочной сыворотки. В качестве фруктового концентрата было использовано варенье плодово-ягодных культур, желирующим агентом выступал желатин. По органолептическим характеристикам опытные образцы мармелада не уступали мармеладу крупных производителей, произведенному по традиционной рецептуре.

В работе Бады А.С. и Куулар С.Ш. (2018) так же была выработана подобная технология, но в исследовании была использована сыворотка двух видов: творожная и подсырная. Такой способ использования сыворотки позволил оптимизировать кислотность и органолептические характеристики продукта. Для молочной сыворотки так же нашлось применение в мясной промышленности.

Ученые рассматривали влияние молочной сыворотки на прочностные характеристики варено-копченых продуктов. В данном случае молочную сыворотку использовали при посоле ветчинных изделий из свинины. Отмечено, что введение молочной сыворотки в рассол увеличивает степень набухания волокон и способствует накоплению между ними мелкозернистой белковой массы. Это повышает монолитность продукта при изготовлении его из отдельных кусочков [15].

В работе Войчак К.М. (2015) исследовали влияние использования маринада на основе кислой молочной сыворотки и кислого молока на качество и безопасность мясных продуктов из говядины. Экспериментально подтверждено, что продукция с добавлением молочной сыворотки приобретает дополнительную защиту от окисления и патогенных микроорганизмов, продлевая срок хранения, предоставляя возможность не использовать стартовые культуры.

Штанько Т.И. (2010) разработана технология посола лососевой икры с использованием молочной сыворотки. Технологический процесс заготовки икры помимо традиционной технологии включал в себя выдержку в растворе молочной сыворотки и далее основной посол. Сделан вывод, что при использовании молочной сыворотки улучшается вкус и запах икры, маскируется ее соленость, повышается стойкость при хранении. В результате получается микробиологически безопасный и экологически чистый продукт с минимальным содержанием консервантов.

Анализ представленных материалов позволил сделать заключение о высоком потенциале молочной сыворотки в создании функциональных продуктов питания. Благодаря богатому составу аминокислот, витаминов и микроэлементов, а также низкому содержанию жира, молочная сыворотка идеально подходит для разработки новых видов продуктов, обладающих значительной пищевой и биологической ценностью [16].

Дальнейшие перспективы расширения ассортимента продуктов на основе молочной сыворотки включают углублённую переработку, направленные изменения технологического процесса и возможное дальнейшее обогащение такими ингредиентами, как пробиотики, пребиотики и фитокомплексы [18].

В целом молочная сыворотка выступает как перспективный источник сырья для создания функциональной продукции, способствующей укреплению здоровья и поддержанию нормального функционирования организма [17].

Опираясь на изученный материал, целью дальнейших исследований будет являться разработка рецептуры и технологии мармелада на основе молочной сыворотки с применением пектина и обогащенного черным кунжутом.

Список литературы

1. Бады, А. С. Технология производства мармелада на основе молочной сыворотки / А. С. Бады, А. С. Ш. Куулар // МНСК-2018: Сельскохозяйственные науки : Материалы 56-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 22–27 апреля 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2018. – С. 82–83.

2. Бисьева, А. В. Технология лососевой икры с использованием молочной сыворотки // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. - Владивосток: Дальневост. гос. техн. рыбохоз. ун-т., 2010. - С. 171-175.

3. Гаврилов, Г. Б. Заменитель цельного молока на основе концентрата молочной сыворотки / Г. Б. Гаврилов, С. А. Куренков, Л. А. Куренкова // Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития : Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, Волгоград, 11 октября 2016 года. Том Выпуск III. – Волгоград: Инновационный центр развития образования и науки, 2016. – С. 117-121.

4. Катюхина, Т. О. Перспективы обогащения молочной сыворотки нутриентами для создания функционального напитка / Т. О. Катюхина, Н. Л. Потураева, И. С. Милентьева // Материалы XI Инновационного конвента «Кузбасс: образование, наука, инновации». – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2023. – С. 145–146.

5. Лисицын, В. А. Функциональные продукты питания на основе молочной сыворотки, перспективы переработки молочной сыворотки / В. А. Лисицын, О. В. Пономаренко // Пищевые инновации и биотехнологии : Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 17 мая 2022 года / Под общей

редакцией А.Ю. Просекова. Том 1. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 268-270.

6. Мокова, А. Э. Молочная сыворотка как основа для производства продуктов функционального назначения / А. Э. Мокова, О. А. Огнева // Virtuozы науки : Сборник тезисов Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных за 2023 г, Краснодар, 06–15 ноября 2023 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2024. – С. 481-482.

7. Мокова, А. Э. Молочная сыворотка как продукт вторичной переработки молока / А. Э. Мокова, О. А. Огнева // Вектор современной науки : Сборник тезисов по материалам Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Краснодар, 15 ноября 2022 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 869-871.

8. Монгуш, С. Д. Технология производства мармелада на основе молочной сыворотки / С. Д. Монгуш, Ш. А. Кыргыз // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 4-4. – С. 671-673.

9. Новокшанова, А. Л. Использование сывороточного белкового компонента в составе диетического питания / А. Л. Новокшанова, Е. В. Ожиганова // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82, № 6. – С. 71–74.

10. Огнева, О. А. Молочная сыворотка - ценное сырье для производства функциональных продуктов питания / О. А. Огнева, О. О. Гладкая // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 года / Ответственный за выпуск: А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 953-955.

11. Петухова, Т. Ю. Перспективы использования коровьего молока и сыворотки для производства кумыса / Т. Ю. Петухова // Молодой исследователь: от идеи к проекту : Материалы IV студенческой научно-практической конференции, Йошкар-Ола, 15 июня 2020 года. – Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2020. – С. 67-69.

12. Рыженков, Д. В. Разработка продуктов функционального назначения на основе молочной сыворотки и зерновых добавок : специальность 05.18.04 "Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рыженков Дмитрий Валерьевич. – Кемерово, 2003. – 17 с.

13. Табакаева, О. В. Обоснование использования молочной сыворотки в рецептуре мармелада / О. В. Табакаева, Е. А. Гришина // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2025. – Т. 71, № 1. – С. 93–104.

14. Тимофеевская, С. А. Влияние использования маринада на основе кислой молочной сыворотки и кислого молока на качество и безопасность мясных продуктов из говядины // Реферативный журнал. - 2016. - №2. - С. 487.

15. Тимофеевская, С. А. Влияние молочной сыворотки на прочностные характеристики варёно-копчёных продуктов [Использование при посоле ветчинных изделий из свинины] / С. А. Тимофеевская, Л. С. Кудряшов, С. И. Хвыля, Г. В. Садовская // Мясная индустрия. – 2011. – № 8. – С. 25–28.

16. Чагарова, М. И. Функциональные продукты питания как инновационные в пищевой биотехнологии / М. И. Чагарова, В. П. Емельяненко // Материалы XI Инновационного конвента «Кузбасс: образование, наука, инновации». – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2023. – С. 220–222.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЫКВЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНОГО ХЛЕБА

**Бедиллаева Д.Ш., Кичко Ю.С., канд. биол. наук, доцент,
Клычкова М.В., канд. биол. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В мясоперерабатывающей промышленности и сыроделии находят применение продукты переработки тыквы. Актуальность работы в том, что тыква эффективной многофункциональной добавкой, которая одновременно повышает пищевую ценность продукта, улучшает его влагоудерживающие и структурные свойства, позволяет снизить себестоимость и обеспечивает соответствие трендам на натуральность. Тыквенная мука используется в рецептурах мясного хлеба, а семена тыквы служат натуральной добавкой и декором для различных видов сыра. Исследования Н.П. Безруковой показали, что включение семян тыквы в рецептуру сыров позволяет целенаправленно моделировать их жирнокислотный состав, обогащая сырную матрицу ценными ненасыщенными кислотами и повышая пищевую ценность продукта [3].

Органолептические оценки, проведённые Т.В. Ступко, подтвердили, что даже при добавлении 1,7% семян тыквы сыр сохраняет выраженный сырный запах и сливочный вкус, в то время как увеличение доли добавки до 4,2% и 8,3% придаёт продукту лёгкий ореховый оттенок в аромате и характерную пикантную горчинку во вкусе [15]. Анализ жирнокислотного состава контрольных образцов, соответствующих ГОСТ, выявил низкую долю полиненасыщенных кислот (2,6%), что подчёркивает потенциал использования подобных обогатителей [15].

Параллельно с сыроделием, принцип внесения функциональных растительных компонентов для улучшения состава и свойств продукта находит применение и в мясной промышленности, в частности, при производстве мясного хлеба.

Мясной хлеб относится к категории вареных колбасных изделий, которое выпекается без оболочки в виде четырехгранных батонов массой от 0,5 до 2,5 кг [9]. Внешне продукт напоминает формовой ржаной хлеб и характеризуется образованием поджаренной корочки на поверхности, выполняющей защитную функцию для фарша. Как отмечается в исследовании Зеленцовой А.С. и Шпак Т.И., по разработке технологии производства мясного хлеба с тыквой, продукт служит ценным источником белка и питательных веществ, обладая при этом насыщенным вкусом [1].

Широкий ассортиментный ряд продукции включает различные варианты начинок — от традиционных колбасных до оригинальных комбинаций с овощами и специями, что удовлетворяет разнообразные потребительские предпочтения [13]. Для систематизации обширного ассортимента изделия

классифицируют по видам обработки, сортам используемого мяса, качественному и количественному составу сырья.

Обогащение мясных продуктов растительными компонентами — перспективное направление для создания сбалансированного питания. Такие добавки повышают пищевую ценность, улучшают структуру продукта и стимулируют пищеварение [2]. Особого внимания заслуживает тыква — недооцененный в промышленности овощ, обладающий свойствами природного пробиотика. Благодаря высокому содержанию каротина тыква также действует как гепатопротектор и способствует улучшению пищеварения [7].

Плоды тыквы относятся к ценным диетическим продуктам, содержащим комплекс биологически активных соединений: легкоусвояемые белки, пектины, углеводы, крахмал, органические кислоты, жиры, витамины и минеральные соли [12]. Такой разнообразный состав делает тыкву эффективным компонентом для обогащения мясных хлебов.

Использование тыквы в рецептуре мясного хлеба является эффективным способом повышения его пищевой ценности. Тыква, обладая богатым составом (витамины, минералы, клетчатка, β -каротин) и низкой калорийностью, обогащает продукт полезными веществами, не нарушая при этом его традиционных вкусовых и ароматических качеств [10].

Мясные полуфабрикаты - логичное решение для современного ритма жизни, позволяющее сохранить питательную ценность мяса при значительной экономии времени [14]. Они представляют собой предварительно обработанное мясо (в виде котлет, пельменей, гуляша и т.д.), доведенное до разной степени готовности. Их ключевые преимущества — удобство, стандартизированный состав и увеличенный срок хранения, что делает их популярной альтернативой сырому мясу без потери пищевой ценности [14]. Среди многообразия мясных полуфабрикатов особое место занимает мясной хлеб — формовое изделие из мясного фарша, запеченное до образования румяной корочки. Для повышения его пищевой ценности и улучшения структуры в рецептуру успешно добавляют тыкву, которая обогащает продукт клетчаткой, витаминами и придает сочность, не нарушая традиционного вкуса [4].

Кебжасарова З.И. с соавторами предложили рецептуру мясного хлеба с тыквой. Для приготовления мясного рулета взяли: фарш из говядины – 500 г., тыква – 300 г., картофель – 170 г., яйцо – 1 шт., приправы для мяса – 1,5 ч.л., панировочные сухари – 3 ст.л., кетчуп – 2 ст.л., растительное масло – 1 ст.л., соль и перец - по вкусу [11].

Тыква и говядина – это два продукта, которые могут обладать удивительными вкусовыми качествами отдельно, но в сочетании они создают настоящую гастрономическую гармонию [11]. Помимо прекрасного сочетания вкусов, эти продукты обладают и множеством полезных свойств для здоровья. Рассмотрим, почему тыква в сочетании с мясом говядины так полезна.

Сочетание тыквы и говядины в рецептуре мясного хлеба позволяет создать продукт с повышенной пищевой ценностью. Тыква, являясь источником биоактивных соединений, вносит в продукт витамины-

антиоксиданты (А, С, Е), витамины группы В и комплекс макро- и микроэлементов (калий, железо, цинк, магний) [9]. Говядина, в свою очередь, обеспечивает высококачественный белок, содержащий незаменимые аминокислоты, и хорошо усваиваемое гемовое железо.

Важным технологическим и физиологическим преимуществом является синергизм компонентов. Аскорбиновая кислота из тыквы потенцирует усвоение железа из мясного сырья, а совместное содержание пищевых волокон и белков способствует нормализации функций желудочно-кишечного тракта и оказывает положительное влияние на липидный обмен [13]. Таким образом, комбинация этих ингредиентов позволяет получить продукт функциональной направленности.

Тыква, характеризуясь ценным химическим составом и низкой калорийностью, является эффективным компонентом для обогащения мясного хлеба. При этом её нейтральный вкус и аромат сохраняют традиционные органолептические свойства готового продукта [6]. Химический состав тыквы представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав тыквы (по Горшков В.В., 2018)

Показатель	Массовая доля в 100 г
Пектиновые вещества, г	8,0
Клетчатка, г	5,0
Зола, г	0,84
β-каротин	3,41
Витамин С, мг	8,9
Са, мг	22,3
Mg, мг	14,6
Fe, мг	3,9

Научные данные подтверждают, что тыква не только улучшает сочность и текстуру мясных полуфабрикатов, но и служит источником биологически активных веществ (β-каротин, пектины), повышая их функционально-профилактическую ценность [6].

Семена тыквы — ценный, но недооценённый источник белка и масла. Из-за глобального дефицита белка важно искать новые нетрадиционные источники [2]. В Узбекистане таким перспективным, но почти неиспользуемым ресурсом являются семена тыквы, которые составляют до 5% массы плода и остаются в виде отходов после переработки мякоти на соки и пюре. Хотя они содержат свыше 30% белка и до 40% масла, их применение ограничивается частичным использованием в комбикормах. Таким образом, существует значительный потенциал для вовлечения этого вторичного сырья в пищевую промышленность [12].

Дополнительные исследования органолептики мясного хлеба с тыквой выявили зависимость между степенью измельчения тыквенного пюре и восприятием текстуры. Было установлено, что использование гомогенизированной тыквенной массы способствует созданию более нежного и

пластичного фарша, в то время как добавление тыквы, измельченной до частиц размером 2-3 мм, придает продукту легкую зернистость, которая положительно оценивается частью потребителей. Во всех вариантах добавление тыквы способствовало устранению излишней плотности, характерной для традиционного рецепта. Согласно рисунку 1, увеличение доли тыквы в мясном хлебе при одновременном сокращении шпика приводит к снижению массовой доли жира и белка, но повышает содержание пищевых волокон.

Микробиологические исследования подтвердили безопасность мясных хлебов: патогенные микроорганизмы и бактерии группы кишечной палочки не обнаружены, а количество КМАФАнМ составило 1×10^2 КОЕ/г [12].

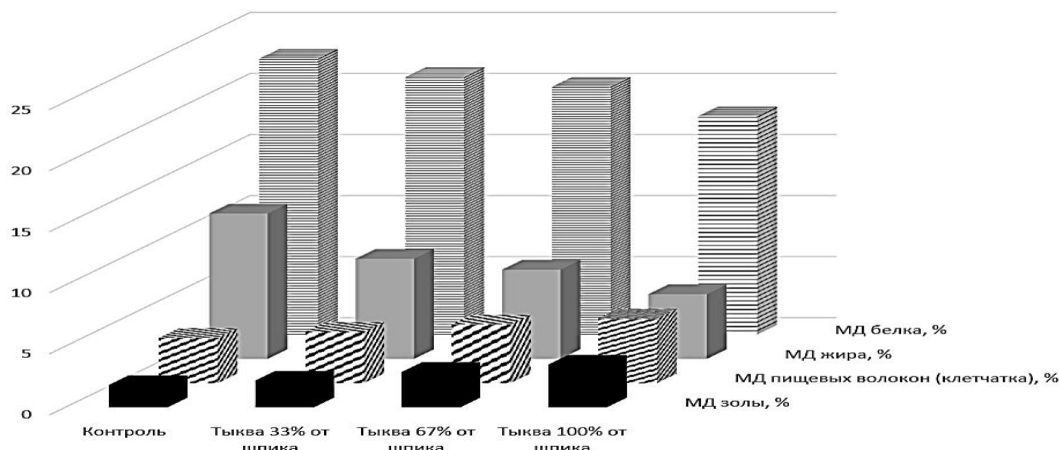


Рисунок 1 - Физико-химический состав мясного хлеба (Наумова Н.Л., 2019)

Однако, для производства полуфабрикатов из мяса, птицы и рыбы используют также муку из тыквы. Тыквенная мука, производимая из семян, представляет собой ценный функциональный ингредиент для обогащения мясных, рыбных и птицеводческих полуфабрикатов [4]. Её применение позволяет повысить пищевую ценность продуктов: содержание белка составляет 43% от энергетической ценности, что соответствует статусу продукта с «высоким содержанием белка», а доля полиненасыщенных жирных кислот достигает 22,5%, что характеризует её как источник ПНЖК [5]. Экспериментальные исследования подтверждают, что добавление этой муки вместо пшеничного хлеба в рецептуры эффективно увеличивает белковую составляющую, улучшая питательный профиль готовых изделий (таблица 2) [8].

Таблица 2 - Сухие вещества и калорийность муки из семян тыквы (по Завьяловой Т.И., Костко И.Г., 2015)

Сырье	Белки	Жиры	Углеводы	Пищ. Волокна	Калорийность
Мука из семян тыквы	43 г	10 г	35 г	6 г	400ккал/1674кДж
Хлеб пшеничный	7,5 г	3 г	51 г	3 г	260ккал/1090кДж
Сравнение значений	+35,5	+7	-16	+3	+140/+584

В работе Сойко, О.В. провели исследование по замещению ингредиентов на функциональный продукт в блюда из рыбы, мяса и птицы сравнительная сохранность массы достигает не менее 85% [14].

Сравнивая с классической рецептурой, получается сохранность мяса 83%, сохранность рыбы 78% и сохранность птицы 84%, а в экспериментальной рецептуре сохранность из мяса – 88%, из рыбы- 87%, из птицы-88% [14].

Проведенный анализ подтвердил перспективность использования тыквы в рецептурах мясных продуктов, в частности мясного хлеба. Установлено, что частичная замена традиционных жировых компонентов (шпика) тыквенным пюре позволяет не только обогатить продукт биологически активными веществами (β -каротин, пектины, витамины, минералы), но и целенаправленно модифицировать его функционально-технологические и органолептические свойства.

Доказано, что введение тыквы способствует повышению сочности и улучшению текстуры готового изделия, формируя при этом привлекательный цвет и нежный, сбалансированный вкус. Оптимальные потребительские характеристики были достигнуты при уровне замены шпика на тыкву в диапазоне 15-25%. Физико-химический анализ выявил закономерное снижение массовой доли жира и белка с увеличением доли растительного сырья при одновременном росте содержания пищевых волокон. Микробиологические показатели готовой продукции на всех этапах хранения соответствовали установленным нормативам безопасности.

Таким образом, внедрение тыквенных компонентов позволяет создавать новые виды обогащенной и функциональной продукции в мясной и молочной отраслях. Рецептура мясного хлеба с тыквой сочетает высокие вкусовые качества, улучшает питательный профиль продукта и способствует здоровому питанию потребителей.

Список литературы

1. Антропова, С.Н. Тыква как источник биологически активных веществ / С.Н. Антропова, Н.Н. Типсина // Инновационные тенденции развития российской науки: матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. - 2013. - С. 167-169.
2. Артемова, Е.Н. Перспективность использования муки семян тыквы в технологии полуфабрикатов из птицы / Е.Н. Артемова и др. // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. - 2019. - № 3 (56). - С. 14-18.
3. Безрукова, Н.П. Семена тыквы в моделировании крафтовых сыров с заданным жирнокислотным составом / Н.П. Безрукова и др. // Вестник КрасГАУ. - 2021. - № 2 (167). - С. 167-173.
4. Белова Ю.И. Использование тыквы в производстве пищевых продуктов /Ю.И. Белова, Т.С. Зубарева // В сборнике: информационное обеспечение науки как двигатель прогресса. сборник статей Международной научно-практической конференции. - 2020. - С. 101-103.

5. Беринцева, А.В. Исследование действия растительных компонентов в мясопродуктах / А.В. Беринцев и др. // В сборнике: Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства. к 110-летию со дня рождения видного государственного и общественного деятеля, первого директора Дагестанского НИИСХ Кисриева Фрида Гасанович: Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Махачкала, - 2024. - С. 459-461.
6. Горшков, В.В. Природные компоненты – источники энергии, витаминов и минералов / В.В. Горшков. – Текст: непосредственный // Животноводство России. – 2018. – №11. – С. 47-48.
7. Ершова, П.А. Изучение органолептических свойств в мясных полуфабрикатах / П.А. Ершова, Е.В. Москвичева // В книге: Политех наукам о жизни (LifeSciencePolytech). Сборник тезисов докладов Всероссийской научно-практической конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых. Санкт-Петербург, - 2025. - С. - 9.
8. Завьялова, Т.И. Биологическая ценность тыквы и продуктов ее переработки / Т.И. Завьялова, И.Г. Костко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. –№39. – С. 45-58.
9. Зеленцова, А.С. Использование тыквы при производстве мясных хлебов / А.С. Зеленцова, Т.И. Шпак // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. –№39. – С. 16-20.
10. Каримова, Ш.М. Перспективный источник пищевого белка - тыквенные семена/ Ш.М. Каримова и др. // Точная наука. - 2020. - № 73. - С. 12-15.
11. Кобжасарова З.И. Технология получения мясного хлеба из говяжьего мяса с добавлением тыквенного порошка/ Кобжасарова З.И., Кайпова Ж.Н.//
12. Наумова, Н.Л. Семена тыквы в рецептуре рубленого полуфабриката из мяса птицы / Н.Л. Наумова, О.В. Родионова // Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. пос. Персиановский, - 2019. - С. 110-113.
13. Самченко, О.Н. Использование тыквы при производстве мясных рубленых полуфабрикатов / О.Н. Самченко, Т.К. Каленик, А.Г. Вершинина // Техника и технология пищевых производств. - 2012. - Т. 2. - № 25. - С. 84-88.
14. Сойко, О. В. Особенности пищевой ценности с использованием функционального продукта (муки из тыквы) в блюдах из мяса, птицы, рыбы / О. В. Сойко // Молодежь и XXI век - 2024 : Сборник научных статей 13-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 15–16 февраля 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 19-22.
15. Ступко, Т.В. Влияние добавки семян тыквы на жирнокислотный состав сыра полутвердого "Качетта" / Т.В. Ступко и др. // Передовые достижения науки в молочной отрасли: сб. науч. тр. по результатам работы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. дню рождения Н.В. Верещагина. Вологда, - 2020. - С. 90-95.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ АНТИКОРРОЗИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА И АГРЕССИВНЫХ СРЕД

**Белов А.Г., канд. техн. наук, Антимонов С.В., канд. техн. наук, доцент,
Высоких В.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

На фоне динамичного развития нефтегазовой промышленности в арктических и субарктических регионах России защита оборудования от коррозии становится критически важной задачей. Одним из важнейших элементов трубопровода является запорная арматура (ЗА). Она обеспечивает не только управление потоками рабочей среды, но и безопасность эксплуатации на протяженных участках (сотни км). В магистральных трубопроводах используются специализированные виды запорной арматуры, например, задвижки, краны, регуляторы.

Запорная арматура для нефти и газа изготавливается в основном из черных металлов и нержавеющей сталей в зависимости от транспортируемого продукта. Коррозия запорной арматуры возникает из-за электрохимических, химических и механических процессов при контакте металла с агрессивной средой или с грунтом, независимо от прочности сплава. Качество металла определяет конструктивную прочность, но не коррозионную стойкость.

Так в условиях холодного климата и высокой коррозионной активности наиболее вероятны отказы ЗА на линейной части трубопроводов, что приводит к нарушению не только режима работы целой цепочки технологического оборудования, но и к 20–30 % аварий на трубопроводах, экономическим потерям и угрозе экологии. Для безопасной эксплуатации и продления срока службы трубопроводной арматуры требуется надежная система защиты от коррозии.

Эксплуатация запорной арматуры в условиях холодного климата по ГОСТ 15150-69 требует исполнения ХЛ (холодный климат). Основные особенности связаны с температурами до минус 60 °С (кратковременно до минус 70 °С), что усиливает коррозионные риски из-за циклов заморозки/оттаивания, конденсата и снижения адгезии покрытий. В рассматриваемых районах характерна высокая (С4) и очень высокая (С5) коррозионная активность среды. Эти факторы влияют строго определяют требования к антикоррозионной защите при производстве изделия на заводе и при эксплуатации оборудования.

В рамках данной статьи будет рассмотрены два метода защиты ЗА от коррозии: пассивная и активная.

Пассивная защита запорной арматуры от коррозии в условиях ХЛ и агрессивных сред (С4–С5) основана на барьерных и преобразующих свойствах

материалов и покрытий, исключаящих прямой контакт металла с окружающей средой. На заводе-изготовителе на готовое обработанное изделие наносятся специальные антикоррозионные составы на основе эпоксидно-полиуретановой системы или цинк-наполненные грунты.

Эпоксидно-полиуретановые системы (ЭППС) представляют собой многослойные антикоррозионные покрытия, сочетающие прочность эпоксидных грунтов/промежуточных слоев с эластичностью и атмосферостойкостью полиуретанового финиша. Цинк-наполненные грунты – антикоррозионные материалы с высоким содержанием металлического цинка (85–96 % по объему сухой пленки), обеспечивающие катодную защиту стали по принципу жертвенного анода: цинк корродирует вместо основного металла.

Оптимальная толщина сухого покрытия должна составлять 240–300 мкм для данных условий.

Качественная обработка изделия и правильный подбор состава на заводе позволит достичь высокой адгезии, надежную атмосферостойкость, прочное покрытие. Однако этого недостаточно для гарантированной долговечности и надёжности запорной арматуры. Требуется комплексная защита, как на этапе заводского производства, так и в условиях реальной эксплуатации на объекте.

Активная защита от коррозии запорной арматуры и трубопровода в целом заключается в установке сред электрохимической защиты (ЭХЗ). Особенностью эксплуатации запорной арматуры трубопроводов в условиях крайнего Севера является преобладание многолетнемерзлых грунтов (ММГ), которые характеризуются высоким электрическим сопротивлением и в естественном состоянии практически не содержат электролитов.

Для гарантированной электрохимической защиты запорной арматуры трубопроводов в арктических условиях на весь срок службы требуется разработка высоконадежных систем защиты от коррозии.

Активная защита в Арктике реализуется исключительно за счет катодной защиты с резервным электроснабжением. Установка катодной защиты (УКЗ) включает: источник питания, преобразователь тока (станцию катодной защиты), анодное заземление, линии постоянного тока, долговечный неполяризуемый электрод сравнения и контрольно-измерительные пункты. Основная схема катодной защиты трубопроводов делает трубу катодом, а анодное заземление – анодом в электрохимической цепи. Катодная защита обеспечивается за счёт наложения отрицательного потенциала на защищаемую деталь, что препятствует утрате электронов и останавливает коррозию.

Итак, для защиты от коррозии запорной арматуры в условиях Крайнего Севера и Арктики требуются эпоксидно-полиуретановые составы (ЭППС) или цинк-наполненные грунты в комбинации с катодной защитой с резервным электроснабжением по следующим причинам.

В экстремальных условиях Арктики преобладают многолетнемерзлые грунты. Главным физическим свойством, определяющим тип ЭХЗ, является высокоомность ($\rho > 10\ 000\ \text{Ом}\cdot\text{м}$). Протекторная защита (гальваническая) – автономная электрохимическая защита без внешнего питания будет бесполезна,

протекторы физически не могут создать ток. Только катодная защита с глубокими анодами и резервированием обеспечивает защиту.

ЭППС используют из-за устойчивости к низким температурам, эластичности при $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-70\text{ }^{\circ}\text{C}$) и высокой адгезии. Цинк-наполненные грунты обладают барьерным свойством (Zn корродирует вместо металла). В то время как, например, составы, содержащие полиэтилен, полипропилен или битумные покрытия не подойдут для условий Арктики, так как это материалы непригодны для использования в ММГ из-за хрупкости при экстремально низких температурах.

По результатам исследования только ЭППС/цинк в комбинации с катодной защитой обеспечивает надёжность ЗА в Арктике. ЭППС/цинк блокирует 95% коррозии, катодная защита - остаток. В ММГ Арктики это единственный комплекс, обеспечивающий безаварийную работу ЗА на всём сроке службы магистрали.

Таким образом, анализ литературы показал, что основные методы защиты от коррозии ЗА, для нефте- и газопроводов, сводятся к следующему, а именно:

Использование защитных покрытий. К достоинствам метода относят низкую себестоимость в сравнении с использованием специальных марок стали. **Недостатки:** Внешние покрытия подходят не для всех конфигураций арматуры.

Также необходимо учитывать абразивный износ, так как, при эксплуатации покрытия истираются и смываются.

Добавление в перекачиваемую среду специальных ингибиторов. К достоинствам метода относят универсальность: ингибиторы защищают всю поверхность узлов трубопроводной арматуры. **Недостатки:** их требуется постоянно добавлять в рабочую среду, что связано с расходами.

Использование наплавов из хромистой стали для стыковочных граней отводов, муфт и тройников.

Для оценки и надёжности эффективности применяемых методов защиты ЗА нефтепроводов в России, сравним их с методами, используемыми в Скандинавских странах, в которых добыча нефти является одним их приоритетных направлений экономики, а климатические условия сходны с нашими.

В скандинавских странах с традиционно низкими температурами в зимнее время суток, используются разные методы коррозионной защиты ЗА, которые имеют, как свои преимущества, так и недостатки.

Необходимо отметить, что при выборе средств защиты учитывают особенности коррозионной среды, условия работы арматуры и конструктивные особенности их узлов.

Перечислим основные методы:

Использование специальных коррозионностойких сплавов. Детали сохраняют коррозионную стойкость даже при абразивном износе. Однако есть и ограничения: дороговизна, строгий контроль качества используемых материалов.

Применение защитных покрытий. К достоинствам метода относят низкую себестоимость в сравнении с использованием специальных марок стали. С помощью покрытий можно повысить стойкость деталей из низколегированных конструкционных материалов.

Недостатки: Наибольший вред арматуре доставляет не наружная, а внутренняя коррозия по составу среды, и здесь покрытия не дают эффекта.

Нужно учитывать абразивный износ: при эксплуатации покрытия истираются и смываются.

Электрохимическая защита. Однако этот метод применительно к трубопроводной арматуре распространён не столь широко.

Таким образом, можно сделать вывод, что в результате применения качественной системы антикоррозионной защиты ЗА в условиях холодного климата при изготовлении оборудования на заводе, а также при правильной ее эксплуатации металла повышается ее надёжность в целом, а также минимизируются экономические и экологические потери.

При выборе средств коррозионной защиты ЗА нужно учитывать, что коррозионная стойкость материала зависит от концентрации среды и климатических факторов, в которой происходит эксплуатация ЗА.

Список литературы

1. Надёжность трубопроводов, транспортирующих сероводородсодержащие нефтегазовые среды. Бауэр А.А., Кушнаренок В.М., Пятаев А.Е., Чикров Ю.А., Щепинов Д.Н., 2015.
2. Защита трубопроводов от коррозии. Учебное пособие. Романова Л.В., Стариков А.Н., 2023.
3. Коррозия и защита металлов; Издательский Дом МИСиС, 2013. Ракоч А.Г., Пустов Ю.А., Гладкова А.А..
4. ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды»
5. Неверов, А.С. Коррозия и защита материалов / А.С. Неверов, Д.А. Родченко, М.И. Цырлин // Минск. Издательство Высшая школа, 2007.
6. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

**Белов А.Г., канд. техн. наук, Антимонов С.В., канд. техн. наук, доцент,
Высоких В.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В условиях современного развития энергетической и промышленной сферы особое значение приобретает повышение энергоэффективности технологических процессов. Одним из ключевых элементов таких процессов является эффективное охлаждение природного газа. Аппараты воздушного охлаждения (АВО) газа используются для создания необходимой температуры газа для дальнейшей транспортировки по магистральному трубопроводу.

АВО на газоперерабатывающих заводах (ГПЗ) и компрессорных станциях (КС) эксплуатируются, как правило, более 30 лет. Мероприятия по замене АВО на более современные проводятся достаточно медленно, что негативно влияет на эксплуатационные показатели.

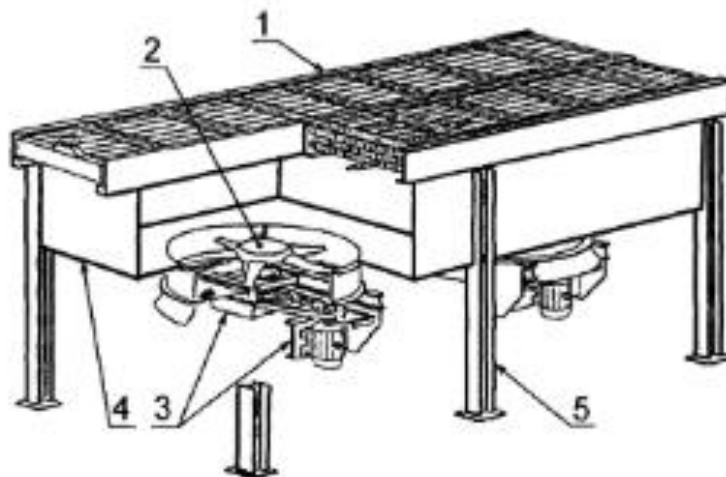
Энергоэффективность таких устройств напрямую зависит от их конструктивных особенностей, эксплуатационных режимов и условий окружающей среды. При оценке энергоэффективности аппаратов воздушного охлаждения газа необходимо рассматривать основные параметры, влияющие на их работу с целью выявления путей модернизации конструкций для достижения максимальной производительности при минимальных затратах.

Аппараты воздушного охлаждения газа устанавливаются для охлаждения газа после газоперекачивающего агрегата (ГПА). Установки ГПА предназначены для повышения давления природного газа на ГПЗ и КС. Повышение давления газа приводит к повышению его температуры. Для предотвращения деформации магистрального трубопровода и его изоляционного покрытия за счёт нарушения устойчивости грунта необходимо задавать транспортируемой среде определенную температуру [1].

Стандартное исполнение аппарата воздушного охлаждения (АВО) включает в себя несколько ключевых компонентов: секции теплообмена, вентиляторный узел, аэродинамические элементы и опорные конструкции. Секция теплообмена представляет собой группу ребристых труб, организованных в шахматном порядке или с коридорным расположением относительно потока охлаждающего воздуха. Концы этих труб фиксируются в трубных решетках и закрываются специальными крышками, имеющими отверстия для подключения внешних трубопроводов. Конструкция крышек варьируется в зависимости от числа ходов продукта, включая перегородки для оптимального распределения потока [2].

Осевой вентилятор, приводимый в действие электродвигателем стандартного или взрывозащищенного типа, обеспечивает подачу воздуха для

охлаждения в теплообменные секции. Вентилятор может быть соединен напрямую с валом двигателя или через редуктор. Аэродинамические компоненты АВО включают в себя обечайку вентилятора, диффузор и коллектор. Опорные рамы, на которых установлены секции теплообмена, изготавливаются из металла или железобетона. Конструкция типовых АВО представлена на рисунке 1.



1 – теплообменная секция; 2 – колесо вентилятора; 3 – привод вентилятора; 4 – диффузор с коллектором; 5 – металлоконструкция

Рисунок 1 – Конструкция аппарата воздушного охлаждения

В основе функционирования лежит контролируемое движение воздушного потока, осуществляемое с помощью нагнетателей. Проходя сквозь систему труб, охлаждаемый газ отдает тепловую энергию окружающему воздуху, который направляется через компоненты теплообменника. Как следствие, температура газообразной среды уменьшается до необходимого уровня перед поступлением на следующие этапы технологического процесса.

За время эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения (АВО) проведён ряд исследований и реализован комплекс разработок, направленных на совершенствование их конструкции и повышение энергоэффективности. Наиболее перспективными направлениями в этой области считаются:

1) Установка частотно-регулируемых приводов на двигатели АВО для управления скоростью вентиляторов позволяет обеспечить более плавное регулирование и точный контроль температуры на выходе из системы воздушного охлаждения газа. Однако такой подход связан с существенными затратами на приобретение и монтаж оборудования. Кроме этого работа преобразователей может сопровождаться возникновением электромагнитных волн, представляющих опасность для других электронных устройств. Внедрение таких систем ощутимо утяжеляет конструкцию и повышает вероятность сбоев в работе всей системы.

2) Применение полимерных композитов в производстве лопастей вентиляторов воздушного охлаждения дает возможность проектировать усовершенствованные аэродинамические профили, что положительно влияет на производительность системы. Кроме этого, компоненты, выполненные из композиционных материалов, отличаются сниженной массой в сопоставлении с металлическими версиями. Но композиты обладают низкой термостойкостью, что сокращает срок их службы при интенсивной эксплуатации. В отличие от металлов, композитные материалы могут проявлять меньшую сопротивляемость к импульсным и динамическим воздействиям.

3) Совершенствование геометрии диффузора улучшает циркуляцию воздуха в теплообменниках с оребренными трубами. В то же время, добавление новых компонентов и модификация формы может повлечь за собой увеличение габаритов и массы изделия, а также сделать более трудоемким его сервисное обслуживание и ремонт.

В результате приведенного сравнения наиболее целесообразным решением модернизации конструкции устаревших АВО для эксплуатации при повышенных температурах воздуха, а также в условиях запыленности является установка системы орошения.

В ходе проведенного анализа были определены ключевые аспекты, оказывающие воздействие на продуктивность функционирования аппарата воздушного охлаждения (АВО).

Во-первых, температура окружающей среды играет существенную роль: в условиях высоких температур эффективность процесса теплообмена падает из-за увеличения температуры входящего потока в систему. Во-вторых, загрязнение поверхностей, участвующих в теплообмене, оказывает негативное влияние: образование отложений на трубчатых элементах уменьшает передачу тепла и обуславливает необходимость систематической очистки. Кроме того, наличие загрязнений способствует возникновению коррозионных процессов на металлических компонентах теплообменников.

Для снижения эксплуатационных затрат и повышения производительности аппаратов требуются дополнительные решения.

Предлагается установить систему орошения до колеса вентилятора, максимально приблизив ее к лопастям, тем самым обеспечить наибольшую скорость прохождения увлажненного воздуха через систему.

Система орошения представляет собой: коллектор подачи химически чистой воды, контактные устройства (оросители ПР-50), каплеотбойник и систему сбора неиспользованной воды.

Принцип их действия основан на прохождении воздуха через контактные устройства, по которым стекает разбрызгиваемая вода, позволяет снизить температуру воздуха на входе за счет его увлажнения, а также очистить его от пыли. Установка каплеотбойника предотвращает унос капель воды, защищая тем самым лопасти колеса, трубный пучок и другие металлические части от коррозионного воздействия.

Внедрение системы орошения АВО на ГПЗ способно обеспечить ощутимые выгоды:

- ощутимое уменьшение температурных показателей входящего воздушного потока, направляемого в оборудование;
- систематическое устранение всевозможных отложений с ребристых теплообменных труб.

В результате модернизация поспособствуют более эффективному теплообмену. Это, в свою очередь, уменьшит потребность в интенсивной работе вентиляторов аппаратов воздушного охлаждения (АВО) и, как следствие, снизит операционные издержки. Поддержание стабильной, оптимальной температуры охлаждаемой среды поможет снизить тепловое воздействие на производственное оборудование, увеличит период его эксплуатации. Более того, сокращение потребления энергии приведет к уменьшению выбросов парниковых газов, что положительно скажется на экологической ситуации в регионе.

Следовательно, внедрение системы орошения в аппаратах воздушного охлаждения (АВО) на газоперерабатывающих заводах (ГПЗ) и компрессорных станциях (КС) является многообещающим методом повышения надежности и производительности оборудования, уменьшения энергозатрат и улучшения как экономических, так и экологических показателей.

Список литературы

1. Чердинцева, О. И. Геометрическая образующая поверхности оребрения трубного пучка аппарата воздушного охлаждения / О. И. Чердинцева, Н. Г. Самойлов, О. А. Кузнецов // Наследие И.М. Губкина: интеграция образования, науки и практики в нефтегазовой сфере : Материалы международной научно-практической конференции, Оренбург, 24 апреля 2018 года / Под общей редакцией С.Г. Горшенина. – Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2018. – С. 309-313.

2. Нестерова, Н.Д. Целесообразность применения воздушных охладителей на компрессорных станциях / Н. Д. Нестерова, В. М. Лозовой // Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения : труды научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Воронеж, 09 ноября 2015 года. Том Выпуск 17. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2015. – С. 122-125.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БЕЛКОВЫХ ИЗОЛЯТОВ ИЗ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ

**Берестова А.В., канд. техн. наук, доцент, Чеботарев А.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Белковые изоляты из молока – это высокоочищенные формы белка, полученные из молочной сыворотки или казеина. Такие изоляты используются в разных сферах, например, в спортивном питании, лечебном и детском питании, в производстве молочных продуктов. Они важны как источники белка и используются в разных областях, и их применение связано с питательными и функциональными свойствами.

Изоляты молочных белков (ИМБ) содержат около 90 % белка в сухом веществе. При этом соотношение казеина и сывороточных белков остаётся таким же, как в молоке – 80:20.

Белковые изоляты обладают весьма ценными свойствами, благодаря которым их используют в различных отраслях пищевой, фармакологической и биохимической промышленности. Они обладают высокой биодоступностью, поэтому усваиваются быстрее казеина и соевого протеина. Благодаря низкокалорийному составу подходят для диетического и лечебного питания, их удобно использовать, они легко смешиваются с водой, соком и другими пищевыми жидкостями, поддерживают иммунитет и ускоряют восстановление.

Изоляты молочных белков – это высокоочищенные формы сывороточного или казеинового протеина, содержащие очень высокий уровень белка и минимальное количество лактозы, жиров и других примесей.

Сывороточные изоляты характеризуются отличной растворимостью и нейтральным вкусом, удобным для приготовления напитков и добавок, отличаются быстрой усвояемостью, поэтому подходят для быстрого восстановления после тренировок, способствуют быстрому росту мышечной массы и восстановлению. Изоляты содержат все незаменимые аминокислоты, включая лейцин, важный для стимуляции синтеза мышечного белка, благодаря высокой степени очистки изоляты практически не содержат примесей, консервантов или аллергенов, легко интегрируются в различные рецепты без изменения вкуса продуктов. Подходят для производства напитков, протеиновых батончиков, смесей и других продуктов. Кроме того, они хорошо хранятся и сохраняют свои свойства при правильных условиях, по сравнению с концентратами и гидролизатами, изоляты реже вызывают аллергические реакции, что важно для чувствительных потребителей.

Эти свойства делают изоляты молочных белков одними из наиболее эффективных и чистых источников белка для спортсменов, людей, стремящихся к похудению, и тех, кто ищет высококачественный белковый компонент для питания.

Недостатком изолятов является их высокая стоимость, обусловленная сложной и длительной технологией производства. Наиболее оптимальным является ионогенный способ, который позволяет получить высококачественный продукт.

Технологические операции начинаются с приемки цельного охлажденного молока, которое поступает в аппаратный цех, где подогревается до температуры 45 °С и сепарируется. При этом получают сливки и обезжиренное молоко, в котором остаточное количество молочного жира составляет в пределах 0,05 %.

После сепаратора обезжиренное молоко в потоке охлаждается до 10 °С. Далее направляется на первую установку микрофльтрации MF1,4, которая работает как и все остальные в течение 18 часов, затем происходит мойка в течение 6 часов. В течение всей работы с установки выйдет в качестве пермеата обезжиренное молоко и в качестве ретентата молоко с жирностью около 2 %, которое направляется на установку, где молоко подвергается стерилизации и направляется на животноводческий комплекс в качестве санитарного на выпойку бычков.

Пермеат – это продукт, который получают в процессе удаления белков и жира из молока или сыворотки при производстве концентратов молочных или сывороточных белков. Состав пермеата в соответствии с ГОСТ 35264-2025 «Пермеаты из молочного сырья сухие. Технические условия» должен быть следующим: 76 % лактозы, 5-6,9 % белка, 0,5 % жира, 10,5-12,5 % золы, 5 % влаги. Применяется в молочной, пищевой, кормовой промышленности, его добавляют в приправы и снеки, вендинговые смеси и порошковые напитки, супы быстрого приготовления и другие продукты в качестве дополнительного источника полезных углеводов.

Ретентат – поток жидкости с примесями на одном из выходов мембранной системы, не пропущенный мембраной. Другими словами, ретентат – это остаток смеси, не прошедший через мембрану. Синонимы слова «ретентат» – концентрат.

Далее «стерильное» полностью обезжиренное молоко направляется на вторую микрофльтрационную установку MF0,2, где к обезжиренному молоку в потоке добавляется дистиллированная вода, при этом из установки выйдет в качестве пермеата «бедное» обезжиренное молоко, а в качестве ретентата выйдет коллоидный раствор мицеллярного казеина с долей сухих веществ 15-18 %, который далее направляется на сгущение, заморозку и сушку.

Полученный пермеат направляется на ионообменную хроматографию (ИХ) – один из методов, используемых для производства изолятов сывороточных белков, основан на обратимом взаимодействии между функциональными группами белков и ионообменными смолами. Выделение белков молочной сыворотки, благодаря их свойствам осаждаться при разных изоэлектрических точках, позволяет отделить две группы сывороточных белков: основные белки (β -лактоглобулин (β -Lg), α -лактальбумин (α -La) и бычий сывороточный альбумин (BSA)), которые заряжены отрицательно при pH 6,2–

6,4, и минорные белки лактоферрин (LF) и лактопероксидаза (LP), которые имеют положительный заряд [1].

Ионный обмен происходит в специальных резервуарах – колонках. В них молочную сыворотку пропускают через ионообменные смолы – натуральные или синтетические электролиты. Сначала очищаемую жидкость пропускают через специальный раствор – катионит. В результате частицы сыворотки приобретают положительный заряд. Далее заряженную сыворотку пропускают через анионит – отрицательно заряженный раствор. Благодаря катиониту минералы и иные вещества в сыворотке связываются и притягиваются к анионитам. Данный метод можно сравнить с работой магнита – частицы заряжаются и притягиваются. А благодаря тому, что удельный вес и размер молекул разный, удастся отделить чистый протеин от жира, лактозы и других компонентов.

Катионные смолы (отрицательно заряженные) используются для удержания положительно заряженных белков (LF и LP). При одном и том же рН основные белки заряжены отрицательно, таким образом, они не удерживаются смолой, получая фракцию, богатую этими белками.

Ионообменная хроматография может работать при двух условиях: селективная адсорбция белков молочной сыворотки и селективное элюирование белков, задержанных ионообменной смолой. Разделение сывороточных белков с помощью анионообменной хроматографии состоит в создании условий, в которых сывороточные белки связываются и впоследствии элюируются из колонки, обычно путем изменения рН буферного раствора или увеличения концентрации соли. Первичной задачей в выделении сывороточных белков является отделение двух основных белковых фракций: α -La от β -Lg [2].

В результате ионообменной хроматографии образуется коллоидный раствор изолята сывороточных белков с долей сухих веществ 23 %.

Как отмечено выше, температура обезжиренного молока не поднималась выше 50 °С.

Далее изолят направляется на вакуум-выпарную установку, где сгущается под глубоким вакуумом при температуре 40-45 °С до доли сухих веществ не более 38 %.

Затем, направляется на дозирующее устройство, где в виде капель попадает на ленту скороморозильного тоннеля. В самом тоннеле помимо стандартного набора установлены акустические излучатели мощностью от 1 до 500 Вт/м³, которые создают акустические волны с разным диапазоном (от 10 мГц до 5000 кГц).

Замороженные шарики до температуры минус 24 °С направляются на вакуум-ленточную сублимационную сушку, где сушатся в потоке при глубине вакуума не более 1 миллибар. Температура нагревательных элементов в камере устанавливается таким образом, что температура продукта при движении не превышает 40 °С.

Сывороточный и казеиновый изоляты далее поступают в фасовочный автомат, где белковые порошки одновременно просеиваются и дозируются в

пакет из фольги/ПЭ по 200 г. Срок хранения данной продукции составляет 365 суток в герметичной упаковке при относительной влажности 75 %. При открытии упаковки срок хранения составляет 1 месяц.

Таким образом, полученный сгущенный при пониженных температурах в среде глубокого вакуума и замороженный при воздействии акустических волн продукт представляет собой изолят сывороточного и казеинового белка в фактически нативной форме в сухом состоянии, поскольку в капле при замораживании не происходит роста больших кристаллов льда и влага при замерзании распределяется равномерно в межклеточном пространстве и не нарушает оболочек белковых образований (соотношение сухих веществ к влаге является оптимальным) [3].

Список литературы

1. Способ получения продукта изолята сывороточных белков. Юлдашкин О.П. Патент на изобретение RU 2747233 С1, 29.04.2021. Заявка № 2020123370 от 14.07.2020.

2. Штерман С.В. Современные тенденции развития производства продуктов спортивного питания / С.В. Штерман, М.Ю. Сидоренко, В.С. Штерман, Ю.И. Сидоренко // Пищевая промышленность. – 2019. – № 1. – С. 56–59.

3. Физико-химические основы получения протеиновых продуктов для спортивного питания. // Аракелян С. В., Горб А. Э., Черныш Е. Д., Боровская Л. В. [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018018754>

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ И ПЕНОГАШЕНИЯ АМИНОВЫХ РАСТВОРОВ

Берестова А.В., канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Отрицательным явлением при аминовой очистке природного газа является образование пены, из-за которой нарушается технологический процесс, увеличиваются потери дорогостоящих реагентов, понижается производительность установки.

Пены образуются при диспергировании газа в жидкости в присутствии стабилизаторов пены, так называемых пенообразователей. К ним относят продукты окисления аминов, термостабильные соли, различные виды примесей, растворенные углеводороды, ингибиторы коррозии.

Жидкости без пенообразователей, которыми являются поверхностно-активные вещества (ПАВ), устойчивой пены не образуют.

Пены – это рыхлая, пористая масса, состоящая из множества мелких пузырьков, наполненных газом или паром, распределённых в твёрдой или жидкой среде. Пена образуется при взбалтывании, вспенивании или химических реакциях, когда газ или пар задерживаются внутри жидкой или твёрдой матрицы [5]. Пузырьки газа в таких системах имеют размер порядка миллиметров, а в отдельных случаях и сантиметров. Отдельные пузырьки пены, благодаря избытку газовой фазы и взаимному сдавливанию, теряют сферическую форму и представляют собой полиэдрические ячейки, стенки которой состоят из тонких пленок дисперсной среды.

Пенообразование в колоннах при аминовой очистке происходит волнообразно при достижении определенной скорости газа относительно жидкости, поэтому весь процесс гидродинамического режима образования пены в абсорбционной колонне делят на четыре стадии:

– пленочный возникает при небольших скоростях газа и жидкости, в этом случае жидкость протекает от одного элемента насадки к другому в виде пленки и капель, а газ контактирует через ее пленку;

– режим подвисяния возникает при такой скорости газа, когда он поднимает струйки и пленки жидкости вверх;

– эмульгирования возникает когда в насадочной колонне происходит смешение фаз с образованием газовой эмульсии и пены;

– захлебывания наступает когда высота газовой эмульсии становится выше насадки т.е., когда пена выходит из насадочного объема.

Известно, что чистые жидкости без поверхностно-активные вещества не образуют пены. Молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности пены и образуют адсорбционную пленку.

Строение и свойства поверхностных слоев ПАВ имеет важное значение для стабилизации пен и для выбора пеногасителей. Различают четыре типа поверхностных пленок: газообразные, жидкорастянутые, жидкие и твердые.

Поверхностно активные вещества делят на четыре группы:

– анионоактивные, их действие обусловлено анионами. К их числу относятся щелочные соли жирных кислот (мыла), алкилсульфаты и алкиларилсульфаты щелочных металлов и др.;

– катионоактивные, их активность определяется катионами. Сюда входят соли аминов, четвертичные амониевые соли и др.;

– неионогенные, они не диссоциируют на ионы. К ним относятся оксиэтилированные жирные спирты и кислоты, оксиэтилированные амины и др.;

– амфотерные или амфолитные – могут проявлять анионоактивные свойства (щелочная среда) или катионоактивные (кислая среда). К ним относятся алкиламинокислоты и другие вещества.

Важными характеристиками пены являются стабильность или устойчивость пены и время ее разрушения.

Стабильность или устойчивость пены – это характеристика, которая определяет, насколько долго пена сохраняет свою структуру без разрушения. В технологических процессах важна оптимальная стабильность – слишком устойчивая пена может мешать нормальному течению процесса, а слишком недолговечная – снижать эффективность массообмена. Высокая стабильность обеспечивает длительный контакт между фазами, что положительно влияет на качество очистки, особенно при удалении трудноуловимых примесей.

Время разрушения пены – это время, за которое пена разрушится или распадется после прекращения условий, способствующих ее образованию. Данный период весьма важен для контроля процесса – быстрое разрушение пены предотвращает её накопление и возможные сбои в работе колонны, тогда как более длительное время разрушения помогает удерживать пену в течение необходимого времени для эффективной очистки.

Влияние температуры на устойчивость пены сложно и связано с протеканием многих конкурирующих процессов [1]. Так при повышении температуры увеличивается испарение растворителя и пенообразующего вещества и в зависимости от концентрации пенообразователя и его строения может происходить увеличение или снижение устойчивости пены. Одновременно при увеличении температуры улучшается растворимость пенообразователя, что может сказаться на режиме работы технологического процесса.

Механизм и кинетика самопроизвольного разрушения пены достаточно сложны и изучены многими учеными. Пена разрушается самопроизвольно в результате утончения пленок до критической толщины и появления дырки или трещины при одновременном протекании процессов истечения жидкости и истечения газа. Общей количественной теории разрушения пены не существует.

Для уменьшения пенообразования в промышленных процессах, где этот факт нежелателен, применяют различные способы: физические, механические, технологические и химические способы разрушения пены [4,5].

К физическим способам разрушения пены относят разрушение пены термическими воздействиями, акустическими волнами, вибрацией, созданием высокого капиллярного давления в пене и др. [4].

К технологическим методам разрушения пены относится изменение режима технологического процесса, в частности уменьшение производительности процесса, уменьшение скорости подачи газа и т.д.

Механические способы разрушения пены осуществляются путем применения вращающихся устройств – центрифуги, мешалки, диски и др.

Химический способ является самым распространенным способом борьбы с пенообразованием в нефтегазопереработке. Он осуществляется при помощи специальных химических веществ, которые называют антипенными присадками, антивспенивателями, ингибиторами пенообразования или пеногасителями.

Сущность метода заключается в перестройке стабилизационной оболочки путем введения в пену или в пенообразующий раствор веществ, дезактивирующих поверхностно-активное действие стабилизаторов пены.

Антивспениватели по принципу действия делят на две группы.

Первая группа включает антивспениватели, которые взаимодействуют с пенообразователями с образованием нерастворимых или малорастворимых соединений. Это довольно простой и быстрый метод, однако он часто оказывается неприемлемым из-за возможности загрязнения рабочих растворов.

Во вторую группу антивспенивателей входят вещества, не вступающие в химическую связь с пенообразователями. Механизм их действия сложен и до конца не изучен. Эффективность их действия зависит от физико-химических параметров и свойств пенных пленок.

При взаимодействии пеногасителя со стабилизатором пены протекают различные коллоидно-химические процессы [3,4], в результате чего происходит растворение пленки ПАВ, ее пластификация, внедрение частиц пеногасителя в пленку ячеек пены, возникновение в ней дефектов, которое приводит к разрушению пены.

В зависимости от химической природы пенообразующего раствора (ПОР), пенообразователя и стабилизатора, состав и характер поведения пеногасителей могут быть различными.

Существенное влияние на поведение пены оказывают условия пеногашения (статические и динамические пены, скорость образования и время существования пены, температура и концентрация ПАВ). Антивспениватели этой группы по способу введения в пенную систему подразделяются на две группы.

Их можно вводить заранее в рабочую среду (ПОР) для предотвращения возникновения пены в виде растворов, эмульсий и др. А также

антивспениватель, согласно другому способу, можно подавать на уже образовавшуюся пену для мгновенного ее гашения.

В промышленности применяются антивспениватели пяти типов (классов), отличающиеся по механизму действия, по условиям и способу их применения, по скорости и длительности их действия: пластификаторы, растворители, вытеснители, дефектообразователи и поглотители [4,5].

Наиболее быстро действующий класс антивспенивателей – это растворители адсорбционной пленки пены. К ним относятся низкомолекулярные органические растворители с ограниченной или полной растворимостью в ПОР и хорошо растворяющие пенообразующие ПАВ. Их отличительной особенностью является способность разрушать пену при отрицательных значениях коэффициента растекания по поверхности ПОР.

Антивспениватели-пластификаторы – это вещества, снижающие действие стабилизатора пены путем внедрения молекул в адсорбционный слой на границе раздела фаз. Главным способом транспортировки молекул антивспенивателя-пластификатора является растекание по пенной поверхности. Они обладают также высокой подвижностью молекул в ПОР и, соответственно, высоким коэффициентом диффузии. Такие антивспениватели можно вводить как на уже образовавшуюся пену, так и в ПОР до образования пены. В последнем случае такие пластификаторы предотвращают пенообразование в начальной его стадии.

Антивспениватели-вытеснители характеризуются тем, что они не растворимы в ПОР и ограничено растворяют ПАВ и стабилизатор пены. Эффективность действия этих антивспенивателей определяется высокой поверхностной активностью, высоким коэффициентом диффузии и пластифицирующей способностью по отношению к межфазному слою. Если этот слой образован пенообразователем при концентрации его в растворе ниже критической концентрации мицеллообразования (ККМ), антивспениватель вытесняет пенообразователь из адсорбционного слоя. Такими свойствами обладают кремнийорганические жидкости, фтороводороды и другие вещества с низким коэффициентом поверхностного натяжения. Поверхностная активность таких веществ начинает проявляться только при определенной степени насыщения поверхности, т.е. при некотором частичном блокировании поверхностного слоя, в отличие от растворимых ПАВ.

Пеногасители-дефектообразователи в пенной пленке представляют собой эмульсии или суспензии с размерами частиц, соизмеримы с толщиной пенной пленки. Их механизм действия основан на застревании частиц эмульсии внутри пленок пенных ячеек, препятствующих утончению и создающих разупрочненные участки, легко разрушающихся при растягивании пленки. Теоретически концентрация пеногасителя должна быть такой, чтобы число частиц эмульсии было соизмеримо с числом образующихся газовых пузырьков на ранней стадии перехода газовой эмульсии в пену.

Пеногасители-поглотители стабилизатора пены – это жидкости, имеющие отрицательный коэффициент растекания по ПОР, но растворяющие

стабилизатор пены. Такие жидкости не растекаются по пенной поверхности, а собираются на поверхности жидкой фазы в виде линзы. Взаимодействие пенной поверхности с поверхностью линзы происходит при непосредственном контакте и поэтому эффективность пеногасителей такого типа проявляется при гашении динамических пен, при этом они не пригодны для гашения пены в статических условиях.

Эффективность антивспенивателей зависит не только от их физико-химической природы, но и от концентрации, способа введения в пену, от свойств пенообразующего раствора и многих других факторов, поэтому выяснение механизма пеногасящего действия представляет собой сложную задачу. Дополнительные трудности вызывает то обстоятельство, что причины устойчивости пены полностью неясны даже для простых систем. Наличие хотя бы одного источника загрязнения амина достаточно для возникновения его вспенивания. Плохо или частично смачиваемые (гидрофобные) частицы ПАВ способствуют стабилизации пены, так как они прилипают к поверхности пузырьков газа и вместе с ними переходят в пену, образуя жесткий каркас, повышающий структурно-механические свойства пены [2].

Чрезмерно высокая турбулентность и высокие скорости контактирования газа с жидкостью обычно также вызывают вспенивание раствора. Причиной высокой турбулентности могут быть как неполадки механического, так и химического порядка. В некоторых случаях устанавливают на верх абсорбера конденсаторы для уменьшения объема паров. Этим проблема не решается, а вместо этого конденсируются летучие углеводороды, которые опять возвращаются в раствор амина.

В настоящее время многие исследователи предлагают использовать пеногасители различного химического состава. Но, в связи со спецификой технологии очистки высокосернистых газов, практического применения в газопереработке они не нашли. Ученые [1,2] считают, что важным мероприятием при аминовой очистке, предотвращающее загрязнение аминового раствора, вспенивание и потери амина является фильтрация.

Список литературы

1. Чудиевич Д.А. Совершенствование технологии пеногашения на установках аминовой сероочистки углеводородных газов / Д.А. Чудиевич; Астраханский государственный технический университет. – Астрахань, 2000. – 165 с.
2. Широкова Г.С. Технологические задачи комплексной очистки природного газа для получения СПГ / Г.С. Широкова, М.В. Елистратов // Газовая промышленность. Спецвыпуск «Производство, транспортировка, хранение и использование сжиженного природного газа», 2011. – С. 11-15
3. Лаптев А.Г. Гидромеханические процессы в нефтехимии и энергетике / А.Г. Лаптев, М.И. Фарахов. – Казань: Издательство Казанского гос. университета, 2008. – 729 с.

4. Кругляков П.М., Ескерова Д.Р. Пена и пенные пленки - М.: Химия, - 1990, - 426 с.

5. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения - М.: Химия, - 2015, - 234 с.

СУБЛИМИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ, ИХ СОСТАВ И ФАЛЬСИФИКАЦИЯ

**Бурцев И.Ш., Быков А.В. д-р биол. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

В современное время начали набирать популярность сублимированные продукты, в основном ягоды и фрукты, и их аналоги сублимированные порошки из ягод и фруктов.

Сублимация - это один видов сушки, предназначенный для уменьшения веса продукта и увеличения срока годности с низкими потерями полезных веществ для продукта.

Ваншин В.В., описал сущность метода сублимации и принцип его работы [1]

Метод сублимационной сушки продуктов основан на способности льда при определенных условиях испаряться, минуя жидкую фазу, иными словами возгоняться [1].

Сублимированные продукты – важный продукт питания для туристов, альпинистов, военных и космонавтов. Так как сублимированные продукты имеют малый вес и легко восстанавливаются при смешивании с водой.

Спрос сублимированный продуктов растет на 8-12 % в год, однако вместе с ростом спроса растет и фальсификация данного продукта, по оценке экспертов до 30-40 % продукта может не соответствовать стандартам.

Сублимированные продукты в отличие от продуктов, которые высушили под действием высоких температур или при длительном высушивании при средних температурах, сохраняют питательные элементы в большем количестве.

При насыщении водой такого продукта, вода быстро заполняет поры, откуда во время сушки был сублимирован лед, и продукт быстро восстанавливается. Высушенные методом сублимации продукты сохраняют свои исходные качества, экстрактивные вещества, ферменты и витамины. По вкусовым качествам восстановленные продукты мало отличаются от продуктов, не подвергавшихся сушке [1].

Далее расписаны питательные элементы, вещества, микро- и макроэлементы, которые сохраняются или же теряются при сублимации продуктов [2,3,5].

Белок или же протеин, сохраняется полностью или же в незначительных потерях (95-100 %). Сублимационная сушка не влияет на питательную ценность белков в сырой говядине, свинине и баранине, мышечные волокна сохраняют свою целостность, становятся более плотными и уменьшаются в размерах. Приостанавливаются процессы окисления жира и работа ферментов.

Для рыбы проявляется малые изменения белков и жиров. Используется рыба низкой жирности, щука, хек, судак, треска, пикша и другие.

Пищевые волокна или же клетчатка сохраняется полностью, количество не изменяется, и структура волокон не распадается. Что положительно сказывается на качестве сырья.

Жиры, сохраняются, но все еще подвержены окислению и будут прогоркать при долгом хранении, поэтому продукты содержащие большое количество жиров сублимируют реже, а в те продукты, которые сублимируют добавляют антиоксиданты.

Углеводы, а именно сахара и крахмалы, сохраняются в больших количествах, энергетическая ценность продукта не уменьшается, однако при удалении влаги из ягод и фруктов концентрация сахаров на массу продукта увеличивается, поэтому увеличивается гликемическая нагрузка, что является важным параметром для людей с диабетом или для людей, соблюдающих низкоуглеводные диеты.

Антиоксиданты и фитонутриенты: Флавоноиды, антоцианы (в ягодах), полифенолы. Их активность остается на высоком уровне.

Макроэлементы в виде минеральных веществ сохраняются до 95-99 %, а именно железо, магний, кальций и калий.

Микроэлементы, а именно, витамины группы Е от 75-80 %, витамины групп А, D и К сохраняются очень хорошо до 90 %.

Основные потери при сублимации, но все ещё меньше чем при иных способах сушки, несут следующие вещества.

Витамин С может нести потери от 10 до 30%, из-за контакта с кислородом до заморозки, и на этапе подготовки сырья.

Витамины группы В, а именно тиамин (В1), рибофлавин (В2), пиридоксин (В6), фолиевая кислота (В9) потери которых составляет от 5 до 25%, все из-за предварительных этапов подготовки сырья к сублимации и контакта с кислородом. Пантотеновая кислота (В5) и ниацин (В3) более стабильны. Витамин кобаламин (В12) чувствителен к свету и кислороду, но в мясных продуктах сохраняется лучше.

Сублимационная сушка имеет большое количество положительных качеств по сравнению с другими видами сушек, однако там, где находится качество страдает цена. Сублимационная сушка дорогое удовольствие, которое не все могут себе позволить, поэтому некоторые производители могут фальсифицировать сублимированные продукты. Далее представлены некоторые способы фальсификации сублимированных продуктов [4].

Подмена технологии сушки. Взамен дорогой сублимационной сушка используется дешевый аналог термической сушки или распылительная сушка. Для людей, которые узнали о сублимированных продуктах и о их пользе, но не о том какие характеристики они должны иметь, или подмена продукта в упаковке. Признаками такой фальсификации является сморщенный и имеющий более темный окрас продукт, и при взаимодействии с водой фальсифицированный продукт плохо восстанавливает свою исходную форму, и

характеристика и имеет возможность превратится в кашу, в то время как настоящий сублимированный продукт восстанавливается быстро и почти до исходного состояния.

Нарушение технологического процесса, ускорение процессов сушки за счет повышения температуры, что ведет к потере структуры у сырья. Недостаточное время для сублимации оставляет после себя больше влаги, что сказывается на сроках хранения и требует добавок компенсирующих сроки, что ведет к порче продукта [4].

Маскировка дефектов пищевыми добавками. Использование красителей для создания прежнего цвета продукта, утраченного после неправильно проведенной сушки. Использование усилителей вкуса для имитации вкуса не характерного сублимированному продукту. Ароматизаторы для придания запаха маскирующий плохое сырье. Антислеживатели для слипающегося продукта [4].

Смешивание с дешевыми компонентами. В порошки или смеси добавляют дешевые наполнители: сухое молоко, соевую муку, мальтодекстрин. При растворении такие порошки дают осадок или мутную взвесь, чистый сублимированный порошок растворяется хорошо, но может давать малую взвесь клетчатки. Вкус и цвет фальсифицированные продукты имеют менее интенсивный, размытый или ненатуральный.

Сырье для сублимации должно соответствовать рядум качества и нарушение которых сильно влияет на конечный продукт. Сырье не соответствующее нормам не определяется визуально после измельчения в порошок. Признаками такого вида фальсификации является запах, который ощущается затхлым или ферментированным и микробиологические показатели, дрожжи и плесневелые бактерии.

Фальсификация за счет маркировки и упаковки. Количество веса не соответствует указанного на упаковке, неправильная информация про витаминно-минеральный профиль. Нахождение каких либо добавок в продукте, если это настоящий сублимат а не подделка, в составе должен находится один ингредиент (например «банан сублимированный»).

Упаковка для сублимированных продуктов должна быть качественной и поэтому дорого стоит. Фальсификаторы используют полиэтилен вместо фольгированной ламинации что приводит к быстрому окислению, отказываются от вакуумирования или азотного наполнения.

Сублимация сложный и дорогой процесс в конце, которого можно получить качественный продукт сохранивший питательные вещества и имеющий долгий срок хранения. Фальсификация такого продукта несет за собой вред человеку, снижение питательной ценности, пищевые отравления, аллергические реакции и непереносимости и т.д. Фальсифицированный продукт – потенциально опасный пищевой продукт, который может нанести вред здоровью. От простого расстройства желудка до тяжелых аллергических реакции. Потребителю важно соблюдать бдительность при выборе сублимированных продуктов, проверка производителей, состав, герметичность упаковки и условий хранения.

Список литературы

1. Ваншин, В. В. Технология пищекокцентратного производства : учебное пособие / В. В. Ваншин, Е. А. Ваншина. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 180 с.
2. Краснова, И. С. Сублимационная сушка: учебник / И. С. Краснова, Г. В. Семенов. — Москва : ДеЛи, 2021. — 326 с. — ISBN 978-5-6045642-1-9.
3. Семенов, Г. В. Сублимационная сушка пищевых продуктов / Г. В. Семенов, И. С. Краснова. – Москва : ДеЛи плюс, 2018. – 291 с. : ил., портр., табл. – ISBN 978-5-9909883-5-4.
4. И.Э. Цапалова, Л.А. Маюрникова, В. М. Позняковский, Е. Н. Степанова ; под редакцией В. М. Позняковский. Экспертиза продуктов переработки плодов и овощей. Качество и безопасность : учебно-справочное пособие — Саратов : Вузовское образование, 2014. — 334 с.
5. Гуйго, Э. И. Сублимационная сушка в пищевой промышленности / Э. И. Гуйго, Н. К. Журавская, Э. И. Каухчешвили. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Пищевая промышленность, 1972. – 433 с. : ил.
6. Поповский, В.Г. Сублимационная сушка пищевых продуктов растительного происхождения / В. Г. Поповский, Л. А. Бантыш, Н. Т. Ивасюк ; под ред. В. Г. Поповского. – Москва : Пищевая промышленность, 1975.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ГИДРАТАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

Быков А.В., д-р биол. наук, доцент,

Кван О.В., д-р биол. наук, профессор

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Электрохимическая гидратация подсолнечного неочищенного масла с содержанием 3 % свободных жирных кислот — это современный технологический метод очистки, основанный на использовании электрического тока для удаления нежелательных компонентов, таких как свободные жирные кислоты. [1]

Основные этапы процесса электрохимической гидратации представлены ниже.

1. Подготовка сырья

Неочищенное подсолнечное масло с содержанием СЖК 3 % подается в реактор для электрохимической обработки.

Перед началом процесса масло предварительно прогревается до температуры 60 °С для повышения проводимости и активности реакций.

2. Создание электролитической среды

В реактор добавляют небольшое количество электролита (например, воду или раствор соли) для повышения электропроводности. При этом используют электролиты, совместимые с пищевыми продуктами, чтобы избежать загрязнения.

3. Зона электродов и токовая нагрузка

В реакторе устанавливают электроды (из инертных материалов: никель, платина или графит).

Подача постоянного или переменного тока вызывает электролитические реакции.

В результате происходит окисление или восстановление свободных кислот и других загрязнений.

4. Производство реакции

В ходе электролиза свободные жирные кислоты (карбоксильные группы) подвергаются электролитической гидролизе.

Образуются нейтральные жирные кислоты и глицерин или другие вещества, что снижает содержание СЖК в масле.

Одновременно происходит образование водорода или других побочных продуктов, которые удаляются из системы.

5. Контроль параметров

Время электролиза час, в зависимости от начальных показателей и желаемого качества.

Температура: обычно поддерживается в диапазоне +40...+70°С.

Токовая плотность: подбирается так, чтобы обеспечить эффективное снижение СЖК без вреда для масла.

Итоговые преимущества и особенности

Снижение содержания свободных жирных кислот: до уровня менее 1–1,5 %, что способствует дальнейшей рафинации и улучшает качество масла.

Экологичность: использование электрохимии уменьшает использование химических реагентов и снижает количество отходов.

Экономичность: возможность обработки больших объемов масла без значительных затрат.

Улучшение физико-химических характеристик: уменьшение закисленности, улучшение стабильности.

В ходе использования метода паровой гидратации для получения очищенного подсолнечного масла органолептические показатели растительного масла соответствовали требуемым нормам (табл. 1).

Таблица 1 – Органолептические показатели растительного масла

	Показатель, полученный в ходе исследования для очищенного масла	Показатель нормы для очищенного масла	Метод определения
Прозрачность	Прозрачное	Допускается легкое помутнение или «сетка»	ГОСТ 5472
Запах	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	ГОСТ 5472
Вкус	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Органолептически

Как видно из представленных данных, подсолнечное масло на выходе было прозрачным, а запах и вкус были свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха и привкуса.

Физико-химические показатели для подсолнечного масла, используемого в ходе испытаний, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели для растительного масла

	Полученные в ходе испытаний для очищенного масла	Показатель нормы для очищенного масла	Метод определения
Цветное число, мг йода, не более	0,8	12	ГОСТ 5477
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,167	0,40	ГОСТ 5476
Массовая доля нежировых примесей, %, не более	Отсутствие	Отсутствие	ГОСТ 5481
Массовая доля фосфоросодержащих веществ, %, не более: в пересчете на стеароолеолецитин в пересчете на P ₂ O ₅	Отсутствие	Отсутствие	ГОСТ 31753
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	Без воды	0,10	ГОСТ 11812

Перекисное число, моль активного кислорода/кг, не более	2.5	10,0	ГОСТ 26593
--	-----	------	------------

Таким образом, проведенные испытания очищенного подсолнечного масла, полученные методом электрохимической гидратации показали соответствие утвержденным нормам.

После данных исследований нами был проведен сравнительный анализ показателей очищенного разными способами подсолнечного масла. Результаты органолептического анализа и физико-химических показателей представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Органолептические показатели растительного масла

	Очищенное масло			
	Метод щелочной гидратации	Метод щелочной гидратации с избытком щелочи	Метод паровой гидратации	Метод электрохимической гидратации
Прозрачность	Легкое помутнение	Прозрачное	Легкое помутнение	Прозрачное
Запах	Свойственные маслу, без постороннего запаха	Свойственные маслу, без постороннего запаха	Свойственные маслу, без постороннего запаха	Свойственные маслу, без постороннего запаха
Вкус	Свойственные маслу, без постороннего привкуса	Свойственные маслу, без постороннего привкуса	Свойственные маслу, без постороннего привкуса	Свойственные маслу, без постороннего привкуса

Таблица 4 – Физико-химические показатели для растительного масла

	Очищенное масло			
	Метод щелочной гидратации	Метод щелочной гидратации с избытком щелочи	Метод паровой гидратации	Метод электрохимической гидратации
Цветное число, мг йода, не более	1.2	0.9	2.3	0.8
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0.254	0.189	0.301	0.167
Массовая доля нежировых примесей, %, не более	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Массовая доля фосфоросодержащих веществ, %, не более: в пересчете на стеароолеолецитин в пересчете на P ₂ O ₅	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	Без воды	Без воды	Без воды	Без воды

Перекисное число, моль активного кислорода/кг, не более	5,0	2,9	5.5	2.5
---	-----	-----	-----	-----

Таким образом, представленные показатели органолептического контроля очищенного подсолнечного масла показывают соответствие установленным нормам при всех изученных методах очистки представленного образца масла. При этом наилучшие органолептические показатели, а именно, прозрачность и соответствие привкуса и запаха были отмечены для методов щелочной гидратации с избытком щелочи и метода электрохимической гидратации. [2]

Как видно из представленных данных, все физико-химические показатели очищенного подсолнечного масла соответствовали утвержденным межотраслевым нормам при проведении испытаний и использовании различных методов очистки масел.

При этом обращает на себя внимание, что различные методы очистки подсолнечного масла в данной работе привели к получению различных результатов. Так, наиболее очищенным маслом можно назвать после использования метода электрохимической гидратации, а проведение щелочной гидратации растительного масла с избытком 5 % щелочи показало лучшие результаты, чем при щелочной гидратации без избытка щелочи. [3]

После проведенных испытаний можно представить градацию методов химической очистки подсолнечного масла: метод электрохимической гидратации > метод щелочной гидратации с избытком щелочи > метод щелочной гидратации > метод паровой гидратации.

Список литературы

1. Акаева Т.К., Петрова С.Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч.1. Технология получения растительных масел: Учеб. Пособие. – Иваново: ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007 – 124 с.;
2. Бурункова Ю.Э. Растительные масла: свойства, технологии получения и хранения, окислительная стабильность: Учебно-методическое пособие / Ю.Э. Бурункова, М.В. Успенская, Е.О. Самуйлова. – СПб: Университет ИТМО, 2020. – 82 с.;
3. Маркевич Р.М., Бондаренко Ж.В. Химия жиров: тексты лекций для студентов специальности «Биотехнология» специализации «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов». – Минск: БГТУ, 2011. – 220 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОГО НЕОЧИЩЕННОГО МАСЛА

Быков А.В., д-р биол. наук, доцент,

Бочкарева И.А., канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Аннотация: В статье представлены данные химического состава растительного неочищенного масла.

Ключевые слова: состав, масла, показатель, фракция, кислоты.

Химико-физические показатели растительных масел зависят от состава жирных кислот, их положением в молекуле триглицерида, диапазоне изменения соотношения жирных кислот, различных по видам масел.

Неочищенные растительные масла содержат в себе неомыляемые фракции, в состав которых входят фосфолипиды, токоферолы, стеролы, воски, углеводы, пестициды, белки. Некоторые из них нежелательны и от них при очистке необходимо избавляться. Причём очистка должна быть строго направленной и не сопровождаться с поперечными составляющими, что происходит при рафинировании масел. [1]

Полученные в промышленных условиях нерафинированные масла представляют собой смеси триглицеридов жирных кислот, содержащие сопутствующие вещества и нежировые примеси. Присутствие нежировых примесей в виде обрывков растительных тканей, влаги, ядохимикатов и других несвойственных маслам веществ, а также продуктов превращений триглицеридов ухудшает качество масел и снижает их пищевые достоинства. Сопутствующие вещества находятся в масле в небольших количествах, одни из них (фосфолипиды, токоферолы, каротиноиды) существенно повышают физиологическую ценность масла, а другие (свободные жирные кислоты, продукты их окисления, в том числе перекисного) снижают его качество.

Полученные масла с целью повышения их пищевой ценности и придания необходимых потребительских и технологических свойств подвергают рафинации - комплексу технологических приемов, направленных на удаление из масел различных сопутствующих веществ. [2]

Объект исследования – масло подсолнечное неочищенное.

Химический состав представлен в Таблице.

Данные по жирнокислотному составу нерафинированного подсолнечного масла были получены в соответствии с ГОСТ 31663 [5] и ГОСТ Р 30418 [4] на газо-жидкостном хроматографе Bruker-Scion 436 GS.

Нерафинированное подсолнечное масло имело следующий жирнокислотный состав триглицеридной фракции, выраженный в относительных %, а именно:

- миристиновая кислота (C14:0) – 0.1%;
- пальмитиновая кислота (C16:0) – 6.2%;
- пальмитолеиновая кислота (C16:1) – 0.1%;
- стеариновая кислота (C18:0) – 3.0%;
- олеиновая кислота (C18:1) – 27.0%;
- линолевая кислота (C18:2) – 62.3%;
- линоленовая кислота (C18:3) – 0.1%;
- арахидиновая кислота (C20:0) – 0.2%;
- гондоиновая кислота (C20:1) – 0.2%;
- бегеновая кислота (C22:0) – 0.6%;
- лигноцериновая кислота (C24:0) – 0.2%.

Химический состав растительного неочищенного масла (г/100 г) представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав растительного неочищенного масла (г/100 г)

Наименование	Показатель
Общее содержание жира и жироподобных веществ	99.9
Насыщенные жирные кислоты	11.3
Олеиновая кислота	23.7
Полиненасыщенные жирные кислоты:	
Всего	59.8
Линолевая	59.8
Линоленовая	0

При определении *органолептических показателей* неочищенного подсолнечного масла в эксперименте использовали следующие методы, изложенные ниже.

Определение запаха, цвета и прозрачности

1. Аппаратура, материалы

Стакан В-1-100 или В-1-150.

Цилиндр 2-100 или 4-100.

Термометр жидкостный стеклянный.

Баня водяная.

Пластинка стеклянная размером 10-30 см.

II. Подготовка к испытанию

2. Производят отбор проб.

3. Проба испытываемого масла до проведения определения запаха и цвета должна быть отстоена или профильтрована.

4. Проба испытываемого масла до проведения определения прозрачности должна быть тщательно перемешана.

Масло, подвергшееся охлаждению, предварительно нагревают при 50 °С на водяной бане в течение 30 мин. Затем медленно охлаждают до 20 °С и перемешивают. [3]

III. Проведение испытания

5. Определение запаха, цвета и прозрачности производят при температуре масла около 20 °С.

6. Для определения запаха масло наносят тонким слоем на стеклянную пластинку или растирают на тыльной поверхности руки.

Для более отчетливого распознавания запаха масло нагревают на водяной бане до температуры около 50 °С.

7. Для определения цвета масло наливается в стакан слоем не менее 50 мм и рассматривается в проходящем и отраженном свете на белом фоне.

При испытании устанавливается цвет и оттенок испытуемого масла (желтый с зеленоватым оттенком, темно-зеленый и т.д.).

8. Для определения прозрачности 100 мл масла наливают в цилиндр и оставляют в покое при температуре 20 °С на 24 ч (касторовое масло - при 20 °С на 48 ч).

Отстоявшееся масло рассматривают как в проходящем, так и в отраженном свете на белом фоне. [4]

Испытуемое масло считается прозрачным, если оно не имеет мути или взвешенных хлопьев.

Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели растительного масла

	Полученные в ходе испытаний для неочищенного масла	Показатель нормы для неочищенного масла	Показатель нормы для очищенного масла	Метод определения
Прозрачность	Легкое помутнение	Допускается осадок и легкое помутнение или «сетка» над осадком	Допускается легкое помутнение или «сетка»	ГОСТ 5472 [7]
Запах	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	ГОСТ 5472 [7]
Вкус	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Органолептически

Таким образом, органолептические показатели исследуемого подсолнечного неочищенного масла соответствовали нормативным показателям.

Далее для оценки качества используемых в работе методов очистки представленного образца масла, применяли ряд физико-химических показателей. Порядок их определения приведен ниже.

Определение цветности
Сущность метода

Метод основан на сравнении интенсивности цвета испытуемого масла с цветом стандартных растворов йода.

Средства измерений, вспомогательное оборудование, реактивы и материалы

Пробирки из бесцветного стекла с внутренним диаметром d от 10,0 до 11,0 мм для изготовления йодной шкалы.

Пробирки из бесцветного стекла с внутренним диаметром d от 10,0 мм до 11,0 мм для испытуемого масла

Весы неавтоматического действия с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,01$ г

Колбы 2-100(250)-2.

Пипетка И(2)-1-10

Бюретка 1-3-2-10-0,05

Стакан В-1—50 ТС

Йод, ч. д. а, дважды возогнанный.

Калий йодистый, ч. д. а.

Крахмал растворимый, ч. д. а.

Натрий серноватистокислый (натрия тиосульфат) 5-водный, ч. д. а

Калий марганцовокислый (калия перманганат)

Вода дистиллированная

Кислота соляная, х. ч, раствор с массовой долей 10 %.

Бумага фильтровальная лабораторная

Подготовка к испытанию

Отбор проб и подготовка пробы

Пробу испытуемого масла хорошо перемешивают и фильтруют.

Приготовление бидистиллированной воды

Для получения бидистиллированной (дважды перегнанной) воды производят вторичную перегонку дистиллированной воды в обычном аппарате для перегонки с добавлением перманганата калия.

Приготовление раствора крахмала

Очистка йода

Очистку йода осуществляют двукратной возгонкой.

Приготовление раствора тиосульфата натрия

Раствор тиосульфата натрия концентрации 0.01 моль/дм (0.01 н.) готовят с последующим разведением в 10 раз.

Приготовление стандартного водного раствора йода

В стакане взвешивают 0.26-0.27 г дважды возогнанного йода, а также двойное количество йодистого калия и растворяют в 10 см бидистиллированной воды. Раствор переносят в мерную колбу вместимостью 250 см, доводят водой до метки, закрывают пробкой и перемешивают. Точную концентрацию приготовленного раствора йода устанавливают титрованием раствором тиосульфата натрия концентрации 0.01 моль/дм (0.01 н) в присутствии в качестве индикатора крахмала. [4]

После установления концентрации к приготовленному раствору прибавляют бидистиллированную воду в таком количестве, чтобы в 100 см этого раствора содержалось точно 100 мг йода.

Подготовка пробирок

Пробирки для изготовления йодной шкалы тщательно калибруют по величине внутреннего диаметра с помощью штангенциркуля, следя за тем, чтобы для каждой конкретной шкалы внутренние диаметры всех пробирок не различались между собой более чем на 0.1 мм.

Пробирки моют моющим средством, замачивают на сутки в смеси концентрированной соляной и ледяной уксусной кислот, тщательно промывают водой, ополаскивают бидистиллированной водой и высушивают.

Изготовление йодной шкалы

В подготовленные пробирки наливают пипеткой концентрированный стандартный раствор йода и добавляют из бюретки бидистиллированную воду.

Пробирки осторожно запаивают в узкой части и маркируют, указывая цветное число приготовленных стандартных растворов.

Приготовленные стандартные растворы хранят в темном месте. Срок хранения - не более 6 мес с момента приготовления растворов.

Проведение испытания

В пробирку наливают профильтрованное испытуемое масло и сравнивают интенсивность цвета масла с цветом стандартных растворов йода.

Испытание проводят в проходящем и отраженном дневном свете или при свете матовой электрической лампочки.

Цветное число испытуемого масла принимают равным цветному числу стандартного раствора, имеющего одинаковую интенсивность цвета с маслом.

Определение кислотного числа титриметрическим методом с потенциометрической индикацией

Сущность методов заключается в растворении определенной массы растительного масла в смеси растворителей с последующим титрованием имеющихся свободных жирных кислот водным или спиртовым раствором гидроксида калия или натрия. [3]

За результат измерения принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных измерений.

Физико-химические показатели для растительного неочищенного масла приведены в таблице 3.

Таким образом, исследованные физико-химические показатели образца неочищенного подсолнечного масла соответствовали требованиям, предъявляемым к таким маслам.

Таблица 3 – Физико-химические показатели для растительного неочищенного масла

	Полученные в ходе испытаний для неочищенного масла	Показатель нормы для неочищенного масла	Показатель нормы для очищенного масла	Метод определения
Цветное число, мг йода, не более	23	25	12	ГОСТ 5477 [9]
Кислотное число, мг КОН/г, не более	3.7	4.0	0.40	ГОСТ 5476 [8]
Массовая доля нежировых примесей, %, не более	0.09	0.10	Отсутствие	ГОСТ 5481 [10]
Массовая доля фосфоросодержащих веществ, %, не более: в пересчете на стеароолеолецитин в пересчете на P ₂ O ₅	0.055 0.051	0.060 0.053	Отсутствие	ГОСТ 31753 [6]
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	0.18	0.20	0.10	ГОСТ 11812 [2]
Перекисное число, моль активного кислорода/кг, не более	9.5	10.0	10.0	ГОСТ 26593 [3]

Список литературы

1. Нагорнов С.А. Техника и технологии производства и переработки растительных масел. Учебное пособие / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В. Романцова, В.П. Таров. – Тамбов: Издательство ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 53 с.;
2. Субботина М.А. Химия жиров: учебное пособие для студ. вузов. – Кемерово: КемТИПП, 2008. – 148 с.;
3. Зимняков В. М. Особенности технологии производства подсолнечного масла //Инновационная техника и технология. – 2025. – Т. 12. – №. 3. – С. 68-72.;
4. Исматов С., Ёров К., Комилов А., Муроталиева М. Совершенствование технологии очистки масел от сопутствующих веществ // Предпринимательства и педагогика. – 2025. – Т. 4. – №. 1. – С. 48-56.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПАРОВОЙ ГИДРАТАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

Быков А.В., д-р биол. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Аннотация: В статье представлены данные по исследованию процесса паровой гидратации растительного масла.

Ключевые слова: гидратация, пар, масла, очистка, кислоты.

Процесс паровой гидратации растительного масла представляет собой важный этап предварительной подготовки масла перед дальнейшей очисткой и рафинацией. Этот процесс включает обработку сырого масла паром низкого давления, что способствует удалению влаги и растворенных газов, улучшает цвет и вкусовые качества масла, а также облегчает последующие стадии фильтрации и отбеливания.

Процесс паровой гидратации растительного масла представлен ниже.

1. Подготовка масла:

Масло с уровнем СЖК в 3 % обычно считается умеренно рафинированным или слегка загрязнённым.

Перед гидратацией проводится предварительная очистка, например, фильтрацию для удаления механических примесей и возможных продуктов окисления, что повысит эффективность гидратации.

2. Цели гидратации:

Удаление остатков свободных кислот и примесей.

Улучшение стабилизации масла, снижение запаха и вкуса.

Предотвращение гелеобразования и ухудшения качества при дальнейшей переработке.

3. Параметры паровой гидратации:

Температура: +120 С — оптимальный диапазон для снижения содержания свободных жирных.

Давление пара: 0.6 МПа.

Время обработки: 40 минут.

В соотношении пар/масло: 1:1.

4. Порядок проведения:

Масло нагревается до нужной температуры.

Через масло подается пар под выбранным давлением.

Для равномерного контакта используют механическое перемешивание или циркуляцию. [1]

После обработки масло охлаждается и проходит очистительные этапы при необходимости: фильтрование, рафинация.

Подача пара производится через специальные рассекатели или гидравлические распылители для равномерного распределения по маслу.

Оборудование:

Емкости для гидрирования, оборудованные системами нагрева и подачи пара.

Механизмы перемешивания для обеспечения равномерного контакта пара с маслом.

Системы охлаждения и фильтрации для отделения гидратов и очистки масла после обработки.

Экологические и экономические аспекты:

Процесс требует энергозатрат, связанных с нагревом и поддержанием давления. [2]

Образующиеся гидраты могут содержать ценные компоненты или примеси, их утилизация или переработка должна быть организована.

Эффективность процесса позволяет снизить потери масла и получить продукт более высокого качества, что позитивно сказывается на экономической отдаче.

5. Результаты:

После гидратации содержание свободных жирных кислот снижается до приемлемого уровня – обычно ниже 2 %, что соответствует межотраслевым стандартам.

Улучшается качество масла, что позволяет использовать его для приготовления пищи или для технических целей. [3]

В ходе использования метода паровой гидратации для получения очищенного подсолнечного масла органолептические показатели растительного масла соответствовали требуемым нормам (табл.1).

Таблица 1 – Органолептические показатели растительного масла

	Показатель, полученный в ходе исследования для очищенного масла	Показатель нормы для очищенного масла	Метод определения
Прозрачность	Легкое помутнение	Допускается легкое помутнение или «сетка»	ГОСТ 5472
Запах	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	ГОСТ 5472
Вкус	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Органолептически

Как видно из представленных данных, наблюдали легкое помутнение подсолнечного масла на выходе, а запах и вкус были свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха и привкуса. [4]

Физико-химические показатели для растительного масла после проведения паровой гидратации представленного образца масла указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели для растительного масла

	Полученные в ходе испытаний для очищенного масла	Показатель нормы для очищенного масла	Метод определения
Цветное число, мг йода, не более	2.3	12	ГОСТ 5477
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0.301	0.40	ГОСТ 5476
Массовая доля нежировых примесей, %, не более	Отсутствие	Отсутствие	ГОСТ 5481
Массовая доля фосфоросодержащих веществ, %, не более: в пересчете на стеароолеолецитин в пересчете на P ₂ O ₅	Отсутствие	Отсутствие	ГОСТ 31753
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	Без воды	0.10	ГОСТ 11812
Перекисное число, моль активного кислорода/кг, не более	5.5	10.0	ГОСТ 26593

Цветное число и кислотное число не превышали значений, указанных в руководящих документах, что применимо и к показателю перекисного числа, при этом данные показатели были выше таковых, полученных в ходе щелочной гидратации представленного образца подсолнечного масла.

Список литературы

1. Рудик Ф. Я., Моргунова Н. Л., Бредихин С. А., Тулиева М. С. Очистка и регенерация нерафинированных растительных масел // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – №. 1. – С. 113-126;
2. Федоров А. В., Новосёлов А. Г., Федоров, А. А., Ковальский И. С., Волков С. М. Моделирование структурно-реологических свойств мисцелл подсолнечного масла // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2018. – №. 2. – С. 12-16;
3. Харченко Г. М. Физико-механические свойства растительных масел // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – №. 4. – С. 54-58;
4. Эркаева Н. Ч., Ахмедов А. Н. Исследование процесса фильтрации растительных масел // Universum: технические науки. – 2022. – №. 1-2 (94). – С. 73-75;

5. Юнусов О. К., Кодирова З. А. Значение подсолнечного масла в организме человека и улучшение процесса дезодорации // *Universum: технические науки*. – 2021. – №. 3-2 (84). – С. 103-106.

ЩЕЛОЧНОЙ МЕТОД ОЧИСТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ РАСТВОРОМ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ (NaOH) В ПРИСУТСТВИИ РАСТВОРА КАРБОНАТА НАТРИЯ (Na₂CO₃)

Быков А.В., д-р биол. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Щелочное омыление подсолнечного масла NaOH в присутствии Na₂CO₃, подразумевает под собой омыление свободной жирной кислоты в подсолнечном масле с образованием мыльных солей натрия и глицерина, обеспечивая последующее разделение фаз и очистку масла.

Для этого метода использовали масло подсолнечное неочищенное, без крупной механической примеси с содержанием 3 % свободных жирных кислот по массе. Наличие воды в масле: минимальная влажность (0,18%).

Реагенты и материалы

Гидроксид натрия (NaOH): раствор 10-50% по массе, предпочтительно 20-30% для управления температурой и безопасностью.

Карбонат натрия (Na₂CO₃): раствор 1-5% по массе, буферная/зона контроля pH.

Вода: дистиллированная или очищенная.

Масло: подсолнечное, без испорченного запаха.

Промывочная вода для фазы промывки.

Оборудование

Нагревательный котёл/реактор с крышкой, адаптированный под рабочую температуру 60–90°C.

Система перемешивания (лопастной миксер) с частотой 100–600 об/мин в зависимости от объёма.

Сепаратор или разделитель фаз (эффективно отделять мыловую фазу от масла).

Температурный контроль (термопара) и датчики pH.

Термостойкая тара для хранения и транспортировки.

Система для промывки (дистиллированная вода, насосы).

Безопасность

NaOH и Na₂CO₃ — щёлочи; используйте защитные очки, перчатки, халаты, респиратор при необходимости.

Контроль температуры: избегать перегрева выше 90°C.

Промывка: удаление промывной воды без попадания в окружающую среду.

Порядок действий (операционная схема)

А. Подготовка

Подогреть масло до рабочей температуры 40–50°C для облегчения введения щелочных растворов.

Приготовить NaOH раствор 20–30% и Na₂CO₃ раствор 1–5% в воде. Нормируйте объемы по требованию на единицу массы масла.

Удостовериться, что система перемешивания работает, сепаратор подготовлен. [1]

В. Введение реагентов

Постепенно вносить NaOH раствор в масло при непрерывном перемешивании, чтобы поддерживать равномерное омыление.

Затем добавить Na₂CO₃ раствор для стабилизации pH и помощи в разрушении эмульсий, если они возникают.

С. Реакция омыления

Поддерживать температуру 60–75°C (оптимум зависит от состава масла).

Время реакции 30–60 минут с периодическим перемешиванием. По окончании проверить течение омыления (FFA минимум).

Д. Разделение фаз

Охладить до близкой комнатной температуры, затем увеличить отстой и разделение.

Сепаратор или центрифуга: выделить нижний мыловый слой и верхнюю масляную фазу.

Отвести нижний мыловый слой для переработки или утилизации; верхнее масло промыть водной фазой, если нужно снизить содержание натрия.

Е. Промывка мыловой фазы

Если требуется, промыть мыловую фазу дистиллированной водой (со стороны масляной фазы) с контролем pH до нейтрального. [2]

Ф. Дезодорация и финальная обработка

Сжечь фосфаты или дополнительно переработать мыло по технологической схеме.

Фильтрация и охлаждение.

Параметры процесса (типовые, для примера)

Масло: 1000 кг

Содержание свободных жирных кислот – 3.5%

NaOH: 50% растворы

Na₂CO₃: 2% растворы

Температура реакции: 65°C

Время реакции: 45 мин

Соотношение воды для промывки: 2 объема воды на 1 объем масла

Скорость перемешивания: 500 об/мин, в зависимости от объема и вязкости

Контроль pH: цель pH реакции, но конечный pH может быть близко к нейтральному после промывки; держать внутри рабочей зоны.

Очистка и утилизация

Мыловая фаза: переработка или утилизация по экологическим требованиям.

Промывные воды: утилизация в соответствии с нормами.

Критические моменты

Эмульсии: приостанавливать добавку Na_2CO_3 или изменять температуру, чтобы разрушать эмульсии.

Контроль теплового эффекта: NaOH реакция с FFA генерирует тепло.

Безопасность: следить за уровнем pH, не перегревать.

Стехиометрия омыления: 1 моль NaOH на 1 моль свободной жирной кислоты. [3]

Масса свободной жирной кислоты: 35 кг ≈ 0.0383 кмоль (масса молекулы ~ 256 г/моль для пальмитиновой/олеиновой и т.д. усреднено 256 г/моль)

Требуемый NaOH : 0.0383 кмоль ≈ 3.9 кг NaOH (молярная масса 40 г/моль).

Реальный расход может быть выше из-за излишних примесей.

Практический запас: 10% запас, значит ~ 4.3 кг NaOH 100% чистоты.

Расчёт Na_2CO_3

Буферирование: 1–2 эквивалента Na_2CO_3 на эквивалент NaOH . При 1:1:1 экв $\text{Na}_2\text{CO}_3 \approx 106$ г/моль; если нужен 0.0383 кмоль NaOH , то 0.0383 кмоль Na_2CO_3 потребуется $0.0383 \cdot 106 \text{ г} \approx 4.05$ кг. Практически 2–3% массы масла.

Вода для промывки

Промывка: 2–3 объема воды на 1 объем масла: 2.0–3.0 м³ воды.

Время и температура

Температура: 65°C

Время: 45 минут

Расходы на оборудование

Объем реактора: 1.2–1.5 объема конечной смеси

Мешалка: 300–500 об/мин

Процесс очистки гидратированного соевого масла проводился с различными концентрациями и разным количеством избыточной щелочи по сравнению с теоретическим расчетом. [4]

Щелочную очистку соевого масла проводили при температуре 45–50 °C. Когда количество прореагировавшей щелочи было исчерпано, температуру смеси повысили до 55–60 °C. Затем скорость перемешивания уменьшали, и перемешивание продолжали до образования частиц соапстока, которые осаждались в смеси. Затем перемешивание прекращали и соевому маслу, нейтрализованному при этой температуре, давали возможность коагулировать в течение 6–8 часов. Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические показатели растительного масла

	Очищенное масло без избытка щелочи	Очищенное масло с избытком щелочи (5 %)	Показатель нормы для очищенного масла	Метод определения
Прозрачность	Легкое помутнение	Прозрачное	Допускается легкое помутнение или «сетка»	ГОСТ 5472
Запах	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего запаха	ГОСТ 5472
Вкус	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Свойственные подсолнечному маслу, без постороннего привкуса	Органолептически

Как видно из представленных данных, показатели как при нормальном режиме дозирования щелочи, так и при его избытке соответствовали утвержденным нормам.

Далее нами были проанализированы физико-химические показатели для растительного масла (табл. 2).

Таблица 2 – Физико-химические показатели для растительного масла

	Очищенное масло без избытка щелочи	Очищенное масло с избытком щелочи (5 %)	Показатель нормы для очищенного масла	Метод определения
Цветное число, мг йода, не более	1.2	0.9	12	ГОСТ 5477
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0.254	0.189	0.40	ГОСТ 5476
Массовая доля нежировых примесей, %, не более	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	ГОСТ 5481
Массовая доля фосфоросодержащих веществ, %, не более: в пересчете на стеароолеолецитин в пересчете на P ₂ O ₅	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	ГОСТ 31753
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	Без воды	Без воды	0,10	ГОСТ 11812
Перекисное число, моль активного кислорода/кг, не более	5,0	2,9	10,0	ГОСТ 26593

Таким образом, проведенные испытания очищенного подсолнечного масла, полученные методом щелочной гидратации в стандартном режиме и с 5 % избытком щелочи показали соответствие утвержденным нормам, при этом показатели цветности, кислотности и перекисного числа были лучше при использовании режима с 5 % избытком щелочи.

Список литературы

1. Маркевич Р.М., Бондаренко Ж.В. Химия жиров: тексты лекций для студентов специальности «Биотехнология» специализации «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов». – Минск: БГТУ, 2011. – 220 с.;
2. Нагорнов С.А. Техника и технологии производства и переработки растительных масел. Учебное пособие / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В. Романцова, В.П. Таров. – Тамбов: Издательство ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 53 с.;
3. Зимняков В. М. Особенности технологии производства подсолнечного масла //Инновационная техника и технология. – 2025. – Т. 12. – №. 3. – С. 68-72;

4. Харченко Г. М. Физико-механические свойства растительных масел // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – №. 4. – С. 54-58.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ ЗЕРНА НУТА

**Ваншин В.В., канд с.-х. наук, доцент,
Ваншина Е.А., канд. пед. наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Нут – одна из наиболее древнейших культур, которую возделывает человек уже несколько тысячелетий. Нут наиболее известен в странах Азии и Ближнего Востока, где он является одной из ведущих культур. Его популярность в этих регионах объясняется уникальными пищевыми свойствами. На латинском языке название нута звучит как «сисег» (предполагают, что это название произошло от греческого слова «kikus», что означает сила или мощь). Такое название присваивают этой культуре неслучайно, так как она дает силы не только тем, кто ее потребляет, но и является хорошим предшественником для повышения качества выращиваемых после него культур. Нут засухоустойчив и хорошо переносит высокие летние температуры, поэтому с успехом возделывается на территории Оренбургской области. Все эти уникальные свойства нута определили его в качестве объекта изучения для производства сухих завтраков, которые относятся к пищевым концентратам. Получение новых видов изделий из нута позволит выпустить на рынок недорогой и высокопитательный продукт, что обеспечит его доступность для покупателей.

В ходе проведения исследований была установлено, что нут содержит комплекс витаминов и минеральных веществ (таблица 1), которые позволяют повысить биологический статус человека.

Таблица 1 – Содержание в 100 г нутовой муки витаминов и минеральных веществ

Наименование показателя	Количество
Витамин А, мкг	2,04
Витамин В ₁ , (тиамин), мкг	0,486
Витамин В ₂ , (рибофлавин), мкг	0,106
Витамин В ₁ , (пиридоксин), мкг	0,492
К, мг	486
Са, мг	45
Мg, мг	166
S, мг	223,9
Na, мг	64
P, мг	318
Fe, мг	4,86
Mn, мг	1,6
Cu, мг	912
Zn, мг	2,81

По мнению ученых, использование нута в рационе питания можно осуществлять как в чистом виде, так и в виде добавок при производстве хлебобулочных, мясных и молочных продуктов [1, 2, 3].

Белки нута достаточно сбалансированы по аминокислотному составу, что подтверждают данные, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение аминокислотного состава стандартного белка и белка нутовой и сорговой муки

Наименование аминокислот	Содержание НАК в стандартном белке, мг\г белка	Содержание НАК в нутовом белке, мг\г белка	Содержание НАК в сорговом белке, мг\г белка
Изолейцин	40	40,088	131,157
Лейцин	70	133,899	145,867
Лизин	55	27,875	147,584
Метионин+Цистеин	35	14,264	33,104
Фенилаланин+терозин	60	49,990	101,219
Треонин	40	29,988	75,843
Триптофан	10	11,033	23,087
Валин	50	50,803	89,199

Добавление нута в состав рациона взрослого человека позволяет полностью восполнить его потребность в лизине и триптофане [4, 5].

Особенностью нута, как и всех бобовых культур, является содержание антипитательных соединений ингибиторов трипсина. Эти вещества блокируют работу ферментов, которые помогают расщеплять белок, что ведет к снижению его усвоения. Для устранения этого препятствия на практике при использовании бобовых, антипитательные вещества устраняют путём замачивания, пропаривания, варки, тостирования, экструзии и другими методами обработки.

В наших исследованиях из нута планировалось получить продукт для быстрого перекуса типа «Попкорн». Для проведения исследований нут предварительно очищали от примесей и отваривали до готовности. Варку осуществляли при гидромодуле 1 к 2 с добавлением 3 % поваренной соли от массы зерна.

После варки нут подсушивали и обжаривали в конвекционной печи при разной температуре, что повлияло на время приготовления и его качественные показатели. Для оценки органолептических показателей полученного из нута попкорна были сформирована группа экспертов и проведена органолептическая оценка. Оценка показателей качества попкорна осуществлялась методом ранжирования. При оценке продуктов оценивали внешний вид, вкус, консистенцию. Результаты оценки представлены в таблице 1. Из данных таблицы видно, что наибольшее количество рангов набрали образцы, полученные при температуре обработки 210 °С и 220 °С. Также температура

обработки оказала влияние на время обработки и насыпную массу полученного продукта [6].

На рисунке 1 представлены полученные в ходе выполнения работы продукты при разной температуре обработки.

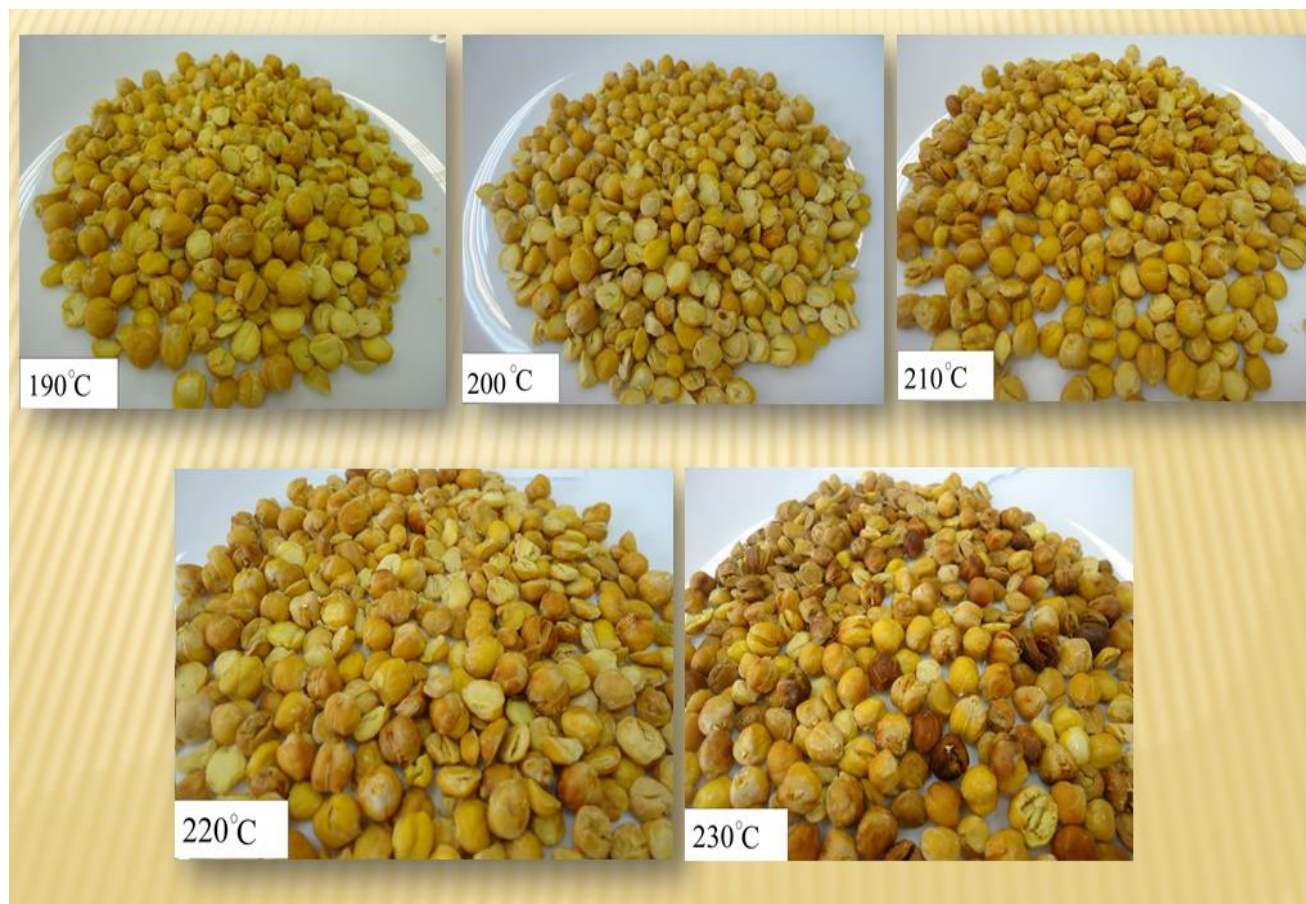


Рисунок 1 – Попкорн из нута, полученный при разных режимах обработки

В результате проведенных исследований были установлены оптимальные режимы получения попкорна из зерна нута. Следует отметить, что на качество получаемого попкорна могут оказать влияние не только режимы обработки, но и сортовые особенности нута.

Полученные в ходе проведения исследований результаты могут послужить основой для получения новых видов пищевых концентратов с невысокой стоимостью и высокими пищевыми и функциональными свойствами.

Список литературы

1. Александрова И.А., Ткаченко М.Н. Использование продуктов переработки нута в технологии хлебобулочных изделий / И.А. Александрова, М.Н. Ткаченко // В сборнике: Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Сборник статей

по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Курган, 2022. – С. 3-7.

2. Дзиццоева З.Л., Гревцова С.А. Перспективы использования потенциала зерна нута при создании современных продуктов питания / З.Л. Дзиццоева, С.А. Гревцова // В сборнике: Перспективы развития АПК в современных условиях. Материалы 10-й Международной научно-практической конференции. – Владикавказ, 2021. – С. 181-184.

3. Использование нутовой муки в рецептуре овощных соусов с низким содержанием глютена / Ю.А. Тырсин, И.Л. Казанцева, И.В. Тимофеев // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 4 (346). С. 42-46.

4. Характеристика аминокислотного состава муки для производства макарон GLUTEN-FREE / Н.Ж. Муслимов, А.Б. Абуова, А.И. Кабылда // Вестник Алматинского технологического университета. 2022. № 3. С. 64-73.

5. Казанцева И.Л. Нутовая мука – перспективный и безопасный ингредиент пищевых систем / И.Л. Казанцева // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 5-6 (341-342). С. 13-16.

6. Определение качества пищевых продуктов методом экспертных оценок: методические указания для лабораторных работ / В.Л. Касперович, В.П. Попов, Г.Б. Зинюхин. – Оренбург: ОГУ, 1996. – 38 с.

РАЗРАБОТКА ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ РОТОРА ДРОБИЛКИ СО СНИЖЕННОЙ МЕТАЛЛОЁМКОСТЬЮ

**Волошин Е.В., канд. техн. наук, доцент,
Антимонов С.В., канд. техн. наук, доцент,
Белов А.Г., канд. техн. наук, доцент,
Бочкарева И.А., канд. техн. наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Разнообразие способов измельчения привело к созданию большого количества роторных и молотковых дробилок различных конструкций. Каждый тип измельчителей охватывает большую группу машин, отличающихся конструктивным исполнением и схемой организации рабочего процесса.

Необходимость в различных конструкциях молотков обусловлена различием в нагрузках, а также принципом действия конструкций и размерах измельчающих машин, а также многообразием свойств и размеров и измельчаемых материалов и требованиями к крупности исходного и готового продукта.

Конструкция измельчителей молоткового типа предполагает наличие корпуса (дробильной камеры), в котором горизонтально или вертикально установлен роторный вал. На этом валу свободно подвешены так называемые молотки (била).

Измельчающие элементы в форме пластин, изготовлены из ударопрочных стальных сплавов. Под ротором с молотками как правило неподвижно устанавливается ситовая обечайка (решетка).

Диаметр отверстий решетки может быть разным в диапазоне от 5 и до 20 мм. Часто применяются бесситовые измельчители, если нет необходимости в фракционировании готового продукта. В качестве привода преимущественно используется асинхронный электрический двигатель с возможностью варьирования скорости вращения ротора.

Исследования показали, что к.п.д. дробилки и эффективность ее работы оказывает влияние воздушно-продуктовый слой, который образуется в рабочей камере дробилки.

Следует отметить, что в ходе работы измельчителя (молотковой дробилки) молотки наиболее подвержены износу и нуждаются в частой замене, что приводит к остановке измельчителя, увеличивает время простоя, удорожанию его эксплуатации и обслуживания.

Классическая конструкция в виде дисков с осями, на которых свободно подвешены молотки, предусматривает тщательную балансировку ротора, что также оказывает существенное влияние на стоимость обслуживания такого типа измельчающих устройств.

Также по мере увеличения износа молотка, уменьшается его масса и как следствие снижается сила удара и нарушается балансировка ротора и возникает усиленная вибрация машины. Все это может привести к аварии. Поэтому ротор тщательно балансируют (статически и динамически).

Нами предложена оригинальная конструкция ротора, со сниженной металлоёмкостью и изменением величины воздушно-продуктового слоя, за счет отказа от использования в качестве основных элементов дисков и типовой конструкции молотков.

В нашем случае ротор представляет собой следующую конструкцию (рисунок 1). Направляющие выполнены в виде лучей, расположенных под углом 60° друг к другу, таким образом, что их мысленно можно вписать в равнобедренный треугольник, в вершинах, которого располагаются измельчающие элементы.

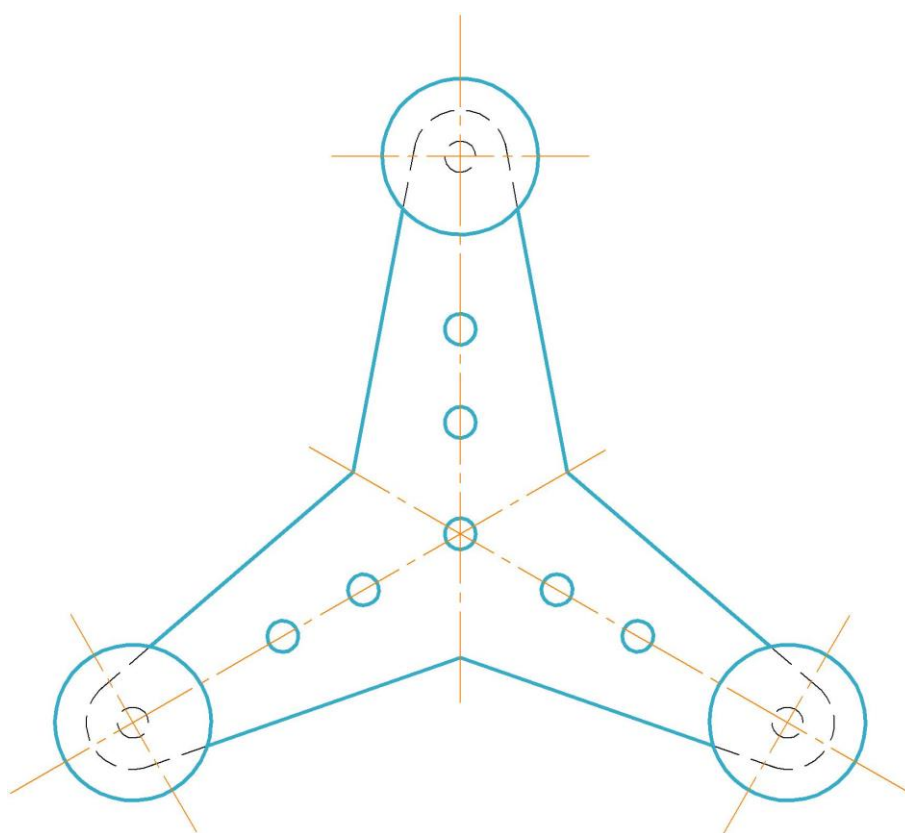


Рисунок 1 – Ротор

В качестве измельчающих элементов могут быть установлены как молотки, оригинальной конструкции, свободно вращающиеся на оси, так и жестко зафиксированные на ней. Молотки располагаются между двумя направляющими, которые соединяются между собой осями, что позволяет изменять межосевое расстояние и как следствие варьировать количество измельчающих элементов. В качестве молотков предлагается использование элементов круглой конструкции с режущей кромкой в виде лезвия по всей его поверхности или зубьев.

Также возможно использование молотков, конструкции разработанной нами. Они представляют собой конструкцию, работающую на основе метода распиливания, имеют острую зубчатую поверхность.

Такая конструкция позволяет получить частицы нужной конфигурации и размеров.

Предложено применить у них форму зубьев типа ленточных пил, которые отличаются углами заточки и формами межзубной впадины (стружечной канавки).

Конструкция предусматривает использовать стандартный зуб ленточной пилы (S) с углом заточки 0° , которые применяются для материалов с образованием короткой стружки; в частности сталей с высоким содержанием углерода; инструментальных сталей и чугунов; заготовок небольшого сечения; тонкостенных профилей (рисунок 2).

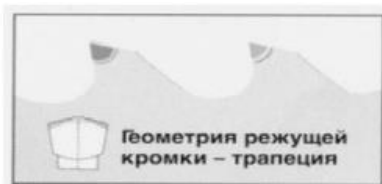


Рисунок 2 – Форма зуба – зуб-«крючок» с положительным углом

Конструкция ротора такого вида, позволяет уменьшить металлоемкость конструкции и варьировать количество молотков, что дает возможность получать измельченные частицы различной дисперсности.

Наличие перфорации на направляющих дает возможность варьировать количество молотков по высоте рабочего органа и менять размер воздушно-продуктового слоя.

Список литературы

1. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Ленинград: Колос. Ленингр. отд-ние, 1978. – 560 с.
2. Егоров, Г.А. Технология муки, крупы и комбикормов / Г.А. Егоров, Е.М. Мельников, Б.М. Максимчук. – Москва: Колос, 1984. – 376 с.
3. Клушанцев, Б.В. Дробилки: конструкция. Расчет. Особенности эксплуатации / Б.В. Клушанцев, А.И. Косарев, Ю.А. Муйземнек. – Москва: Машиностроение, 1990. – 320 с.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ КРУПЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ХРАНЕНИИ

Никифорова Т.А., д-р техн. наук, профессор,

Волошин Е.В., канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

При переработке пшеницы в крупу в качестве побочного продукта образуется мучка. Пшеничная мучка представляет собой высококачественное сырье, которое может быть использовано в пищевой промышленности [1].

С целью выбора перспективных потоков пшеничной мучки был исследован химический состав отдельных ее фракций, полученных после четырех систем шлифования.

Изучение отдельных потоков пшеничной мучки, полученной с различных систем технологического процесса, показало высокое содержание белка, крахмала, жира в ней. Содержания белка в пшеничной мучке составляет от 12,1 % до 13,4 %, крахмала от 59,8 % до 61,5, жира от 4,1 % до 8,1 %, клетчатки от 3,7 % до 6,9 %. Мучка, отобранная с 3 и 4 систем, имеет значительно больше жира (от 7,9 % до 8,1 %), чем мучка, полученная с первых двух систем (от 4,1 % до 4,2 %).

Проведенные исследования показали, что пшеничная мучка содержит достаточно много жира. Жирнокислотный состав липидов мучки носит ненасыщенный характер. В процессе хранения мучки наблюдается рост суммарных продуктов окисления, рост кислотного числа жира, мучка имеет высокую активность ферментов липазы и липоксигеназы. Пшеничная мучка – гигроскопический продукт и при ее хранении она способна сорбировать влагу из воздуха. Все это обуславливает низкую стабильность при хранении и тем самым ограничивает возможности ее применения [2].

Поэтому перечисленные факторы предполагают необходимость обработки мучки с целью стабилизации ее качества при хранении.

Проведенные исследования показали, что наиболее эффективными и реально осуществимыми в производственных условиях способами обработки маслосодержащих продуктов крупяных предприятий является экструдирование и гранулирование.

Для стабилизации качества мучки были проведены производственные опыты использования в этих целях агрегатов ДГ, применяемых в комбикормовой промышленности. Режим гранулирования: давление пара $2 \cdot 10^5$ Па, $t = 140$ °С.

Гранулировали мучку со следующими показателями качества: влажность 13 %, кислотное число 7 мг КОН. Полученные гранулы хранили в течение 2 месяцев при различной температуре, 0 °С, 20 °С, 30 °С.

Анализ полученных результатов показывает, что кислотное число липидов гранулированной муки при ее хранении при температуре 0 °С практически не изменяется в течение 20 дней. За 40 дней хранения количество липидов возросло с 7 мг КОН до 19 мг КОН. Хранение гранулированной муки при более высокой температуре 20 °С приводит к более значительному росту кислотного числа липидов. Так, за 1 месяц хранения оно возросло с 7 мг КОН до 25 мг КОН (рисунок 1).

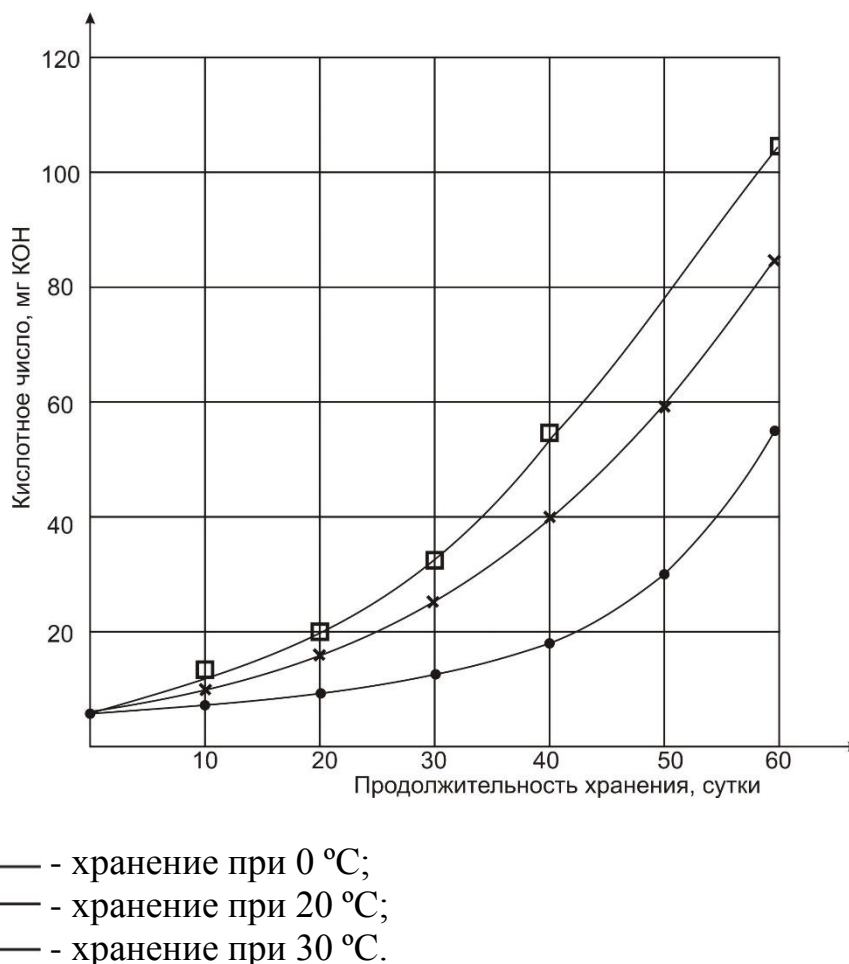


Рисунок 1 – Изменение кислотного числа липидов гранулированной пшеничной муки при хранении

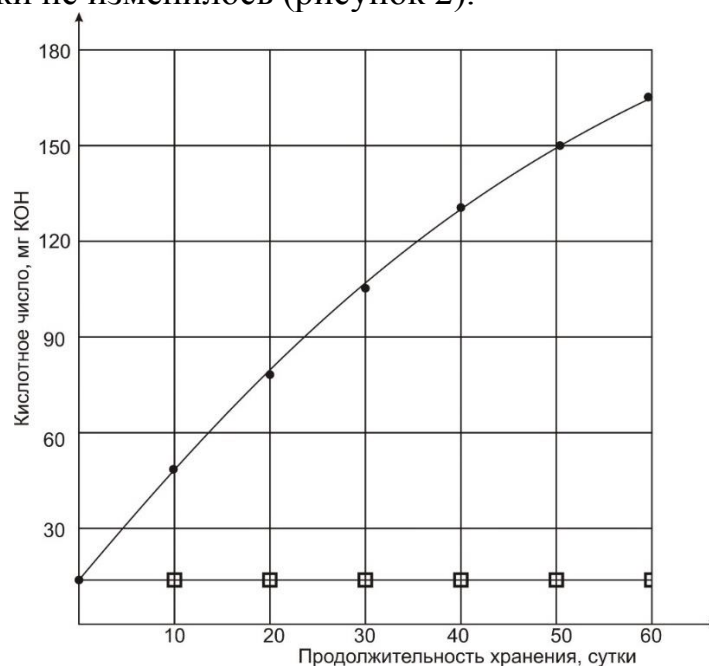
При хранении гранулированной муки при температуре 30 °С кислотное число липидов за 1 месяц возросло с 7 мг КОН до 30 мг КОН. Дальнейшее хранение приводит к ухудшению качества продукта.

Исходя из результатов исследования, можно сделать вывод, что гранулирование пшеничной муки при всех режимах хранения позволяет сохранить качество муки в течение 25-30 дней.

С целью стабилизации качества пшеничной муки было исследовано влияние экструзионной обработки на качество муки при ее хранении.

Экструзионную обработку муки осуществляли на лабораторном экструдере.

Перед экструдированием мучку увлажняли до влажности 17 % и экструдировали при температуре 140 °С с частотой вращения шнека 93 об/мин. Экструдированную мучку хранили в течение 2 месяцев при температуре 20 °С в термостате. За два месяца хранения кислотное число липидов пшеничной мучки практически не изменилось (рисунок 2).



—●— - исходная мучка;
 —□— - экструдированная мучка.

Рисунок 2 – Влияние экструзионной обработки пшеничной мучки на изменение кислотного числа липидов при ее хранении

Как показали исследования, экструзионная обработка обеспечивает снижение содержания микроорганизмов (таблица 1).

Таблица 1 – Микрофлора пшеничной мучки

Наименование продукта	Микробиологические показатели					
	В начале хранения			Хранение 2 месяца		
	КМАФАнМ КОЕ/г	Дрожжи КОЕ/г	Плесневые грибы КОЕ/г	КМАФАнМ КОЕ/г	Дрожжи КОЕ/г	Плесени КОЕ/г
Необработанная мучка	$1,5 \cdot 10^3$	10	50	$3,6 \cdot 10^4$	12	100
Экструдированная мучка	$0,1 \cdot 10^2$	-	5	$2 \cdot 10^3$	10	50

Однако, как известно, тепловая обработка оказывает существенное влияние на содержание питательных веществ в продукте. Изменения содержания водо- и солерастворимых фракций белков является своеобразным индикатором теплового воздействия на продукт. В связи с этим провели

исследования влияния экструзионной обработки на растворимость белковых фракций. Экструзионная обработка пшеничной муки привела к незначительному изменению растворимости белковых фракций (таблица 2).

Таблица 2 – Фракционный состав белков пшеничной муки

Продукт	Фракции белков, % на сухое вещество			
	Водо- и солерастворимые	Спирторастворимые	Щелочерастворимые	Остаток
Исходная мука	64,25	8,95	17,13	9,67
Экструдированная мука	56,65	10,56	17,68	15,11

Таким образом, исследование способов стабилизации качества пшеничной муки показало, что рациональными способами являются: гранулирование, экструдирование.

Список литературы

1. Никифорова, Т.А. Перспективы использования вторичного сырья крупяных производств / Т.А. Никифорова, Д.А. Куликов, С.Г. Пономарев // Хлебопродукты. – 2009. – №7. – С. 50-51.
2. Никифорова, Т.А. Перспективы использования пшеничной муки / Т.А. Никифорова, Е.М. Мельников // Хлебопродукты. – 2006. – №12. – С.48-49.

ВЕЩЕСТВА КВОРУМ СЕНСИНГА, ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АКВАКУЛЬТУРЕ

**Горбенко Е.С., Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Аннотация. В статье рассматривается проблема профилактики бактериальных заболеваний в условиях интенсивной аквакультуры, где традиционное применение антибиотиков приводит к негативным последствиям, таким как формирование устойчивости микроорганизмов и нарушение экологического баланса. В качестве альтернативного подхода предполагается целенаправленное управление микробными сообществами через механизм кворум-сенсинга – систему межклеточной коммуникации бактерий.

Ключевые слова: аквакультура, кворум-сенсинга, микробные коммуникации, здоровье рыб, микробиота, иммунная защита рыб, межклеточные коммуникации.

Современная аквакультура характеризуется высокой интенсивностью производственных процессов, что сопровождается повышенной плотностью посадки рыб, ростом кормовой нагрузки и изменением структуры водной и кишечной микробиоты. Профилактика бактериальных заболеваний производится традиционными подходами, основанными на применении антибиотиков и химиотерапевтических средств. Важно понимать, что их использование связано с рядом негативных последствий, а именно формирование устойчивых штаммов микроорганизмов, нарушение микробного баланса и снижение экологической безопасности продукции [1,9].

В таких условиях особое значение приобретают механизмы микробной регуляции, влияющие на здоровье рыб, их устойчивость к заболеваниям и продуктивные показатели. Одним из ключевых регуляторных механизмов, определяющих поведение микробных сообществ, является кворум-сенсинга – механизма межклеточной коммуникации бактерий, при котором клетки выделяют, накапливают и воспринимают сигнальные молекулы [1].

Оценка влияния кворум-сенсинга в питании рыб предполагает анализ того, как кормовые добавки, обладающие антикворумной активностью или способные модифицировать сигнальные пути микроорганизмов, отражаются на составе и функциональной активности микробиоты, процессах пищеварения, иммунной защите и продуктивных показателях рыб. Такой подход открывает возможности для разработки новых кормовых стратегий, направленных на повышение устойчивости аквакультуры без прямого антимикробного воздействия.

Вещества кворум-сенсинга представляют собой группу химических соединений, служащих средствами межклеточной коммуникации. Они

синтезируются клетками и способны диффундировать в окружающую среду, где накапливаются пропорционально плотности микробной популяции [7].

Наиболее изученными сигнальными молекулами являются низкомолекулярные органические соединения, используемые грамотрицательными бактериями, циклические пептиды, характерные для грамположительных бактерий и универсальные сигнальные молекулы, способные обеспечивать взаимодействие между различными видами микроорганизмов. Несмотря на различие химической природы, все сигнальные вещества кворум-сенсинга выполняют сходную функцию — передачу информации о численности и состоянии популяции [7].

У грамотрицательных бактерий основными сигнальными молекулами являются N-ацилгомосеринлактоны. Эти соединения легко проникают через клеточную мембрану и накапливаются во внешней среде. Связывание N-ацилгомосеринлактонов с внутриклеточными регуляторными белками активирует транскрипцию генов, отвечающих за вирулентность, подвижность и образование биоплёнок. У грамположительных бактерий кворум-сенсинг осуществляется преимущественно с помощью пептидных сигнальных молекул, которые распознаются мембранными рецепторами и передают сигнал внутрь клетки через фосфорилирующие системы [13].

Особое значение имеет универсальная система кворум-сенсинга, основанная на аутоиндукторе-2, которая позволяет осуществлять коммуникацию между бактериями разных видов. Благодаря этому микроорганизмы способны координировать поведение в сложных микробных сообществах, таких как биоплёнки или микробиота водных и наземных экосистем [9].

Кворум-сенсинг является важным элементом экологической стратегии микроорганизмов, позволяя им эффективно адаптироваться к изменениям окружающей среды, в прикладных системах, включая аквакультуру и животноводство, механизмы кворум-сенсинга приобретают особое значение, поскольку они участвуют в регуляции процессов, связанных с устойчивостью микробных сообществ и развитием заболеваний. Нарушение кворум-сенсинга рассматривается как перспективный способ управления микробной активностью без применения антибактериальных препаратов [6].

Внутри вида кворум-сенсинг может координировать развитие заболевания. Наиболее известная грамотрицательная патогенная бактерия *Vibrio cholerae*, встречающаяся в морской среде, использует кворум-сенсинг для обеспечения вирулентности во время холерной инфекции. *V. cholerae* строит биопленки для транспортировки питательных веществ между колониями, одновременно защищая их. Стремительное образование биопленки *V. cholerae* начинается сразу после попадания в организм. В процессе размножения отдельные *V. cholerae* вырабатывают видоспецифические аутоиндукторы. По мере размножения *V. cholerae* внеклеточная концентрация аутоиндукторов увеличивается и в конечном итоге превышает внутриклеточную концентрацию аутоиндукторов каждой бактерии.

Внутриклеточная концентрация аутоиндукторов в свою очередь увеличивается, аутоиндукторы связываются со своими рецепторами и изменяют активность рецепторов с киназной на фосфатазную. Затем рецепторы дефосфорилируют LuxO, что приводит к остановке экспрессии генов, специфичных для биопленки [8].

Производство биопленки останавливается одновременно у всех бактерий *V. cholerae*, и новая последовательность кворум зондирования обеспечивает движение *V. cholerae* по инфекционному процессу. Обладая этими знаниями, исследователи сейчас изучают процесс кворум-сенсинга *V. cholerae* в качестве терапевтической мишени. Например, в исследовании Paluch E. «Prevention of biofilm formation by quorum quenching» было показано, что перегрузка *V. cholerae* своими аутоиндукторами может полностью остановить процесс формирования биопленки и потенциально задержать инфекционный процесс настолько, что наши иммунные системы смогут наверстать упущенное [10].

Механизмы кворум-сенсинга играют ключевую роль в патогенезе бактериальных инфекций в аквакультуре. Современные исследования демонстрируют, что целенаправленное подавление QS (quorum quenching) позволяет эффективно контролировать заболевания гидробионтов, снижать смертность и повышать биобезопасность производства без негативных экологических последствий. В аквакультуре патогены используют для изучения влияния различных препаратов и их перспективность использования как альтернатива антибиотикам [10].

Экспериментальные исследования показали, что подавление кворум-сенсинга у *Vibrio harveyi* приводит к снижению продукции токсинов и нарушению формирования биоплёнок, что существенно повышает выживаемость личинок и молоди. Кроме того, ингибирование кворум-сенсинга способствует снижению уровня стресса у гидробионтов и улучшению общего состояния их иммунной системы [4].

Важным преимуществом использования ингибиторов кворум-сенсинга является их экологическая безопасность. Поскольку такие вещества не оказывают бактерицидного действия, они не создают сильного селективного давления и, следовательно, снижают риск формирования устойчивых штаммов. Это делает данный подход особенно перспективным в условиях ужесточения требований к использованию антибиотиков в пищевой промышленности и аквакультуре [12].

Таким образом, использование ингибиторов кворум-сенсинга в аквакультуре представляет собой инновационное направление, сочетающее высокую эффективность в борьбе с бактериальными заболеваниями и минимальное воздействие на окружающую среду. Дальнейшее развитие и внедрение данных технологий может сыграть важную роль в формировании устойчивой и безопасной системы производства водных биоресурсов [11].

Список литературы

- 1 Бздренга, Я. и др. Биотехнологическое применение ферментов, подавляющих кворум // Химико-биологические взаимодействия. – 2017. – Т. 267. – С. 104–115.
- 2 Дерябин, Д. Г., Растительные ингибиторы плотностно-зависимой коммуникации у бактерий: разнообразие структур, механизмов действия и источников происхождения [Текст] / Д.Г. Дерябин, А.А. Галаджиева, Д.Б. Косян, Г.К. Дускаев // Микробиология. — 2021. — № 6. — С. 660-680.
- 3 Кашинская, Е. Н. и др. Сравнительное исследование микробиоты кишечника белого амура (*Carassius gibelio*) и их водной среды обитания с использованием различных молекулярных методов //Журнал прикладной микробиологии. – 2015. – Т. 119. – №. 4. – С. 948-961
- 4 Мингазова, М. С. Общее понимание кворум сенсинга бактерий и применение ингибиторов кворума в аквакультуре / М. С. Мингазова, Е. П. Мирошникова, А. Е. Аринжанов // Животноводство и кормопроизводство. – 2024. –№ 1 (107). – С. 128-146.
- 5 Мингазова, М.С. Концентрация химических элементов в мышечной ткани карпа при включении в рацион биологически активных веществ [Текст] / М.С. Мингазова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // Животноводство и кормопроизводство. — 2023. — № 4 (106). — С. 18-29.
- 6 Amato K. R. et al. Habitat degradation impacts black howler monkey (*Alouatta pigra*) gastrointestinal microbiomes //The ISME journal. – 2013. – Т. 7. – №. 7. – С. 1344-1353.
- 7 Chu W. et al. Quorum quenching bacteria *Bacillus* sp. QSI-1 protect zebrafish (*Danio rerio*) from *Aeromonas hydrophila* infection //Scientific reports. – 2014. – Т. 4. – №. 1. – С. 5446.
- 8 Fuente M. et al. Growth inhibition of bacterial fish pathogens and quorum- sensing blocking by bacteria recovered from Chilean salmonid farms //Journal of Aquatic Animal Health. – 2015. – Т. 27. – №. 2. – С. 112-122.
- 9 Jianwei Chen Quorum Sensing Inhibitors from Marine Microorganisms and Their Synthetic Derivatives [Текст] / Jianwei Chen // Mar Drugs. — 2019. — № 17. — С. 91-96.
- 10 Paluch E. et al. Prevention of biofilm formation by quorum quenching //Applied microbiology and biotechnology. – 2020. – Т. 104. – №. 5. – С. 1871-1881.
- 11 Tang K., Zhang X. H. Quorum quenching agents: resources for antivirulence therapy //Marine drugs. – 2014. – Т. 12. – №. 6. – С. 3245-3282.
- 12 Weihua Chu, Robert J C McLean Quorum Signal Inhibitors and Their Potential Use against Fish Diseases [Текст] / Weihua Chu, Robert J C McLean // Aquatic Animal Health. — 2016. — № 28. — P. 91-96.
- 13 Wu S. G. et al. Intestinal microbiota of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) and its origin as revealed by 454 pyrosequencing //World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2013. – Т. 29. – №. 9. – С. 1585-1595.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЫРА И СЫРНОГО ПРОДУКТА С ГОРОХОВЫМ ПРОТЕИНОМ

**Догарева Н.Г., канд. с.-х. наук, доцент,
Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Для достижения оптимального соотношения между потреблением растительного и животного белка, необходимо создание инновационных продуктов питания. Эти продукты должны не только способствовать увеличению потребления растительного белка, экономии животного белка но и сохранять свой вкус, питательные свойства и функциональность. Один из возможных подходов к этому - разработка продуктов, содержащих как растительный, так и животный белок.

Сейчас на рынке стал доступен смешанный сыр, представляющий собой продукт, в котором часть животного белка в молоке была заменена на белок растительного происхождения. Применение растительного белка для частичной замены животного не только позволяет уменьшить затраты на производство сыра, но также способствует увеличению его питательной ценности. В области исследований и разработок в сыроделии новое направление представляет собой эксперимент, ориентированный на замену некоторой доли животного белка растительными аналогами

Среди различных видов сыра наиболее изученным является смешанный соевый сыр, который содержит два типа белка. Соевые бобы обладают высоким содержанием белка - от 35% до 40%, что делает их ценным растительным источником. Он отличается высокой питательной ценностью, включает в себя разнообразные аминокислоты и ненасыщенные жирные кислоты, которые необходимы для нормальной функции человеческого организма, а также является богатым источником витаминов и минералов. Соевый белок занимает значительное место в рационе многих стран. Создание смешанного соевого белкового сыра может не только снизить затраты на его производство и помочь решить проблему нехватки молока, но и содействовать более глубокой переработке соевых бобов и повышению их добавленной стоимости.

Однако, наряду с соевым, существует множество других растительных белков, которые недостаточно изучены при производстве смешанных сыров.

Исследования указывают на то, что существует определённый предел доли растительных компонентов, которые могут служить заменой молоку животного происхождения. В большинстве случаев наблюдается ухудшение вкусовых качеств или текстуры при использовании более 15% таких ингредиентов, и лишь в редких случаях удаётся достичь до 20% растительных добавок. При превышении этой границы могут возникнуть негативные последствия, такие как потеря текстуры, появление зернистости или нежелательные привкусы

Рецептура смешанного сыра должна быть ориентирована на содержание белка не ниже уровня, присущего традиционному сыру. Белок выступает важным компонентом в производстве пищевых продуктов, так как он выполняет ключевые функции эмульгатора, стабилизатора пены и желирующего агента. Однако есть различия в составе и структуре между молочными и растительными белками, что затрудняет их взаимозаменяемость

Поскольку сыр играет важную роль как главный источник белка в питании, смешанный продукт должен обладать сопоставимым или даже более высоким уровнем питательной ценности, текстуры и органолептических качеств. Исследования должны сосредоточиться на выявлении методов, которые сделают растительные белки более функциональными, чтобы они могли внести уникальные характеристики в смешанную сырную структуру.

Также важно уделять внимание процессу ферментации этих продуктов, так как он предоставляет отличную возможность устранить нежелательные черты растительных компонентов, одновременно вводя желаемые сырные ароматы и полезные вещества, такие как витамины. Необходимы более глубокие исследования, фокусирующиеся как на взаимодействии белков для достижения заданных текстур, так и на сенсорном анализе, чтобы удовлетворить желания потребителей и эффективно адаптироваться к быстро меняющимся условиям рынка

Исходя из вышесказанного мы провели исследование по разработке технологии сырного продукта с растительными белками.

В исследовании использовались конкретно 5 образцов растительного белка порошкового типа отечественного производства:

- изолят горохового белка. В 100 гр. - 85 гр. белка. Цвет желтый.
- изолят рисового белка. В 100 гр. - 85 гр. белка. Цвет светло-бежевый.
- протеин семечка подсолнечника. В 100 гр. - 60 гр. белка. Цвет серый с черными вкраплениями.
- протеин конопли. В 100 гр. - 57 г. белка. Цвет светло-коричневый.
- протеин арахисовый. В 100 гр. - 50 г. белка. Цвет бледно-желтый.

В процессе приготовления сырного продукта с растительными белками изучали влияние на молоко или сгусток различных растительных протеинов, на степень твердости сгустка, на плотность получившегося зерна, на осадок в смеси, то есть уровень растворимости растительных белков. Контролировали наилучшее время свертывания и как растительные белки могут тормозить или негативно влиять на этот процесс.

Оценивали влияние растительных белков на технологические свойства и качество сырья, устанавливали оптимальные условия для дальнейшего использования. Данное исследование позволило выявить особенности взаимодействия растительных белков и молока, влияние растительных белков на процесс свертывания и на качество в целом получившегося продукта.

Одним из главных критериев при оценке растительного белка для создания сырного продукта являлись органолептические показатели.

Были выработаны образцы сырных продуктов, где содержание растительного белка составляло 10%.

Для окончательного определения наиболее подходящего варианта была проведена дегустационная оценка.

Таблица 1. Органолептические свойства сырных продуктов с различными растительными белками.

Сырный продукт с протеином	Цвет, вид на разрезе	Запах	Консистенция	Вкус	Общее кол-во баллов
Конопля	Цвет серый, очень много крупных вкраплений.	Нейтральный отдаленно напоминает ореховый.	Структура ломкая из-за крупных вкраплений.	Горький	13
Рисовый	Цвет белый с розоватым оттенком. Имеются небольшие редкие вкрапления,	Нейтральный	Структура обычная. Крепкая.	Нейтральный	18
Арахисовый	Цвет кремовый Обильные вкрапления	Нейтральный, есть слабо выраженный ореховый аромат.	Структура плотная.	Горький	14
Семечка подсолнечника	Цвет серый с черными мелкими вкраплениями.	Нейтральный. Но имеется слабовыраженный запах семечка подсолнечника.	Структура плотная, ближе к сухой структуре.	Присутствует слабая горечь	16
Гороховый	Цвет светло-желтый. Отсутствие вкраплений	Молочный.	Структура ровная, в меру плотная, не сухая, соответствует молодому сыру.	Кисло-молочный.	20

Высокие оценки получили два образца, но высший балл отдали сырному продукту с гороховым белком.

Дальнейшее изучение технологических параметров проводилось с гороховым белком.

Таблица 2. Технологические параметры выработки сырного продукта с гороховым протеином и сыра из молока.

Технологические показатели	Сырный продукт	Сыр
Время свертывания, мин	15	20
Степень формирования зерна	высокая	высокая
Кислотность сыворотки, рН	6,2	5,9
Массовая доля белка в сыворотке, %	1,27	2,2
Массовая доля жира в сыворотке, %	1,3	0,3
Выход, %	10,5	7,6

Более высокий отход жира в сыворотку у сырного продукта (1,3%) по сравнению с натуральным сыром (0,3%) говорит о том , что растительные белки обладают низкой жирорастворимостью и недостаточно связывают жиры, которые в свободном виде переходят в сыворотку.

Что касается белков, то их потеря в сыворотку у сырного продукта значительно ниже (1,27%) чем у натурального сыра (2,2%). Это прямое свидетельство меньшей миграции растительного белка в сыворотку, которое означает высокую белковую концентрацию у сырного продукта. Это приводит к увеличению выхода.

Сыворотка с рН 6,2 (сырный продукт с растительным белком) - более щелочная, менее кислая. Такая сыворотка лучше подходит для дальнейшей переработки в ситуации, когда требуется сохранить нейтральную или щелочную среду, например, для производства сывороточных концентратов, белковых добавок или для использования в технологических процессах, где низкая кислотность может препятствовать нежелательному разложению или порче.

А сыворотка с рН 5,9 (сыворотка из цельного молока) - более кислая, лучше подходит для производства кисломолочных продуктов или для ферментации, где низкий рН способствует развитию полезных микроорганизмов и стабилизации продукта.

Более высокий отход жира в сыворотку у сырного продукта (1,3%) по сравнению с натуральным сыром (0,3%) говорит о том , что растительные белки обладают низкой жирорастворимостью и недостаточно связывают жиры, которые в свободном виде переходят в сыворотку.

Что касается белков, то их потеря в сыворотку у сырного продукта значительно ниже (1,27%) чем у натурального сыра (2,2%). Это прямое свидетельство меньшей миграции растительного белка в сыворотку, которое означает высокую белковую концентрацию у сырного продукта. Это приводит к увеличению выхода.

Цвет полученного зерна и сырного продукта с гороховым белком характеризуется желтым оттенком, напоминающим цвет сыра, изготовленного из летнего молока. Такой насыщенный желтый цвет обусловлен природными пигментами, содержащимися в гороховом белке, например каротиноидов, которые придают продукту привлекательный внешний вид сыра, к которому

все привыкли. Этот естественный желтый оттенок позволяет использовать продукт без добавления искусственных красителей, таких как аннато и снижает себестоимость производства, повышая экологическую безопасность продукции. Особенно актуально это в зимний и весенний периоды, когда молоко имеет более светлый, почти белый цвет, и добавление красителя не требуется для достижения желаемого внешнего вида.

Таблица 3. Сравнительный анализ контрольного образца и сырного продукта с гороховым протеином.

Показатели	Сырный продукт	Сыр
Структура	Однородная	Однородная
Органолептические:		
Вкус	Молочный	Кисло-молочный
Аромат	Молочный с ореховым оттенком	Молочный
Текстура	Ровная	Ровная
Цвет	Светло-желтый	Белый
Физико-химические:		
Жир, %	16,38	25,6
Белок, %	18,3	20,10
pH	6,3	6,0
Влага, %	58,4	50,5

На основе полученных результатов исследования сравнительного анализа органолептических и физико-химических показателей сырного продукта с гороховым белком и сыра из цельного молока можно сделать следующие выводы.

Сыр с гороховым белком содержит 43,96% жира в сухом веществе, что ниже, чем у натурального сыра (51,70%). Это может быть обусловлено меньшим содержанием жира в растительном белке и, возможно, меньшей его миграцией из зерна в продукт. Также, жирность сырного продукта с растительным белком может быть связана с технологическими особенностями, такими как плохая жирорастворимость и взаимодействие растительных компонентов с жирами.

Уровень белка в сырном продукте 17,4 % в сухом веществе, что ниже, чем у сыра из цельного молока (40,51%). В сухое вещество кроме жира и белка входят другие компоненты (лактоза, минералы, витамины и т.д.). В натуральном сыре на их долю приходится 7,79%. В сырном продукте с гороховым белком этот процент достигает 38,64, большая доля которого приходится на пищевые волокна (более 30%).

Натуральный сыр имеет белый цвет и соответствует классическим стандартам.

Физико-химические показатели имеют различия между образцами.

Сыр с гороховым белком содержит 43,96% жира в сухом веществе, что ниже, чем у натурального сыра (51,70%). Это может быть обусловлено меньшим содержанием жира в растительном белке и, возможно, меньшей его

миграцией из зерна в продукт. Также, жирность сырного продукта с растительным белком может быть связана с технологическими особенностями, такими как плохая жирорастворимость и взаимодействие растительных компонентов с жирами.

Уровень белка в сырном продукте 17,4 % в сухом веществе, что ниже, чем у сыра из цельного молока (40,51%). В сухое вещество кроме жира и белка входят другие компоненты (лактоза, минералы, витамины и т.д.). В натуральном сыре на их долю приходится 7,79%. В сырном продукте с гороховым белком этот процент достигает 38,64, большая доля которого приходится на пищевые волокна (более 30%).

Среди волокон клетчатки могут прятаться и удерживаться белковые молекулы, что влияет на их распределение внутри продукта. Растительные белки, связанные с клетчаткой, подвергаются ферментативному расщеплению в пищеварительной системе человека. В результате, часть белка, задержанная внутри волокон, все равно будет усваиваться организмом, обеспечивая его биологическую ценность. Таким образом, наличие клетчатки и связанных с ней белков не исключает их полноценного усвоения, а лишь влияет на скорость и степень их доступности для пищеварительных ферментов. Из имеющихся данных можно сделать вывод, что высокое содержание растительных волокон или клетчатки могут тормозить процесс усвояемости важных компонентов белков, таких как аминокислоты. Но не означает, что полезные компоненты не будут попадать в организм, просто они будут это делать медленнее.

Из других источников можно подтвердить догадки, что метод анализа по Кьедалью, который определяет белки в том или ином продукте, не может определять их точно в смешанных структурах. Для точного анализа надо искать альтернативные методы определения белка в сырных продуктах с растительными белками, и изучать этот вопрос более глубоко и научно.

pH у сырного продукта составляет 6,3, что чуть выше, чем у сыра – 6,0. Сырный продукт обладает более нейтральной кислотностью, что способствует более мягкому вкусу и лучшей стабильности продукта. Влага в сырном продукте составляет 58,4%, которая немного выше, чем у сыра (50,5%). Пищевые волокна растительного происхождения могут способствовать более высокой водоудерживающей способности и улучшению текстуры и влиять на распределение белка внутри продукта.

Выводы

1. В исследовании были рассмотрены растительные белки и их взаимодействие с коровьем молоком, в производстве сырного продукта. Был отобран наилучший растительный белок – гороховый, который показал себя лучше остальных. Плюсы горохового белка: высокое содержание аминокислот, а значит полноценный источник белка, который может заменить привычный нам белок животного происхождения.

2. Дегустационная оценка сырного продукта с гороховым белком показала, что оптимальной дозой для сырного продукта является доза 10%.

Увеличение данной дозы нарушает вкусовые показатели, структурные и технологические свойства сырного продукта.

3. Исследование выявило, что добавление 10% горохового белка в сырную массу влияет на физико-химические и органолептические свойства конечного продукта.

Структура сырного продукта с растительным белком сохраняет однородность и стабильность. Органолептические показатели: мягкий молочный вкус с ореховым оттенком, светло-желтый цвет и ровная текстура.

Физико-химические показатели демонстрируют, что содержание жира в сырном продукте составляет 18,3%, что ниже, чем у классического сыра (25,6%), а уровень белка 16,38%, что ниже, чем у натурального сыра (20,10%). Это обусловлено природными свойствами растительного белка и технологическими особенностями, такими как меньшая жирорастворимость и взаимодействие растительных волокон с жирами и белками. Важным аспектом является повышенная влажность (58,4%), что способствует более мягкой текстуре и хорошей стабильности продукта, а рН 6,3 обеспечивает нейтральную кислотность, благоприятную для хранения и дальнейшей переработки.

4. Экономический анализ показал, что себестоимость 1 кг сырного продукта с растительным белком может составлять 470,8 рубля против 536,2 рубля за 1 кг натурального сыра, что при высокой рентабельности (до 90-100%) соответствует современным требованиям к эффективности производства и конкурентоспособности.

Заключение

Сырный продукт с гороховым белком обладает хорошими органолептическими характеристиками, высокой однородностью, мягким молочным вкусом с ореховым оттенком и светло-желтым цветом, что делает его привлекательным для потребителей, ищущих натуральные и диетические продукты.

Физико-химические показатели сырного продукта с гороховым белком свидетельствуют о меньшем содержании жира и белка по сравнению с традиционным сыром, что обусловлено природными свойствами растительного белка и технологическими особенностями.

Более высокая влажность и нейтральный рН способствуют более мягкой текстуре и хорошей стабильности продукта, что важно для хранения и дальнейшей переработки.

Добавление 10% горохового протеина не ухудшает основные показатели качества сыра. Органолептические оценки показывают, что такой продукт сохраняет традиционные свойства и обладает хорошей потребительской привлекательностью. Влияние растительного белка проявляется в особенностях его структуры и аромате, что может быть использовано для создания новых видов сыров с повышенной пищевой ценностью.

Сравнительный анализ подтверждает, что сырный продукт с 10% горохового протеина обладает качественными характеристиками,

сопоставимыми с классическим сыром из цельного молока, и может успешно внедряться в производство, как продукт с повышенной пищевой ценностью.

В целом, полученный сырной продукт с 10% горохового белка обладает хорошими технологическими и органолептическими характеристиками, сохраняет традиционные свойства и обладает повышенной пищевой ценностью за счет растительного компонента. Внедрение таких продуктов в производство позволяет расширить ассортимент и повысить конкурентоспособность на рынке функциональных и здоровых продуктов питания. Технологическая схема и параметры, использованные при производстве сырного продукта с гороховым белком, обеспечивают стабильное качество и высокую пищевую ценность конечного продукта. Важным аспектом является использование методов анализа, учитывающих особенности растительных белков, что позволит более точно контролировать качество и состав сырных продуктов с растительным компонентом.

Список литературы

1 Компанцев Д.В., Попов А.В., Привалов И.М., Степанова Э.Ф. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологии получения белковых изолятов из растительного сырья // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 1

2 Кудинов, П.И. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка / П. И. Кудинов, Т. В. Щеколдина, А. С. Слизькая // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 4. – С. 124–130.

3 Щербакова Е. В. Теоретическое и экспериментальное обоснование и разработка ресурсосберегающей технологии переработки масличных семян с использованием биотехнологических методов: дис. д-ра техн. наук. – Краснодар, 2006. – 409 с.

4 Антипова Л. В., Аникеева Н. В. Исследование фракционного состава белков нута в аспекте получения белкового изолята // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 5. – С. 13-14.

5 О качественных показателях пищевого белка подсолнечника / В. Г. Щербаков, Л. М. Горшкова, Н. П. Коваленко и др. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 1976. – № 1. – С. 154.

6 Растительный белок / Пер. с фр. В.Г. Долгополова, под ред. Т.П. Микулович. – М.: Агропромиздат, 1991. – 684 с, 19 с

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ ПУТЕМ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

**Калмагамбетов А.Н., Ханин В.П., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Аннотация. В статье представлены основные методы повышения надежности элементов запорной арматуры, а именно: использование дорогостоящих высоколегированных коррозионно-стойких сталей и сплавов; повышения прочностных характеристик методом химико-термической обработки (ХТО).

Ключевые слова: надежность, запорная арматура, клин, химико-термическая обработка (ХТО), ионное ХТО.

Надежность оборудования является фундаментальным аспектом, определяющим эффективность и безопасность любого производственного процесса. Это не просто техническая характеристика, отражающая способность механизмов работать без сбоев в течение заданного времени, но и ключевой экономический фактор. Высокий уровень надежности минимизирует риски внеплановых простоев, которые могут привести к значительным финансовым убыткам и срыву сроков поставок, а также служит гарантом безопасности персонала, предотвращая аварийные ситуации на рабочих местах.

Одним из главных элементов, определяющих эксплуатационную надежность и экономическую часть в нефтегазовой промышленности, является запорная арматура. В основном, в виде запорной арматуры используются задвижки, которые имеют большинство разновидностей.

На рисунке ниже представлен пример задвижки.



Рисунок 1 – Фото клиновой задвижки

Данные задвижки довольно часто подвергаются обслуживанию и ремонту, так как в процессе эксплуатации уплотняющие поверхности затвора подвергаются довольно быстрому изнашиванию и соответственно происходит пропуск жидкости через затворы в положении “закрыто”, что не соответствует технологическим требованиям.

Запирающим элементом в задвижке выступает клин. В качестве запорной арматуры в нефтегазовой отрасли используют различные конструкции задвижек, но именно клиновая является одной из распространенной на сегодняшний день [3].

На рисунке 2,3 показано состояние клина в разборе после эксплуатации.



Рисунок 2 – Состояние клина после эксплуатации (вид с первой стороны)



Рисунок 3 – Состояние клина после эксплуатации (вид другой стороны)

Фотография демонстрирует, что данная проблема остается актуальной по сей день. Данный вопрос в настоящее время решается различными путями, но оптимальных всего два:

- использование дорогостоящих высоколегированных коррозионно-стойких сталей и сплавов. Данный метод решает проблему “быстрого изнашивания”, но является дорогостоящим, поэтому его используют реже, в основном только для ответственных соединений.

- повышения прочностных характеристик методом химико-термической обработки (ХТО).

Химико-термической обработкой называют обработку, заключающуюся в сочетании термического и химического воздействия с целью изменения состава, структуры и свойств поверхностного слоя детали в необходимом направлении. При этом происходит поверхностное насыщение металлического материала соответствующим элементом (С, N, В, Al, Cr, Si, Ti и др.) путем его диффузии в атомарном состоянии из внешней среды (твердой, газовой, паровой, жидкой) при высокой температуре [1].

Химический состав поверхностного слоя претерпевает изменения в результате их взаимодействия с окружающей средой, в которой осуществляется нагрев.

В результате изменения химического состава поверхностного слоя изменяются его фазовый состав и микроструктура.

Существуют различные виды ХТО, такие как:

- цементация;
- азотирование;
- борирование и т.д.

Одним из наиболее оптимальных и используемых видов является ионная ХТО. Ионная ХТО – насыщение поверхности детали азотом в ионизированных газовых средах. Ионное ХТО способствует:

- повышению удельной контактной прочности;
- твердости;
- недопущению развития трещин;
- стойкости к общей и межкристаллитной коррозии для всех сталей и сплавов металлов, включая операции при высоких температурах

В настоящее время, данный вид упрочнения клина используются на многих заводах по производству нефтегазового оборудования, например: АО “ЭЛКАМ-нефтемаш”, г. Пермь; АО “ПНИТИ”, г. Пермь; “НПК Нефтяное машиностроение”, г. Лысьва, HAVONIM INDUSTRIAL VALVES & ACTUATORS, Израиль и т.д. [2].

Также, исследования российских машиностроительных предприятий выявили, что благодаря упрочнению поверхностей деталей запорных арматур азотированием, их срок службы увеличился в несколько раз. В основном, в производстве задвижек используются следующие стали: 40Х, 20Х13, 38Х2МЮА. Их характеристики после азотирования приведены в таблице ниже.

Таблица 1 – Характеристики поверхностного слоя на высоколегированных сталях

Показатели	40X	20X13	38X2МЮА
Поверхностная твердость HV5, кгс/мм ²	580-620	920-970	1050-1100
Поверхностная микротвердость HV 0,1, кгс/мм ²	700-750	940-980	1140-1200
Глубина слоя по микроструктуре h_m , мм	0,35-0,36	0,17-0,18	0,33-0,34
Глубина слоя по микротвердости h_c , мм	0,40	0,20	0,35
Толщина нитридной зоны, мкм	8-10	-	7-8
Хрупкость по шкале ВИАМ	1 балл, не хрупкий	1 балл, не хрупкий	1 балл, не хрупкий

На рисунке ниже представлена фотография процесса “ионного азотирования” деталей запорной арматуры на “Экомаш+Урал”, г. Екатеринбург



Рисунок 4 – Ионное ХТО детали запорной арматуры

Таким образом, данная проблема действительно является актуальной по сей день в нефтегазовой промышленности. Пути решения данной проблемы есть, но лишь один из них применяют на постоянной основе – “ионное ХТО”,

ведь на данный момент этот метод является самым экономичным и инновационным.

Список литературы

1. Румянцева, К.Е. Термическая и химико-термическая обработка: учеб. пособие / К.Е. Румянцева; Иван. гос. хим. – технол. ун-т. – Иваново, 2015. – 103 с.;
2. Упрочнение деталей запорной арматуры методом ионного азотирования / Е.Б. Думлер, Э.Я. Зинатуллина, Д.А. Сарачева, А.З. Газизов // Роль математики в становлении специалиста: матер. междунар. науч. -практ. конф., Уфа, 18 мая 2021 года. – Уфа, 2021. – С. 110-114.;
3. Песин М.В. Повышение надежности резьбовых соединений нефтегазовых изделий. – Технология машиностроения. – 2011. - #9. – С. 49-50.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ОКСИДА ХРОМА НА ГИДРОБИОНТОВ

Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент, Емельянов Н.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Введение. Оксид хрома (III) (Cr_2O_3) представляет собой устойчивое неорганическое соединение, которое исторически играет важную роль в различных отраслях промышленности [11]. Традиционно хром и его соединения находят широкое применение в металлургии и обработке материалов. Одной из основных сфер использования является хромирование – процесс нанесения хромовых покрытий для защиты металлов от коррозии и придания им дополнительной твердости [4, 8]. Кроме того, соединения хрома являются важными компонентами в производстве стали, изготовлении лакокрасочных материалов (пигментов и красок), а также в кожевенной промышленности, где они используются для дубления кожи [11].

Однако интенсивное промышленное использование соединений хрома неизбежно ведет к экологическим последствиям. В последние несколько десятилетий утилизация промышленных отходов стала серьёзной проблемой. Большое количество сточных вод, образующихся на различных предприятиях и заводах, сбрасывается на сушу или в водопровод. Сточные воды характеризуются низким уровнем pH, высокими значениями БПК и ХПК и содержат высокий процент органических и неорганических веществ, что приводит к загрязнению водных экосистем тяжёлыми металлами [2]. Хотя трёхвалентные формы хрома (Cr^{3+}), к которым относится оксид хрома (III), считаются менее токсичными, по сравнению с шестивалентным хромом (Cr^{6+}), их накопление в воде и донных отложениях создаёт риски для гидробионтов и может приводить к негативным биологическим эффектам на разных уровнях [1].

Цель исследования — изучить механизмы токсического воздействия ультрадисперсных частиц оксида хрома на гидробионтов.

С развитием нанотехнологий область применения оксида хрома существенно расширилась. Оксид хрома (III) стал активно производиться и использоваться в форме ультрадисперсных частиц (УДЧ), или наночастиц. Согласно общепринятой классификации, к наноматериалам относят объекты, размер которых хотя бы в одном измерении не превышает 100 нанометров (нм). Переход вещества в наносостояние кардинально меняет его физико-химические свойства и биологическую активность [3].

Ключевой особенностью УДЧ оксида хрома является чрезвычайно высокое соотношение площади поверхности к объёму. Наночастицы оксида хрома (III) ($\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-NP}$) используются в большом количестве промышленных процессов благодаря своим уникальным свойствам, отличным от свойств

материала в макросостоянии [7]. По сравнению с «макротериалом», наночастицы обладают значительно большей реакционной способностью. Это делает их востребованными в качестве высокоэффективных катализаторов, компонентов для создания сенсоров, полупроводников и улучшенных пигментов [4, 8].

Попадая в водные экосистемы, наночастицы оксида хрома претерпевают ряд трансформаций, которые определяют их биодоступность и токсичность для гидробионтов.

В отличие от истинных растворов, поведение наночастиц в воде определяется коллоидной стабильностью. Исследования показывают, что в природной воде, особенно при наличии солей (высокая ионная сила), наночастицы склонны к быстрой агрегации и осаждению (седиментации) [10]. Однако присутствие природного органического вещества (гуминовых кислот) может стабилизировать суспензии, удерживая частицы в толще воды и делая их доступными для организмов-фильтраторов, таких как дафнии [1].

Токсичность УДЧ для водных организмов реализуется через несколько ключевых механизмов:

1. Генерация активных форм кислорода (АФК): высокая реакционная способность поверхности наночастиц способствует образованию избыточного количества АФК (супероксид-анионов, перекиси водорода). Это приводит к окислительному стрессу — состоянию, при котором нарушается баланс между окислительными процессами и антиоксидантной защитой организма. Окислительный стресс вызывает перекисное окисление липидов клеточных мембран, повреждение белков и ДНК, что может привести к апоптозу и гибели клеток.

2. Наночастицы могут проникать внутрь клеток путем эндоцитоза. Оказавшись в кислой среде лизосом, они могут растворяться быстрее, чем в окружающей воде, высвобождая ионы хрома непосредственно внутри клетки. Это явление приводит к внутриклеточному накоплению токсичных ионов, которые нарушают работу ферментов и митохондрий [4].

3. Образование «белковой короны»: при контакте с биологическими жидкостями или содержимым кишечника гидробионтов поверхность наночастиц мгновенно покрывается слоем адсорбированных белков и других биомолекул. Эта «корона» меняет биологическую идентичность частицы, влияя на то, как она распознается клетками и накапливается в тканях, что в конечном итоге влияет на биораспределение и вызывает окислительный стресс. Недавние исследования показали, что «корона» может либо ослаблять, либо усиливать выработку активных форм кислорода (АФК) в зависимости от состава белка [9].

Микроорганизмы и фитопланктон составляют основу пищевых цепей, поэтому их чувствительность к загрязнителям определяет стабильность всей экосистемы. Исследования на люминесцентных морских бактериях *Aliivibrio fischeri*, которые часто используются как биосенсоры токсичности, показали, что наночастицы оказывают выраженное ингибирующее действие. Значения полуэффективной концентрации (EC50), вызывающей снижение свечения

бактерий на 50%, составили 16,10 мг/л при воздействии в течение 15 минут и 12,91 мг/л через 30 минут [3]. Это указывает на то, что даже кратковременный контакт с наночастицами может подавлять метаболическую активность бактериопланктона.

В отношении зеленых водорослей *Chlamydomonas reinhardtii* токсический эффект наночастиц проявляется в зависимости от времени экспозиции. Хотя острая летальность наблюдается при достаточно высоких концентрациях (ЕС50 снижается с 2,05 г/л через 24 часа до 1,35 г/л через 72 часа), полумлетальные эффекты фиксируются значительно раньше [11]. Помимо снижения уровня хлорофилла а, в клетках водорослей уже через 24 часа отмечается резкое повышение активности эстераз (до 160% от нормы), что свидетельствует о метаболическом стрессе и попытке клетки адаптироваться к токсическому воздействию [10].

Водные беспозвоночные демонстрируют высокую чувствительность к наночастицам оксида хрома, особенно при длительном воздействии.

В тестах на ветвистоусых рачках *Daphnia magna* значение 48-часовой ЕС50 составило 6,79 мг/л, что свидетельствует о более высокой токсичности для ракообразных по сравнению с водорослями. Особую опасность представляет хроническое воздействие низких концентраций. Установлено, что при концентрации всего 1,00 мг/л наблюдается достоверное снижение продолжительности жизни и плодовитости дафний, а задержка роста фиксируется уже при 0,50 мг/л. Электронная микроскопия тканей рачков, подвергшихся воздействию, выявила ультраструктурные нарушения в органеллах клеток, что подтверждает цитотоксический механизм действия частиц [3].

Важнейшим механизмом защиты ракообразных (таких как *Daphnia magna*, *Artemia franciscana*) от стресса, вызванного тяжелыми металлами и наночастицами, является индукция синтеза белков теплового шока (HSP) [2]. Исследования показывают, что в ответ на токсическое воздействие металлов у ракообразных происходит активация генов и усиленный синтез белков семейств HSP70 и HSP90. Эти белки-шапероны предотвращают необратимую денатурацию клеточных белков и способствуют их рефолдингу (правильному сворачиванию), пытаясь компенсировать повреждения, вызванные окислительным стрессом. Однако при хроническом воздействии или высоких дозах токсина ресурсы этой защитной системы истощаются, что ведет к снижению выживаемости популяции.

Основным механизмом токсичности наночастиц оксидов металлов, включая оксид хрома, для *Danio rerio* является индукция окислительного стресса. Ультрадисперсные частицы (УДЧ) способны вызывать у них дисбаланс между продукцией активных форм кислорода (АФК) и работой антиоксидантной системы организма [7, 9].

У *Danio rerio* избыточная генерация АФК запускает каскад патологических реакций:

- Митохондриальная дисфункция: накопление АФК в митохондриях

нарушает работу цепи переноса электронов, снижает выработку АТФ и активирует проапоптотические сигнальные пути. Повреждение митохондрий является критическим событием, ведущим к гибели клеток в тканях печени и жабр.

- Перекисное окисление липидов: АФК атакуют липиды клеточных мембран, что приводит к нарушению их целостности. У рыб, подвергшихся воздействию наночастиц металлов, фиксируется повышение уровня малонового диальдегида (MDA) — маркера перекисного окисления [5].

Исследования на молоди *Labeo rohita* (индийский карп) показали, что присутствие наночастиц в водной среде (25 мг/л) вызывает достоверные изменения в гематологических показателях:

- Изменение морфологии эритроцитов: под воздействием наночастиц эритроциты деформируются, становясь более тонкими и сморщенными («slender and shrunken») по сравнению с нормальной эллиптической формой у контрольной группы. Это может свидетельствовать о гипоксическом стрессе и нарушении осморегуляции клеток крови.

- Иммуносупрессия: наблюдается снижение общего количества лейкоцитов (WBC), что указывает на угнетение иммунной системы и снижение устойчивости организма к инфекциям [6].

Хроническое и острое воздействие наночастиц оксида хрома приводит к патологическим изменениям во внутренних органах и нарушению процессов жизнедеятельности. Воздействие наночастиц снижает выживаемость рыб по сравнению с контрольными группами. Данные по водным беспозвоночным (*Daphnia magna*) также подтверждают это. При вскрытии рыб, подвергшихся воздействию наночастиц оксида хрома отмечается изменение цвета внутренних органов: кишечник и печень приобретают красноватый или сероватый оттенок, что свидетельствует о воспалительных процессах и накоплении токсина [1].

Специфическое воздействие хрома на респираторные органы проявляется в повреждении жабр. Высокое осаждение хрома в жабрах рыб приводит к гиперплазии, сращению ламелл (вторичных жаберных лепестков) и некрозу тканей. Это нарушает газообмен и осморегуляцию, заставляя рыбу тратить больше энергии на поддержание гомеостаза, что в конечном итоге снижает её жизнеспособность [7].

Токсическое действие наночастиц оксида хрома на водные организмы реализуется преимущественно через индукцию окислительного стресса. Взаимодействие частиц с биологическими тканями приводит к избыточной генерации активных форм кислорода (АФК), что подтверждается повышением уровня АФК у гидробионтов и снижением содержания хлорофилла у первичных продуцентов. Окислительный стресс вызывает повреждение липидов мембран, дисфункцию митохондрий, что является пусковым механизмом для апоптоза клеток [3].

В ответ на воздействие соединений хрома жаберный эпителий активирует компенсаторные механизмы: наблюдается гиперсекреция слизи, которая связывает частицы и препятствует их проникновению, а также гиперплазия

эпителиальных клеток, увеличивающая барьерную дистанцию между водой и кровью. Однако при длительном воздействии эти адаптивные изменения переходят в патологические, вызывая слияние ламелл и нарушение газообмена.

Воздействие наночастиц оксида хрома вызывает системные изменения в организме рыб. Исследования на карповых рыбах показали, что в ответ на токсическое воздействие происходит изменение морфологии эритроцитов (их сморщивание), что может свидетельствовать о гипоксическом стрессе и нарушении осморегуляции. Кроме того, фиксируется снижение общего количества лейкоцитов, что указывает на угнетение иммунной функции и ослабление защитных сил организма [11].

Важнейшую роль в адаптации организма к стрессу играют молекулярные шапероны. В ответ на воздействие тяжелых металлов и наночастиц у рыб активируется экспрессия генов белков теплового шока (HSP70, HSP90). Эти белки предотвращают денатурацию клеточных структур и способствуют восстановлению поврежденных белков, поддерживая жизнеспособность клеток в условиях токсической нагрузки.

Несмотря на наличие многоуровневой системы защиты, ресурсы организма не безграничны. Хроническое воздействие УДЧ оксида хрома, особенно в высоких концентрациях, приводит к истощению адаптационных резервов, накоплению патологических изменений во внутренних органах и снижению выживаемости гидробионтов [1].

Заключение. Ультрадисперсные частицы оксида хрома (III) представляют реальную угрозу для водных экосистем, обладая токсичностью, превышающей таковую для макроформ вещества. Токсический эффект реализуется через окислительный стресс, повреждение мембран и митохондриальную дисфункцию. Организмы гидробионтов способны временно противостоять агрессивному воздействию за счет активации системы белков теплового шока и барьерных функций эпителия. Тем не менее, хроническое загрязнение водоемов наноматериалами требует строгого экологического мониторинга и пересмотра нормативов ПДК с учетом размерных эффектов загрязнителей.

Список литературы

1. Batir-Marin, D. Exploring Oxidative Stress Mechanisms of Nanoparticles Using Zebrafish (*Danio rerio*): Toxicological and Pharmaceutical Insights / D. Batir-Marin, M. Bovev, O. Cioanca et al. // *Antioxidants*. – 2025. – Vol. 14. - No. 4. – P. 489.
2. Bhatkar, N.V. Chromium, nickel and zinc induced histopathological alterations in the gill of Indian common carp *Labeo rohita* (Ham.) / N.V. Bhatkar // *Journal of Applied and Natural Science*. – 2010. – Vol. 2. - No. 2. – P. 234–238.
3. da Costa, C.H. Effect of chromium oxide (III) nanoparticles on the production of reactive oxygen species and photosystem II activity in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* / C.H. da Costa, F. Perreault, A. Oukarroum et al. // *Science of The Total Environment*. – 2016. – Vol. 565. – P. 951–960.

4. Gutiérrez, G.G. Synthetic Nanoparticles in Aquatic Systems: Hidden Ecotoxicity and the Sustainability Challenge / G.G. Gutiérrez, M. Meléndrez, R.O. Barra et al. // Preprints.org. – 2025. – DOI: 10.20944/preprints202507.2098.v1.
5. Jeyachandran, S. A Review on the Involvement of Heat Shock Proteins (Extrinsic Chaperones) in Response to Stress Conditions in Aquatic Organisms / S. Jeyachandran, H. Chellapandian, K. Park et al. // Antioxidants. – 2023. – Vol. 12. - No. 7. – P. 1444.
6. Kanwal, Z. Impact of chromium nanoparticles on haematological, immunological and histological parameters of *Labeo rohita* / Z. Kanwal, M.A. Raza, S. Riaz, S. Naseem // Journal of Applied and Natural Science. – 2019.
7. Kumari, A. Speciation of macro- and nanoparticles of Cr₂O₃ in *Hordeum vulgare* L. and subsequent toxicity: A comparative study / A. Kumari, S.S. Mandzhieva, T.M. Minkina et al. // Environmental Research. – 2023. – Vol. 223. – P. 115485.
8. Lokesh, B.J. Wastewater treatment using bio-nanotechnology / B.J. Lokesh, A.N. Rudresh, N. Radhika // World Journal of Advanced Research and Reviews. – 2019. – Vol. 1. - No. 2. – P. 085–091.
9. Monikh, F.A. Nanomaterials Traced across an Aquatic Food Chain / F.A. Monikh et al. // ChemistryViews based on Nature Communications. – 2021. – DOI: 10.1038/s41467-021-21164-w.
10. Oliveira, T.M. Assessment of the toxicity of chromium oxide III nanoparticles on the marine microcrustacean *Mysidopsis juniae* / T.M. Oliveira, J. Fugazza, C. Vaz et al. // Frontiers in Marine Science. Conference Abstract: XIX Iberian Symposium on Marine Biology Studies. – 2016.
11. World Health Organization. Inorganic chromium (III) compounds. Concise International Chemical Assessment Document 76. – Geneva: World Health Organization, 2009. – 91 p.

ИРИКЛИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ: СОЗДАНИЕ, ФОРМИРОВАНИЕ ИХТИОФАУНЫ, ОСВОЕНИЕ

Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент, Шульга Д.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Введение. Ириклинское водохранилище, крупнейший искусственный водоем на реке Урал, представляет собой уникальный и сложный природно-хозяйственный комплекс, играющий ключевую роль в экономике и экологии Оренбургской области. Его создание в середине XX века коренным образом изменило гидрологический режим, ландшафты и биологическое разнообразие обширного региона [6].

История водохранилища — это яркий пример преобразования речной экосистемы в озерную под влиянием антропогенных факторов с последующим формированием новых экологических связей и хозяйственных отношений. Последующая эксплуатация водоема для промышленного водоснабжения, энергетики и рыбного хозяйства оказала многогранное, зачастую противоречивое влияние на его состояние [7].

Цель настоящей работы - систематизация знаний об Ириклинском водохранилище как об интегрированной системе и выработка научно обоснованных рекомендаций для его устойчивого рыбохозяйственного использования в будущем.

Предпосылки создания и общая характеристика Ириклинского водохранилища. Решение о строительстве Ириклинского гидроузла было продиктовано насущными потребностями индустриального развития Южного Урала. Главной инженерно-хозяйственной задачей являлось зарегулирование резко переменчивого, преимущественно весеннего стока реки Урал для гарантированного водообеспечения быстрорастущего Орского промышленного узла.

Строительство и заполнение чаши водохранилища происходило в период с 1955 по 1960 годы. Место расположения — в 70 км севернее города Орска, в пределах Восточно-Уральской холмисто-наклонной равнины. Это положение в продольной тектонической зоне Уральского горного сооружения предопределило особенности морфометрии котловины. Климат района классифицируется как резко континентальный, характерный для степной зоны: с суровой малоснежной зимой (абсолютный минимум до $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$) и жарким летом (максимум до $+38\text{ }^{\circ}\text{C}$). Среднегодовое количество осадков невелико — около 303 мм, что указывает на засушливость региона [3].

Водосборный бассейн водохранилища обширен и составляет 36 950 км², охватывая верхнее течение Урала. Его гидрологический режим отличается исключительной контрастностью: маловодностью, крайне низким модулем стока и высокой неравномерностью как в межгодовом, так и в сезонном

аспектах. Амплитуда колебаний годового стока Урала превышает аналогичные показатели для большинства рек Европейской части России. Эти особенности напрямую транслируются на режим самого водохранилища. При нормальном подпорном горизонте, равном 245 метрам над уровнем моря, водохранилище обладает следующими параметрами: полный объем — 3,25 км³, площадь акватории — 26,0 тыс. га, протяженность — 73 км, средняя глубина — 12,5 м при максимальной до 36 м. Таким образом, это не только крупнейший, но и наиболее глубоководный водоем всего Зауралья. С 1974 года к его первоначальным функциям добавилась роль водоема-охладителя для Ириклинской ГРЭС, что внесло дополнительный техногенный компонент в термический и гидрологический режимы [1].

Формирование гидрохимического состава воды Ириклинского водохранилища — процесс, находящийся под комплексным влиянием. На него воздействуют питающие воды (Урал, притоки, подземные источники, атмосферные осадки), природные особенности бассейна (рельеф, состав почв и горных пород, характер растительности), внутренние биохимические процессы, а также мощный фактор антропогенного загрязнения [7].

В соответствии с классификацией ГОСТ 17.1.2.04-77, вода водохранилища является пресной, средней минерализации (менее 500 мг/дм³), умеренно жесткой, с нейтральным водородным показателем и относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу. Однако стабильность этих показателей нарушается поступлением промышленных и сельскохозяйственных стоков. Промышленные стоки поступают преимущественно с водами Урала и влияют на верхний участок водохранилища. Сельскохозяйственная деятельность (распашка берегов, снос удобрений, стоки с животноводческих ферм) вносит основной вклад в загрязнение органическими веществами и биогенными элементами (азот, фосфор). Это создает хроническую антропогенную нагрузку, нарушающую естественные процессы жизнедеятельности и воспроизводства гидробионтов [5].

Становление и трансформация ихтиофауны. Формирование рыбного населения нового водоема представляло собой длительный и сложный сукцессионный процесс, направляемый как естественными, так и целенаправленными антропогенными воздействиями. Исходную основу ихтиофауны составили аборигенные виды, обитавшие в реке Урал и многочисленных мелких придаточных водоемах (старицы, озера) на территории будущей зоны затопления. На первом этапе существования водохранилища (1960-е годы) происходила закономерная смена реофильного ихтиокомплекса, характерного для реки, на лимнофильный комплекс, свойственный озерным условиям. Исчезли или резко сократили численность виды, тесно связанные с течением и каменистыми грунтами [2].

Параллельно с естественными процессами с самого начала осуществлялась масштабная программа по акклиматизации и рыбоводному заселению водоема ценными промысловыми видами. Начиная с 1956 года, в разные годы производились посадки сазана, карпа, судака, стерляди, корюшки,

чудского и ладожского сига, рипуса, гибридов, пеляди, белого амура, белого толстолобика и даже ручьевой форели. Результаты этой деятельности были неоднозначны. Часть видов, такие как стерлядь, корюшка и пелядь, в новых условиях не прижились и в современной фауне отсутствуют. Другие, например, растительноядные рыбы (белый амур, толстолобик) и форель, встречаются крайне редко и не имеют хозяйственного значения. Наиболее впечатляющий успех был достигнут при вселении сиговых рыб (сиг, рипус), которые благодаря эффективному использованию планктонной кормовой базы не только натурализовались, но и на несколько десятилетий стали основой высокоэффективного промысла [3].

В результате взаимодействия этих двух путей формирования к настоящему времени ихтиофауна Ириклинского водохранилища насчитывает около 30 видов рыб. Качественный состав претерпел значительные изменения. Если в период расцвета промысла (1980-е гг.) доминировали сиговые, то сейчас наиболее многочисленными и составляющими основу уловов являются мелкочастиковые виды: окунь, плотва, серебряный карась, а также язь и лещ. Судак, ранее бывший важным объектом промысла, существенно сократил свою численность. Такие ценные хищники, как сом, щука и налим, в уловах стали очень редки. К числу редких и малочисленных видов можно отнести жереха, голавля, густеру, линя и красноперку. Сохранились в водоеме и сиговые, представленные чистой формой рипуса и гибридными формами, но их промысловое значение резко упало [6].

Историческая динамика рыбопромыслового освоения и ее факторы.

Ириклинское водохранилище на протяжении всей своей истории являлось и продолжает оставаться главным рыбопромысловым водоемом Оренбургской области, обеспечивая до 90% регионального вылова товарной рыбы. Динамика его промыслового освоения отчетливо делится на несколько хронологических этапов, каждый из которых характеризуется специфическим видовым составом уловов, применяемыми орудиями лова и уровнем интенсивности эксплуатации [4].

- Первый этап (1960-1970-е годы): становление промысла на аборигенной фауне. В этот период промысел был ориентирован на частиковые виды рыб, сформировавшиеся на основе аборигенного комплекса и успешно вселенного судака. Водоем относился к лещево-судачьему типу. Основу уловов составляли лещ, судак, щука, язь, плотва. Для лова широко использовались закидные и ставные невода, а также ставные сети. Промысловая нагрузка была относительно умеренной. Годовой вылов рыбы стабильно находился в пределах 150-300 тонн, что соответствовало естественной продуктивности формирующейся экосистемы.

- Второй этап (1980-е — середина 1990-х годов): эпоха сиговых и максимум продуктивности. Этот период стал «золотым веком» рыболовства на Ириклинском водохранилище. Благодаря успешной акклиматизации и естественному воспроизводству сиговые рыбы (сиг и рипус) вышли на доминирующие позиции. Их удельный вес в общих уловах в отдельные годы

достигал 80-90%. Это позволило резко увеличить объемы добычи: общий годовой вылов колебался от 250 до почти 1000 тонн, а промысловая рыбопродуктивность достигала рекордных 25-38 кг/га. Промысел в этот период приобрел ярко выраженную одностороннюю направленность и почти полностью перешел на использование ставных сетей. Этому способствовало как удобство лова сиговых сетями, так и введенное ограничение на неводной лов, призванное сохранить молодь леща от высокого прилова.

- Третий этап (середина 1990-х годов — по настоящее время): спад и переориентация. С середины 1990-х годов наметилась устойчивая негативная тенденция. Началось резкое снижение промысловой продуктивности в целом и катастрофическое падение уловов сиговых в частности. За десятилетие с 1997 по 2007 год среднегодовой вылов составил около 259 тонн, а доля сиговых в нем упала в среднем до 27%. Одновременно произошла вынужденная переориентация промысла на мелкочастиковые виды. Абсолютным лидером стал окунь, доля которого в общем улове к 2007 году возросла до 78%. Также значительно выросли уловы серебряного карася и плотвы. Промысел, однако, сохранил свою однобокость и по-прежнему базировался в основном на ставных сетях [5].

На динамику рыбных запасов и уловов на протяжении всех этапов оказывал влияние комплекс взаимосвязанных факторов:

1. Гидрологический режим. Управление уровнем водохранилища в интересах энергетики и водоснабжения часто вступает в конфликт с интересами рыбного хозяйства. Высокая зимняя сработка уровня приводит к гибели отложенной икры (особенно осеннерестующих сиговых) от осадки льда на нерестилищах. Мощный весенний попуск воды (до 90% годового стока) вызывает массовый скат молоди в нижний бьеф.

2. Промысловая эксплуатация. Интенсивный вылов, особенно в период доминирования сиговых, привел к перелову и подрыву естественных воспроизводственных возможностей этих видов. Отмечается сокращение возрастного ряда в популяциях ценных рыб, основу уловов стали составлять младшие возрастные группы. Регулирование промысла требует точной оценки допустимого изъятия.

3. Антропогенное загрязнение. Поступление промышленных и агрохимических стоков ухудшает среду обитания, влияя на кормовую базу и здоровье рыб. Попадание молоди в водозаборные сооружения ГРЭС является прямой причиной гибели.

4. Нарушение экологического баланса. Длительное использование только ставных сетей и запрет неводного лова нарушили баланс в эксплуатации разных видов. Это привело к нерациональному использованию запасов частиковых рыб и создало условия для вспышек заболеваний, например, массового поражения молоди леща паразитами. Подобные проблемы характерны для многих крупных водохранилищ России, испытывающих многофакторную антропогенную нагрузку [3].

Научно обоснованные рекомендации по рациональному рыбохозяйственному использованию. Анализ более чем полувековой истории Ириклинского водохранилища позволяет сформулировать стратегические направления для восстановления и устойчивого развития его рыбного хозяйства. Эти направления должны носить комплексный характер, учитывая как биологические, так и социально-экономические аспекты [1, 6].

1. Восстановление запасов ценных видов через развитие аквакультуры. Потенциал водохранилища как кормовой базы для сиговых рыб остается высоким. Перспективной является стратегия товарного пастбищного рыбоводства в поликультуре. Рекомендуются сосредоточиться на двух группах сиговых: планктофагах (например, пелядь, обладающая высоким темпом роста) и бентофагах (например, чудской сиг с широким спектром питания). Учитывая наличие в водоеме маточного стада рипуса, целесообразно в ближайшие годы вести работу с обоими объектами. Ключевым условием успеха являются регулярные, масштабные зарыбления водоема жизнестойким, адаптированным посадочным материалом, что позволит получать стабильные ежегодные уловы независимо от успешности естественного нереста.

2. Совершенствование системы регулирования промысла. Управление рыболовством должно базироваться на строго научных данных. Для крупночастиковых видов (лещ, судак, язь) необходимо ежегодное определение промыслового запаса и установление на этой основе научно обоснованных лимитов вылова. Для мелкочастиковых видов (окунь, плотва, карась), популяции которых обладают высокой естественной биологической устойчивостью и быстро восстанавливаются, жесткое лимитирование нецелесообразно, так как их экономический предел эксплуатации наступает раньше биологического.

3. Диверсификация и оптимизация орудий лова. Для прекращения практики одностороннего использования ставных сетей и более рационального, селективного освоения ресурсов необходимо законодательно и экономически стимулировать применение других эффективных орудий. К ним относятся закидные невода для облова прибрежных зон, а также близнецовые и ставные невода нового поколения для работы на открытых акваториях. Это позволит более равномерно эксплуатировать запасы разных видов и размерных групп рыб.

4. Проведение биомелиоративных мероприятий. Успех рыбоводных мероприятий по выращиванию ценных сиговых напрямую зависит от уровня пищевой конкуренции со стороны массовых малоценных видов. В связи с этим необходима организация направленного, интенсивного промысла малоценных рыб (ерш, укляя, мелкий окунь и плотва). Особенно эффективен такой отлов в периоды преднерестовых и нерестовых концентраций. Это не только снизит конкурентное давление, но и улучшит кормовую базу для ценных объектов, повысив общую эффективность рыбоводства.

5. Интегрированный контроль антропогенного воздействия. Рыбохозяйственные меры будут иметь ограниченный эффект без

улучшения общего экологического состояния водоема. Необходим постоянный мониторинг и жесткий контроль за сбросами загрязняющих веществ, оптимизация режима сработки уровня воды в интересах рыбохозяйственных нерестовых циклов, а также разработка и внедрение рыбозащитных сооружений на водозаборах ГРЭС [3, 5].

Заключение. История формирования, развития и эксплуатации Ириклинского водохранилища представляет собой поучительный пример сложной динамики крупной искусственной водной экосистемы под воздействием масштабной хозяйственной деятельности. Период максимальной рыбопродуктивности, достигнутый за счет успешной акклиматизации сиговых рыб, сменился фазой глубокого кризиса, вызванного комплексом причин: нерациональной промысловой эксплуатацией, конфликтом гидрологических режимов, антропогенным загрязнением и нарушением экологического баланса. Современный этап характеризуется вынужденной переориентацией на менее ценные, но более устойчивые виды.

Однако высокий природный потенциал водохранилища далеко не исчерпан. Для его реализации в XXI веке требуется переход к новой парадигме управления, основанной на принципах экосистемного подхода, адаптивного менеджмента и активного рыбоводства. Будущее рыбного хозяйства Ириклинского водохранилища лежит в синтезе современных технологий аквакультуры, научно обоснованного и диверсифицированного промысла, а также последовательных мер по охране и реабилитации водной среды. Только такой комплексный путь, учитывающий горькие уроки прошлого и современные научные знания, позволит превратить этот уникальный водоем Зауралья в образец устойчивого и высокопродуктивного рыбохозяйственного использования, обеспечивающего как экономическую отдачу, так и сохранение биологического разнообразия.

Список литературы

1. Килякова, Ю.В. Экологическое состояние Ириклинского водохранилища. Оценка вылова рыбы за последнее десятилетие [Электронный ресурс] / Ю.В. Килякова, А.А. Лысенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета: [политемат. сетевой электрон. науч. журнал], 2007. - № 33. - С. 168-178.

2. Килякова, Ю.В. Оценка рыбных ресурсов водоемов Оренбургской области [Электронный ресурс] / Ю.В. Килякова // Рыбные ресурсы Камско-Уральского региона и их рациональное использование: материалы науч.-практ. конф., 5-6 нояб. 2008 г. / Федер. агентство по образованию [и др.]; под общ. ред. Е.А. Зиновьева. - Электрон. дан. - Пермь: Перм. гос. ун-т, 2008. - . - С. 51-53.

3. Павлейчик, В.М. Установление особых режимов природопользования на побережьях крупных водохранилищ (на примере Ириклинского водохранилища) / В.М. Павлейчик, А.А. Чибилев // Заповедное дело: проблемы охраны и экологической реставрации степных экосистем : материалы международной конференции, посвященной 15-летию государственного

заповедника "Оренбургский", Оренбург, 14–18 июня 2004 года / Институт степи УрО РАН, Государственный природный заповедник "Оренбургский" Министерства природных ресурсов РФ. – Оренбург: ИПК "Газпромпечат", 2004. – С. 143-146.

4. Совершенствование технологии выращивания рыбы в садковом хозяйстве Ириклинского водохранилища: монография / [Е.П. Мирошникова и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: Университет, 2015. - 261 с.

5. Филиппова, А.В. Экологическое состояние Ириклинского водохранилища Оренбургской области / А.В. Филиппова, А.И. Шилова // Экологическая неделя БРУ - СПбПУ: Сборник материалов научно-практической конференции с международным участием, Могилев, 10–13 октября 2023 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 64-70.

6. Чибилев, А.А. Ириклинское водохранилище: геоэкология и природно-ресурсный потенциал / А.А. Чибилев, В.М. Павлейчик, А.Г. Дамрин; Российская академия наук, Уральское отделение, Институт степи УрО РАН. – Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2006. – 183 с.

7. Шашуловская, Е.А. Пространственно-временная изменчивость гидрохимических показателей Ириклинского водохранилища в современных условиях / Е.А. Шашуловская, С.А. Мосияш // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Т. 86, № 5. – С. 697-714.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА В АКВАКУЛЬТУРЕ

Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент, Литвинова П.С.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Введение. Аквакультура — быстро развивающаяся отрасль мирового сельского хозяйства, обеспечивающая растущий спрос на рыбную продукцию. Однако интенсивное рыбоводство тесно связано с рисками массовых инфекционных заболеваний, требующих эффективных и безопасных антимикробных средств. В этом контексте особый интерес представляют ультрадисперсные частицы серебра (УДЧС), обладающие выраженным бактерицидным, фунгицидным и противовирусным действием при относительно низкой токсичности для гидробионтов [1].

Цель данного исследования — систематизировать современные данные о применении УДЧС в аквакультуре, проанализировать механизмы их действия, эффективность и безопасность, а также обозначить перспективы дальнейшего использования.

Физико-химические характеристики УДЧС. Ультрадисперсные частицы серебра представляют собой коллоидные системы с размерами частиц от 1 до 100 нм. Их уникальные свойства обусловлены: высокой удельной поверхностью, способностью генерировать активные формы кислорода (АФК), высвобождением ионов Ag^+ в водной среде.

Согласно исследованиям, антимикробный эффект УДЧС реализуется через:

- нарушение целостности клеточной мембраны микроорганизмов;
- ингибирование ферментов дыхательной цепи;
- взаимодействие с ДНК и РНК, препятствующее репликации;
- подавление образования биоплёнок.

Важным преимуществом УДЧС является широкий спектр действия против бактерий (в т.ч. антибиотикорезистентных штаммов), грибов и вирусов, что особенно актуально для аквакультуры [2, 3].

Применение УДЧС в профилактике и лечении заболеваний рыб.
Вирусные инфекции. Прямые вирусные эффекты УДЧС изучены слабо, но, показано, что наночастицы серебра ингибируют репликацию вируса герпеса карпа (*CyHV-3*) *in vitro* при концентрациях 10-20 мг/л [8].

Бактериальные инфекции. УДЧС демонстрируют высокую эффективность против возбудителей основных бактериозов рыб:

- *Aeromonas hydrophila* (аэромоноз);
- *Flavobacterium columnare* (столбиковая болезнь);
- *Vibrio spp.* (вibriоз).

В экспериментах обработка мальков карпа наночастицами серебра (концентрация 0,5 мг/л) снижала смертность от аэромоноза на 60–70 % по сравнению с контролем. При этом не наблюдалось значимых отклонений в гематологических показателях рыб.

Грибковые инфекции. Против сапролегниоза (вызываемого грибами *Saprolegnia spp.*) УДЧС применяются как в виде ванн (1-5 мг/л, экспозиция 30-60 минут), так и путём внесения в корм (5-10 мг/кг). Такая обработка снижает поражённость икры на 80-90 % [3].

Использование УДЧС в обработке водной среды и оборудования. УДЧС применяют для дезинфекции инкубационных аппаратов, обеззараживания рециркуляционных систем, контроля микробиоты в прудах и бассейнах. В исследованиях внесение наночастиц серебра (0,1-0,3 мг/л) в систему УЗВ снижало общую микробную обсеменённость воды на 50-70 % без негативного влияния на нитрифицирующие бактерии [5].

Влияние УДЧС на физиологию и рост гидробионтов. Токсичность УДЧС зависит от:

- размера частиц (меньшие частицы более токсичны);
- концентрации (пороговые значения 0,5-5 мг/л для большинства видов);
- длительности воздействия [2, 6].

В исследовании Nabi N. (2022) радужную форель (*Oncorhynchus mykiss*) в течение 21 дня подвергали воздействию сублетальных концентраций коллоидных или порошкообразных наночастиц серебра (кНЧсAg или пНЧсAg соответственно). На 11-й и 21-й дни были изучены гистологические изменения (в жабрах, кишечнике, печени и почках) и биоаккумуляция (в жабрах, кишечнике, печени и белых мышцах). В случае с кНЧсAg самые высокие концентрации серебра наблюдались в печени, жабрах и кишечнике. Между тем, в случае с пНЧсAg самые высокие концентрации серебра наблюдались в кишечнике, печени, жабрах и мышцах. Наибольшие гистопатологические воздействия наблюдались в жабрах (в основном пролиферация и воспаление), кишечнике (в основном некроз и воспаление) и печени (в основном пигментация).

Низкие концентрации УДЧС (6–18 мкг/л), диспергированные в воде для аквакультуры, не вызывали значительных повреждений в морфологии жабр, печени и тканей кишечника рыбок лабео и способствовали их росту, повышали активность супероксиддисмутазы и каталазы, а также содержание глутатиона, и регулировали экспрессию генов, связанных с иммунитетом. После обработки УДЧС количество некоторых патогенных или условно-патогенных микроорганизмов в кишечнике рыб лабео значительно уменьшилось, в то время как количество полезных бактерий, способных расщеплять загрязняющие вещества и улучшать среду в кишечнике, значительно увеличилось. Таким образом, использование низкой концентрации УДЧС в воде для аквакультуры относительно безопасно и положительно влияет на антиоксидантную защиту и иммунитет, контролирует кишечные патогены и снижает заболеваемость выращиваемых животных. Учитывая, что применение в воде может быть более

удобным, чем в корме, УДЧС имеют хорошие перспективы применения в аквакультуре [10].

Технология применения УДЧС. Основные способы синтеза УДЧС для аквакультуры:

- химическое восстановление (цитратное, боргидридное);
- биосинтез с использованием растительных экстрактов;
- электрохимическое диспергирование.

Для стабилизации частиц применяют поливинилпирролидон (ПВП), желатин, полисахариды (альгинат, хитозан). УДЧС могут вводиться путём прямого внесения в воду (ванны, проточная обработка), с кормом (инкапсуляция в гранулы), а также через инъекции (для ценных видов). Оптимальные концентрации варьируют от 0,1 до 5 мг/л для водной обработки и 1–10 мг/кг для кормовых добавок [2, 4-5].

Экономическая эффективность и перспективы применения.

Экономическая целесообразность использования УДЧС обусловлена:

- снижением затрат на антибиотики;
- уменьшением потерь от заболеваемости;
- возможностью замены традиционных дезинфектантов.

Перспективными направлениями применения ультрадисперсных частиц серебра являются - разработка целевых препаратов на основе УДЧС с контролируемым высвобождением, комбинирование с пробиотиками и иммуностимуляторами, использование для обеззараживания балластных вод судов [1, 7].

Ультрадисперсные частицы серебра являются эффективным инструментом для биобезопасности и продуктивности аквакультуры. Их главные преимущества:

- широкий антимикробный спектр;
- низкая вероятность формирования резистентности;
- возможность применения в различных технологических процессах.

Для широкого внедрения ультрадисперсных частиц серебра в процесс выращивания гидробионтов необходимы:

- стандартизация методов получения и контроля качества УДЧС;
- долгосрочные токсикологические исследования;
- разработка регламентов применения для разных видов гидробионтов [2, 6, 10].

Заключение. Таким образом, дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию дозировок, изучение отдалённых эффектов и интеграцию УДЧС в системы рыбоводства.

Список литературы

1. Ажмулдинов, Е.А. Использование наночастиц серебра в кормлении животных и птицы // Е.А. Ажмулдинов, М.А. Кизаев, М.Г. Титов, И.А. Бабичева Вестник Пермского института ФСИН России. - 2019. - № 3 (34). - С. 73-78.

2. Килякова, Ю.В. Влияние нанокompозита Ag-C на рост и показатели крови карпа / Ю. В. Килякова, Е. П. Мирошникова, А. Е. Аринжанов, М. С. Мингазова // *Международный вестник ветеринарии*, 2025. - № 1. - С. 186-194.
3. Ahmed, KBA. Future prospects of antibacterial metal nanoparticles as enzyme inhibitor / KBA Ahmed, T. Raman, A. Veerappan // *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2016 Nov 1;68:939-947. doi: 10.1016/j.msec.2016.06.034. Epub 2016 Jun 11. PMID: 27524096.
4. Arinzhanov, AE. Application of ultradisperse particles and probiotic strains to reduce the level of xenobiotic elements in the carp organism / AE. Arinzhanov, EP. Miroshnikova, YV. Kilyakova // *Trace Elements and Electrolytes*. 2021;38(3):135. EDN: EMEASR.
5. Hasan, A.M. Response and recovery of Nile tilapia exposed to diesel oil - Behavioral, hemato-biochemical and morphological changes of erythrocytes / A.M. Hasan, S.R. Ferdous, S.M. Islam, M. Haghiri, M. Shahjahan // *Toxicol Rep.* – 2022. - Mar 29;9:549-555. DOI:10.1016/j.toxrep.2022.03.039.
6. Khursheed, S. Biogenic silver nanoparticles: Synthesis, applications and challenges in food sector with special emphasis on aquaculture / S. Khursheed et al. // *Food Chem X.* – 2023. - Dec 7;20:101051. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.101051.
7. Michalak, I. The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production livestock animals and poultry / I. Michalak et al. // *Vet Q.* – 2022. - Dec;42(1):68-94. DOI: 10.1080/01652176.2022.2073399.
8. Mohammad, A. Impact of polyvinyl chloride microplastic and paraquat herbicide on the blood cells, biochemical parameters, liver enzymes and morphological changes of aqueduct fish / A. Mohammad, H. S. Mohammad, K. Javad // *Chemosphere.* - 2024. - Aug;362:142643. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2024.142643.
9. Nabi, N. Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells / N. Nabi, I. Ahmed, G.B. Wani // *Saudi J Biol Sci.* – 2022. - Apr;29(4):2942-2957. DOI: 10.1016/j.sjbs.2022.01.019.
10. Sharma, N. Behavioural changes, DNA damage and histological alterations in *Labeo rohita* fingerlings in response to organic-coated silver nanoparticles / N. Sharma et al. // *Environ Sci Pollut Res Int.* – 2024. - Jul;31(35):47789-47800. DOI:10.1007/s11356-024-34360-0.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОКОМПОЗИТА ЖЕЛЕЗА В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

**Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент,
Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор,
Аринжанов А.Е., канд. с.-х. наук, доцент,
Мингазова М.С., канд. биол. наук**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Железо необходимо для различных физиологических функций у кур, включая транспорт кислорода, активацию ферментов и работу иммунной системы. У бройлерных кур железо преимущественно содержится в гемоглобине (60–70%), миоглобине, цитохромах и других ферментах, содержащих железо (10%), наряду с ферритином и гемосидерином (20–30%). Поддержание системного железного баланса у птицы в первую очередь связано с контролем поглощения и высвобождения железа из рециклирующих макрофагов и гепатоцитов, поскольку организм не регулирует потери железа [1, 2].

Традиционные методы добавки железа в рационы кур часто опираются на неорганические источники железа, которые могут демонстрировать низкую биодоступность и способствовать загрязнению окружающей среды за счёт стока и выщелачивания. Кроме того, железо в корме для бройлеров часто сочетается с фитатом — соединением, встречающимся в растительных кормовых ингредиентах, таких как зерновые. Фитат связывается с минералами, такими как железо, образуя комплексы, которые трудно усваиваются пищеварительной системой птицы. Это снижает биодоступность железа, что может привести к низкому уровню железа у птиц, влияет на их рост, здоровье и продуктивность [3, 4].

Для решения этой проблемы рассматриваются альтернативные формы добавок железа, такие как ультрадисперсные формы, которые потенциально улучшают усвоение и использование железа у бройлеров. Наночастицы железа представляют более эффективную и устойчивую добавку железа в рационах бройлеров. Ультрадисперсные частицы обладают повышенной биодоступностью благодаря меньшим размерам частиц и увеличенной площади поверхности [5]. Повышенная биодоступность позволяет лучше усваивать и использовать железо бройлерами, что приводит к улучшению темпов роста, эффективности кормления и общему здоровью. Кроме того, УДЧ Fe могут быть спроектированы так, чтобы быть более стабильными в желудочно-кишечном тракте, обеспечивая большую долю усвоения птицей добавленного железа, а не выведения [6].

Цель исследования. Оценить эффективность использования и биологическое действие нанокompозита Fe-C на рост и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования. Схема эксперимента представлена на рисунке 1. В возрасте 14 суток методом пар-аналогов были отобраны 24 штуки цыплят-бройлеров и распределены на четыре группы в равных количествах. Продолжительность исследования включала подготовительный (7–13-суточного возраста) и основной учётный (14–42 суточного возраста) периоды.

В течение всего периода эксперимента кормление бройлеров опытных и контрольной групп осуществлялось согласно рекомендациям ВНИТИП в соответствии с возрастом. Цыплята до 25 суток получали ростовой рацион ПК-5 и с 26 по 42 сутки – финишный рацион ПК-6. Комбикорм ПК-5 и ПК-6 произведен ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», г. Оренбург, Россия.

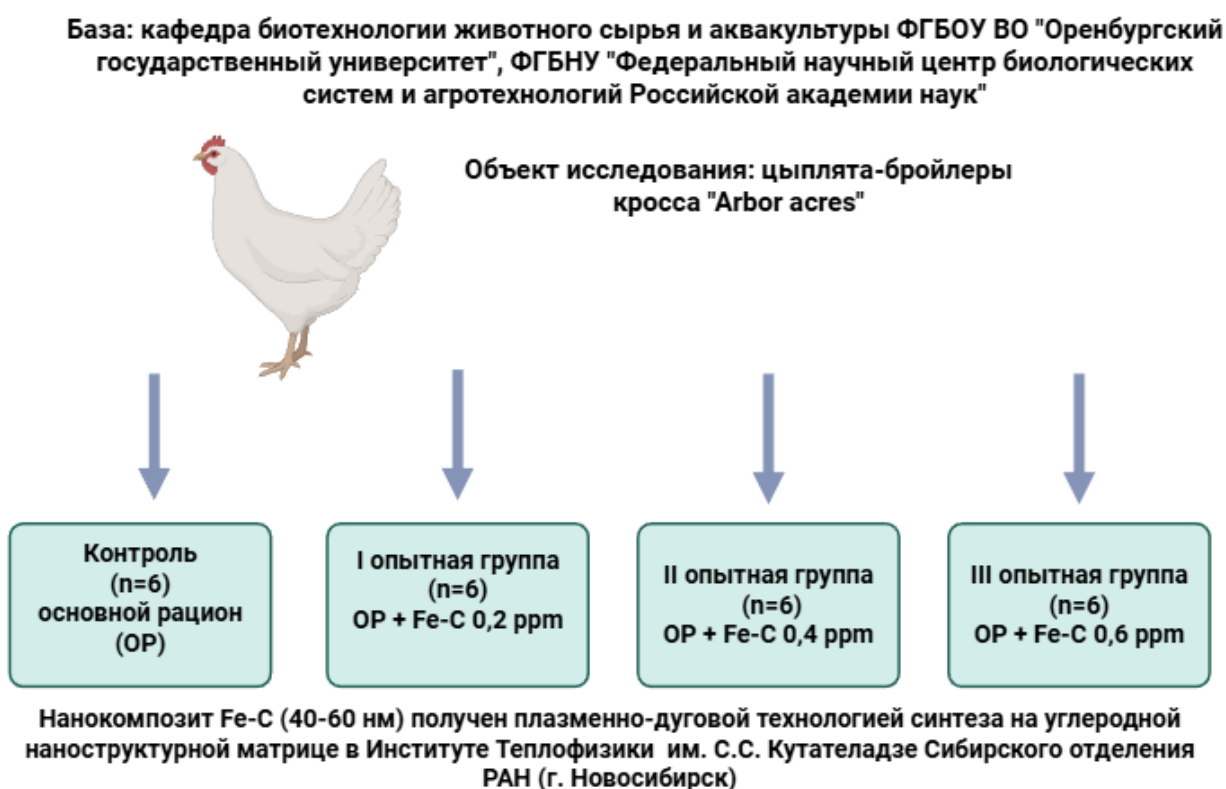


Рисунок 1 – Схема эксперимента

Во время подготовительного периода все цыплята-бройлеры потребляли основной рацион (OP). Начиная с 14-суточного возраста цыплятам, в OP, включавший стартовый и ростовой рационы, дополнительно вносили нанокompозит в различных дозировках. Дозировка рассчитана с учётом информации от производителя и проводимых ранее исследований [6-9].

В процессе исследования еженедельно проводили оценку роста и развития цыплят-бройлеров путём индивидуального взвешивания утром до

кормления. Отбор крови осуществляли в последний день эксперимента из подкрыльцовой вены. Исследования биохимических показателей крови выполнены на автоматическом биохимическом анализаторе DURUI CS-T240.

Статистический анализ был выполнен с помощью программы «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента, при котором статистически значимым считались значения с $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ и $P \leq 0,001$. Данные представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое значение, m – ошибка средней арифметической величины.

Результаты исследования. Важными показателями при учете мясной продуктивности птицы является динамика роста и убойный выход. Чем выше эти показатели, тем выше мясная продуктивность птицы [10]. Анализируя данные по динамике роста подопытных бройлеров установлено, что добавление нанокompозита Fe имела следующий рисунок динамики роста птицы: минимальная дозировка (0,2 ppm) Fe отличалась более высокой интенсивностью роста относительно контрольной группы – на 7,1 % (I опытная группа). Превосходство живой массы I группы относительно контроля началось на третьей неделе эксперимента. На первых этапах эксперимента организм птиц может адаптироваться к новым условиям, и лишь после некоторого времени начинают проявляться положительные эффекты от вмешательства. При увеличении дозировок Fe (II и III опытные группы) продуктивность птицы снизилась, но была выше контроля на 2,5-2,8 % (рисунок 2).

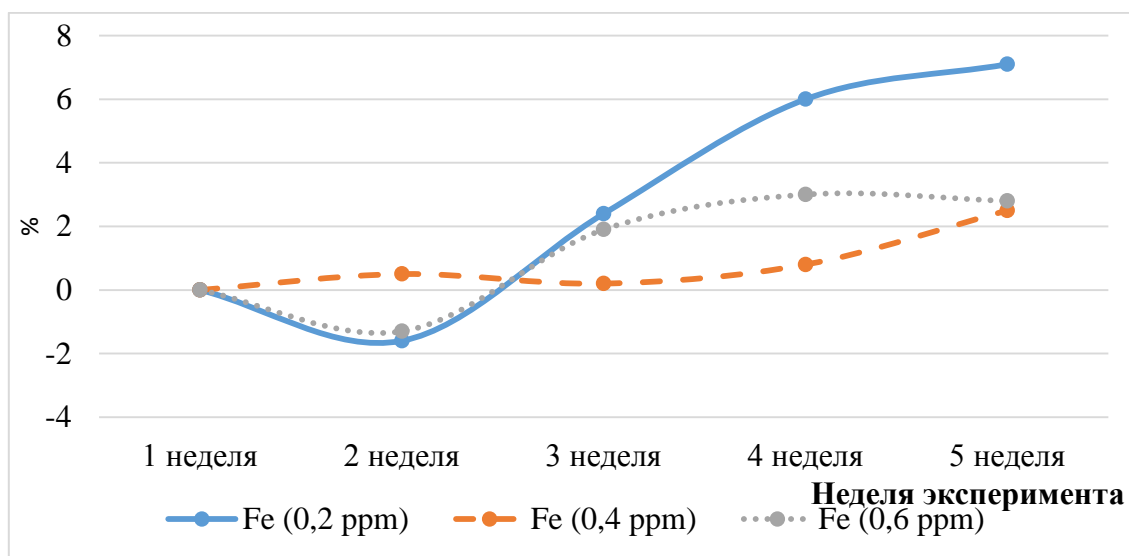


Рисунок 2 – Разница живой массы птицы с нанокompозитами Fe по сравнению с контролем, %

Биохимические анализы крови, включая уровни белков, ферментов, глюкозы, липидов, позволяют получить информацию о метаболических процессах и функциональном состоянии разных систем органов. Изменения в этих показателях могут свидетельствовать о токсическом воздействии или других негативных эффектах исследуемой добавки (рисунок 3) [11].



Рисунок 3 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров контрольной и опытных групп

Биохимические показатели сыворотки крови характеризуют адаптационные возможности организма [12]. Вводимая добавка способствовала изменению углеводного обмена, в частности снижению уровня глюкозы (ниже контроля в I и II группах на 12,91% и 8,31% соответственно). В результате активного роста в организме может наблюдаться снижение уровня глюкозы в крови, которая расходуется на метаболические и ферментативные процессы. Также при такой динамике исключается поражение эндокринной системы, стресс [6].

Общий белок зафиксирован ниже контроля во всех группах, получавших наноккомпозит железа (на 50,22%, 44,5%, 35,75% соответственно). Альбумин был в пределах нормы, превышение контроля в I и III опытных группах на 58,2% и 32,59%. Повышение концентрации альбуминов в сыворотке крови указывает как на активный синтез белков в организме, так и на нормализацию или усиление функциональной активности печени [12].

При биохимическом анализе сыворотки крови цыплят-бройлеров отмечалось усиление активности ферментов аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы. Эти показатели были выше контроля во всех опытных группах (АЛТ на 19,97%, 35,04%, 14,76%, АСТ на 77,77%, 34,91%,

77,32% соответственно). Благодаря усилению белоксинтезирующей функции печени, в организме опытных цыплят-бройлеров происходило изменение активности трансаминаз [11].

Снижение билирубина свидетельствует о нормальном билирубиновом обмене, что наблюдалось во всех группах, получавших в качестве кормовой добавки нанокompозит железа (на 46,39%, 43,98%, 39,39%) [3].

Холестерин и триглицериды во всех опытных группах были в пределах нормы, отклонение от контрольной группы незначительное, лишь в I группе заметно было снижение холестерина на 34,96%. Холестерин является важным компонентом клеточных мембран, может варьировать в зависимости от типа корма, генетики, возраста и общего состояния здоровья птицы. Концентрации холестерина и триглицеридов в сыворотке крови могут служить важными индикаторами липидного обмена у цыплят-бройлеров и их общего метаболического состояния. Повышение триглицеридов часто коррелирует с интенсивным ростом, указывая на эффективное использование энергетических ресурсов [7].

Мочевина и креатинин превышали физиологическую норму только в I группе, в этой же группе зафиксировано наибольшее превышение этих показателей относительно контрольной группы на 158,57% и 3,02%. При активном белковом откорме птицы наблюдается повышение уровня мочевины в крови [12]. Мочевая кислота оказалась ниже контроля во всех опытных группах на 36,59%, 41,33%, 45,26%.

Заключение. Применение нанокompозита железа в рационе цыплят-бройлеров демонстрировало положительное влияние на гематологические показатели. Зафиксировано снижение уровня глюкозы, повышение альбуминов, усиление активности ферментов, а также снижение концентрации билирубина. Улучшение этих показателей говорит о позитивном влиянии добавления данного компонента в рацион птиц, что может привести к улучшению их роста, здоровья и продуктивности. Отсутствие патологических нарушений кровообращения также поддерживает вывод о том, что добавка безопасна для применения и может быть полезной для повышения продуктивности птицы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2024-550).

Список литературы

1. Кияева, Е.В. Влияние микроэлементов на продуктивные качества кур-несушек / Е.В. Кияева, О.В. Маршинская, Т.В. Казакова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. - №102. – С. 254-258. DOI: [10.21515/1999-1703-102-254-258](https://doi.org/10.21515/1999-1703-102-254-258).
2. Луговая, И.С. Влияние витаминно-минеральных добавок на здоровье бройлеров / И.С. Луговая, Ю.В. Петрова // Птицеводство. – 2016. - №7. – С. 24-26.

3. Лебедева, Т.И. Влияние ветеринарных препаратов на основе наночастиц микроэлементов на здоровье животных и качество продукции / Т.И. Лебедева, И.А. Красочко, П.А. Красочко // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. - № 2(54). – С. 73-79. DOI: 10.35694/YARCX.2021.54.2.012.
4. Сизова, Е.А. Перспективность использования ультрадисперсной формы металлов в кормлении животных / Е.А. Сизова, К.С. Нечитайло, А.П. Иванищева, Н.И. Рябов // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103. - №3. – С. 177-189. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-177.
5. Цехмистренко, О.С. Использование наночастиц металлов и неметаллов в птицеводстве / О.С. Цехмистренко и др. // Технология производства и переработки продукции животноводства. – 2019. - №2(152). – С. 113-130. DOI: [10.33245/2310-9289-2019-150-2-113-130](https://doi.org/10.33245/2310-9289-2019-150-2-113-130).
6. Лебедев, С.В. Влияние микрочастиц железа и пробиотического препарата Соя-бифидум на рост, развитие и морфобиохимические показатели цыплят-бройлеров / С.В. Лебедев, Е.П. Мирошникова, В.В. Гречкина, Д.М. Муслимова, М.Я. Курилкина // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т.102. - №4. – С. 227-237. DOI: [10.33284/2658-3135-102-4-227](https://doi.org/10.33284/2658-3135-102-4-227).
7. Яушева, Е.В. Оценка влияния наночастиц железа, меди и железа-кобальта на биохимические показатели крови лабораторных животных / Е.В. Яушева, С.А. Мирошников, О.В. Кван // Микроэлементы в медицине. – 2013. – Т.14. - №2. – С. 41-43.
8. Сизова, Е.А. Сравнительная характеристика биологических эффектов разноразмерных наночастиц меди и железа / Е.А. Сизова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. - №3. – С. 13-17.
9. Julmar, C.F. Iron requirements of broiler chickens as affected by supplemental phytase / C.F. Julmar, L.V. Sergio, M.H. Raquel, E.A. Walter, T. Giovane // J Anim Sci. 2023 Jan 3;101:skad265. DOI: 10.1093/jas/skad265.
10. Нечитайло, К.С. Влияние ферментной добавки в сочетании с цинком в ультрадисперсной форме на продуктивные показатели цыплят-бройлеров / К.С. Нечитайло, Е.А. Сизова, К.В. Рязанцева, О.В. Кван // Международный вестник ветеринарии. – 2023. - №4. – С. 197-205. DOI: [10.52419/issn2072-2419.2023.4.197](https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.4.197).
11. Kwiecień, M. Effects of iron-glycine chelate on growth, carcass characteristic, liver mineral concentrations and haematological and biochemical blood parameters in broilers / M. Kwiecień, W. Samolińska, B. Wujanowicz-Haraś // J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2015 Dec;99(6):1184-96. DOI:10.1111/jpn.12322.
12. Нечитайло, К.С. Влияние фитобиотического экстракта в сочетании с ферментной добавкой и ультрадисперсными частицами цинка на морфобиохимические показатели цыплят-бройлеров / К.С. Нечитайло, Е.А. Сизова, В.С. Полякова, А.С. Мустафина, И.В. Маркова // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106. - №4. – С. 121-134. DOI: 10.33284/2658-3135-106-4-121.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СТОЙКОЙ К СЕРОВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИМ СРЕДАМ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

**Клименко И.С., Бочкарева И.А., канд. техн. наук, доцент,
Клименко А.С.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

1. Система требований контроля качества изготовления запорно-регулирующей арматуры.

1.1. В настоящее время требования к сертификации (ИНТИ[1]) на изготовление запорно-регулирующей арматуры не регламентируется на законодательном уровне. Ранее в законе был прописан свод требований для технической оценки, сейчас же данные требования не действительны (отменены).

Существующая система фактически нуждается в научно-исследовательских организациях для разработки нормативной базы, фундаментальных требований в части построения технологии процесса производства и сертификации запорной арматуры. В периметре компаний рассматриваемый нами вопрос пытаются решать созданием Типовых технических требований (ТТТ) но этот процесс трудоемок и не решает проблему качества запорной арматуры.

1.2. Особенно остро стоит проблематика с выбором поставщика арматуры. В Российской Федерации просматривается дефицит поставщиков материалов для сероводородсодержащих сред. Достаточно мало производителей, изготавливающих ЗРА и их комплектующих, удовлетворяющих актуальным требованиям к материалам стойких H₂S.

Заводы-изготовители выходят на рынок, не учитывая риски при дальнейшей эксплуатации этого оборудования.

При процессе закупки запорного оборудования, недобросовестные участники, не отдающие отчет об объемах работ для обеспечения надежности оборудования (в том числе использование сероводородостойких сталей, наличие термической обработки, объем нормативного контроля) становятся победителями закупок на поставку. При изготовлении оборудования характеристики, которые обеспечивают стойкость к сероводороду, указываются только в паспортах на оборудование. При ВК проверить соответствие указанных в паспорте характеристик и фактическое исполнение оборудования в полном объеме не представляется возможным.

Потребитель-заказчик остается в условиях, когда поставщик, не имея сертификации со стороны аккредитованных организаций, может выходить на рынок с ТУ, не обязательно разработанным специализированной организацией. ТУ может формироваться на базе этих же производителей, с учётом технологических возможностей производства, а не потребности отрасли.

2. Причины преждевременного выхода из строя запорной арматуры

Все вышерассмотренные недостатки приводят к проблемам в процессе производства, что в свою очередь, при эксплуатации оборудования, ускоряет процесс преждевременного выхода из строя запорно-регулирующей арматуры.

На основании исследований были выявлены основные причины выхода из строя запорной арматуры, которые являются последствиями недостатков современной системы изготовления и сертификации ЗРА. К основным причинам можно отнести:

- нарушение технологии выплавки;
- отсутствие термической обработки.

2.1. **Нарушение технологии выплавки**, приводящее к образованию пор в материале корпусов. На корпусах всех исследованных арматур, изготовленных методом литья, выявлены поры. Производство корпусов задвижек методом литья не позволяет полностью избежать образования пор, вследствие различий в скоростях охлаждения, обусловленных сложной формой корпусов задвижек, переменной толщиной стенок. Наибольшую опасность представляют поры, сообщающиеся с внутренней поверхностью запорной арматуры, а также скопление, цепочки пор, образовавшихся по всей толщине стенки корпуса запорной арматуры.

Шаровой кран DN 200 PN 6,3 Мпа «Пензтяжпромарматура»

На исследование был направлен кран шаровой DN 200 PN 6,3 Мпа «Пензтяжпромарматура» с разрушением сварного шва углового соединения между горизонтальным штуцером и угольником точёным дренажной трубы.

Для определения характера разрушения сварного шва в угловом соединении между угольником и горизонтальным штуцером данное соединение было разрезано. Вся поверхность исследованных участков изломов по трещине имеет хрупкое строение и покрыта отложениями продуктов коррозии буро-коричневого. На поверхности излома по хрупкой трещине в теле сварного шва при микроспектральном исследовании в отложениях продуктов коррозии обнаружены соединения, содержащие наряду с кислородом некоторое количество серы. Наличие в составе отложений продуктов коррозии соединений серы свидетельствует, что поверхность трещины контактировала с перекачиваемой по трубопроводу средой, содержащей сероводород.

В паспорте на шаровой кран указывается, что рабочей средой является нефтяной газ с содержанием H_2S до 6% и температурой минус 60С до плюс 100С. Также корпус и фланцы данного крана изготовлены из стали марки 09Г2С, а для сварочного наплавочного материала, в т.ч. трубы дренажной, использовать 08Г2С, а качество сварки должно соответствовать СТ ЦКБА 025-2008 [2].

Испытания на стойкость к сульфидному коррозионному растрескиванию проводили стандартной среде типа А (5% NaCl, 0,5% CH_3COOH , 2300-3000 мг/л H_2S , $pH_2S=1$ атм), по методу А NACE TM 0177. Образец, помещенный в ячейку с сероводородсодержащей средой, нагружается до заданного уровня напряжений. Как правило, напряжения в образце при испытаниях существенно

ниже предела текучести металла. Под воздействием водорода, насыщающего сталь в модельной среде, металл охрупчивается и может растрескаться. При испытаниях принято считать, что если образец выдержал приложенную нагрузку в течение месяца (720 часов), то он прошел испытания, если разрушился ранее – не прошел.

Коррозионные испытания методом А NACE TM0177: из корпуса крана шарового и из воротниковой и конусной части фланца были вырезаны по три образца цилиндрических образца на растяжение. Все три образца, вырезанные из корпуса крана шарового, хрупко разрушились после 288 часов испытаний (Рисунок 1,2).

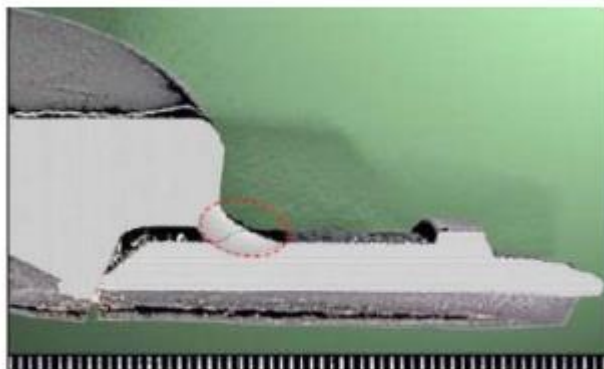


Рисунок 1 – Сквозная трещина в сварном шве, сечение вдоль оси штуцера

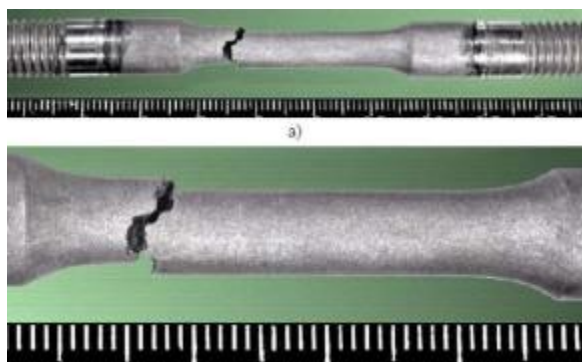


Рисунок 2 – Образец, вырезанный из корпуса крана, после испытаний на стойкость по методу А NACE TM 0177

Один образец из трёх, вырезанных из конусной части фланца крана шарового, также хрупко разрушился на несколько частей после 144 часов. Два образца, вырезанных и конусной части фланца, и все три образца, вырезанные из воротниковой части (41 мм) фланца, выдержали приложенную нагрузку в течении принятого времени (720 часов) без разрушения.

По результатам испытаний можно сделать вывод, что материал корпуса крана шарового и фланца обладает склонностью к сульфидно-коррозионному растрескиванию под напряжением и не предназначен для эксплуатации в среде с повышенным содержанием сероводорода.

Образование сквозной хрупкой трещины в теле углового сварного шва между точёным угольником и горизонтальным штуцером дренажной трубы произошло вследствие сочетания следующих основных факторов:

а) сварной шов выполнен в один слой, что не отвечает указаниям СТ ЦКБА 025-2008 п. 11.1.11 к сварке угловых швов, согласно которым таких слоёв должно быть не менее чем два;

б) в корне углового сварного шва имеется несплавление, послужившее очагом для зарождения хрупкой трещины;

в) материал тела сварного шва, имеющего мартенситную структуру с высоким уровнем твёрдости (300 HV) при эксплуатации в среде с повышенным содержанием сероводорода склонен к хрупкому разрушению по механизму СКРН.

2.2. Отсутствие термической обработки корпусов.

Для начала стоит отметить, что в современных реалиях изготовление ЗРА имеет большое количество ограничений производственных мощностей у отечественных производителей, в связи с чем, альтернативным способом производства запорной арматуры, является закупка у иностранных поставщиков комплектующих и сборка изделия, что идет в ущерб качеству готового изделия.

При этом возникают вопросы как осуществлять контроль производства, если составные части (корпус, крышка, шпиндель и т.д.) поставляются от других поставщиков на площадку сборки (в т.ч. импортное литьё), какими стандартами руководствуются при изготовлении запорной арматуры, стойкой к сероводородсодержащей среде? Даже в условиях производства оборудования в нашей стране сложно руководствоваться требованиями к изготовлению и контролю, не дающих полноту информации.

Согласно «Плана проверок и инспекций (плана контроля качества изготовления) для типовой ППИ запорно-регулирующей арматуры для сред, содержащих сероводород до 6%» в объем работ входного контроля комплектующих и материалов не входит информация о термообработке, а точнее сведения о проведении контрольной процедуры проверки соответствия фактической термообработки и заявленной методом реплики микроструктуры. В сопроводительных документах данная информация отсутствует.

Как следствие, инспекционные проверки не могут обеспечить 100% контроль соответствия заявленной в документации и фактически проведенной термической обработки.

ЗАДВИЖКА DN 100 PN 10 Мпа «Инженерные технологии»

Задвижка клиновая DN 100 PN 10,0 заводской номер, поступила после выявления пропуска между крышкой и корпусом. После разборки задвижки было выявлено, что уплотнительное кольцо между корпусом и крышкой деформировано в результате перекоса, или несоответствия размеров соединения. Это привело к тому, что при сборке задвижки для обеспечения герметичности пришлось превысить усилие для затяжки шпилек. Превышение усилия затяжки привело к тому, что локально, в материале корпуса и крышки, произошло образование существенных напряжений. Образовавшийся деформированный слой имеет большую склонность к коррозионным процессам. Вся внутренняя поверхность корпуса, крышки, поверхность клина подверглась

интенсивным коррозионным процессам в виде язвенного поражения (Рисунок 3). Язвы размерами до 20 мм в поперечнике покрыты слоем отложений. Язвенное коррозионное поражение похоже на результат деятельности бактерий.

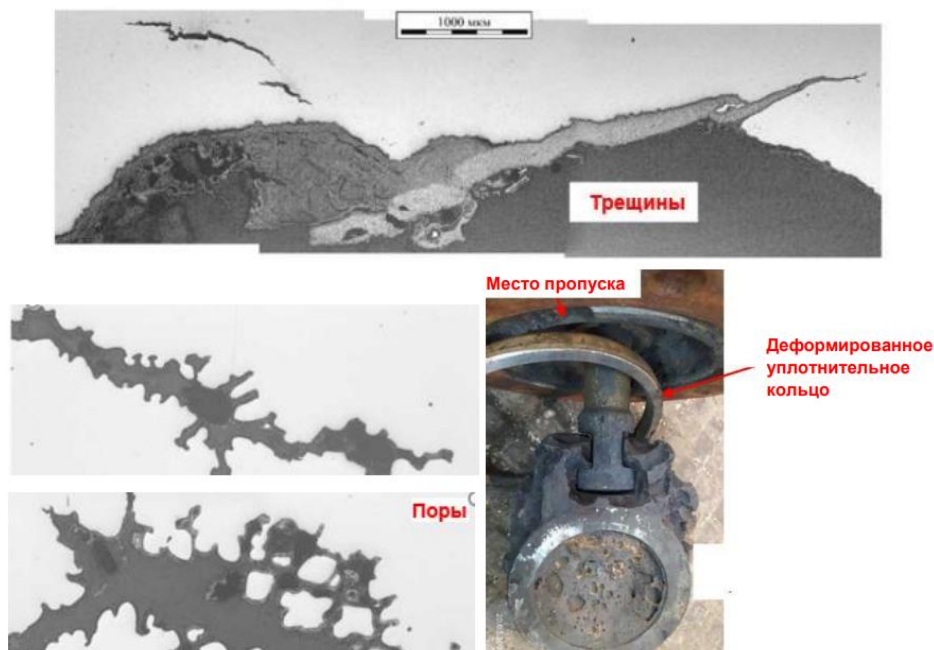


Рисунок 3 – Дефекты задвижки клиновой DN 100 PN 10 Мпа

Кроме того, было проведено исследование корпуса запорной арматуры. Выявлена неоднородность микроструктуры по сечению корпуса и представлена разнородными зернами феррита и зернами с феррито-карбидной смесью. Феррито-карбидные зерна имеют различную по размеру и форме неравновесную форму. То есть термической обработки, прописанной в НТД, перегрева выше критической температуры A_{c3} в аустенитную область, которое должно привести к перекристаллизации (полиморфному превращению), выравниванию и стабилизации структуры, не было. Проведение нормализации позволяет получить равноосную феррито-перлитную микроструктуру.

Таким образом, можно сказать, что заявленная термообработка в паспорте не соответствует фактически выполненной. При проведении лабораторной термической обработки образца корпуса согласно паспортному режиму, как и ожидалось, микроструктура корпуса оказалась представлена равноосной ферритно-перлитной структурой.

ГОСТ Р 59851 (СТ ЦКБА 052) «Арматура трубопроводная. Требования к материалам арматуры, применяемой для сероводородсодержащих сред» не диктует режим термообработки на все допускаемые марки стали, ссылаясь на «режим завода изготовителя». Испытания на коррозионную стойкость характеризуют применимость к средам с сероводородом, протоколы данных испытания при инспекционных проверках не регламентированы. Как следствие, увязать все это в одну историю не представляется возможным.

Мы видим систематические отклонение по фактическому состоянию запорной арматуры от паспортных данных. Для исключения подобных ситуаций необходимо, как уже было сказано выше, переработать структуру проведения

инспекционного контроля, учитывая факторы преждевременных отказов запорной арматуры, стойкой к сероводородсодержащей среде.

3. Пути решения причин преждевременного выхода из строя оборудования.

3.1. Развитие отечественного производственного потенциала.

На сегодняшний день охватить инспекционным контролем литейные площадки импортных поставщиков составных частей невозможно (на существующих мощностях), аудит площадок также не проводится, выставить требования по предоставлению арбитражных (контрольных) образцов, сопровождающих литье, также является сложным и требует создания дополнительной системы организации процесса. Дополнительно обсуждали процесс закупки корпуса арматуры, с последующей термической обработкой на площадках производителя. В данном случае, сталкиваемся с проблемой отсутствия у всех поставщиков необходимого печного оборудования, и, как следствие, увеличение производственных потерь по перемещению и излишней обработке.

Одним из эффективнейшим вариантом решения причин преждевременного выхода из строя является производство ЗА с применением современных методов литья:

- уход от «литья в землю» на альтернативные методы, позволяющие минимизировать дефекты литья;

- литье по выплавляемым моделям.

3.2. Применение инновационных методов контроля при изготовлении ЗА

Другими вариантами решения причин преждевременного выхода из строя является- рассмотрение применения новых подходов в рамках нормативно технических требований:

- на арматуру в сероводородостойком исполнении предусмотреть 100% инспекционное сопровождение;

- включить в обязанности производителя выполнять входной контроль поступающих деталей для сборки готовых изделий: проводить контроль соответствия термической обработки поступающих деталей для сборки конечной продукции - *методика реплики микроструктуры (ISO)*.

Список литературы

1. СТО ИНТИ S.20.5 – 2022 – Арматура трубопроводная;
2. СТ ЦКБА 052-2008, Арматура трубопроводная, требования к материалам арматуры, применяемой для сероводородсодержащих сред.

БЕЗАЛКОГОЛЬНЫЕ НАПИТКИ НА ОСНОВЕ МЕДА

**Крахмалева Т.М., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Важнейшей составляющей пищевого рациона любого потребителя являются напитки. Ассортимент безалкогольных напитков, выпускаемых в настоящее время пищевой промышленностью, постепенно расширяется, но в общем объеме наиболее востребованы и преобладают обычные газированные напитки, приготавливаемые на основе эссенций различного происхождения (натуральных, идентичных натуральным, синтетических), подсластителей (природных, синтетических, смешанных) с внесением вкусоароматических добавок, красителей (натуральных (растительных и животных), синтетических органических, неорганических) и других компонентов [1].

К сожалению некоторые рецепты полезных и популярных в прошлом традиционных безалкогольных и слабоалкогольных напитков оказались незаслуженно забытыми или даже утраченными. В этой связи можно выделить такие исконно русские напитки, как морсы, квасы, медовухи, а также сбитни простые и с пряностями.

Мед – это сладкий, вязкий продукт, вырабатываемый пчелами и родственными насекомыми. В состав меда входит множество биологически активных веществ. Углеводы - в основном представлены глюкозой и фруктозой, они легко усваиваются организмом человека и являются энергетическим материалом [2]. Ферменты - являются катализаторами для осуществления биохимических процессов в организме человека. Минеральные вещества – например, калий, кобальт, никель, серебро, молибден, свинец, титан, выполняющие очень важные физиологические функции. Витамины - тиамин, рибофлавин, никотиновая кислота, пантотеновая кислота, пиридоксин, аскорбиновая кислота, токоферол, филлохинон, каротин; массовая доля их в меде очень мала, но в присутствии других компонентов действие витаминов в меде усиливается. Органические кислоты - яблочная, муравьиная, уксусная, молочная, янтарная, щавелевая, лимонная, винная; каждая из выполняет свою задачу [2]. Фитонциды - обладают свойством замедлять рост и развитие микроорганизмов. Фенольные соединения - лейкоантоцианы, антоцианы, катехины и флавонолы; они способны повышать прочность и эластичность стенок кровеносных сосудов и способствуют активизации аскорбиновой кислоты.

На основе меда можно изготавливать разнообразные напитки, например, медовуху, сбитень.

Медовуха - это слабоалкогольный напиток с содержанием этанола 1,0-9,0 % об. Медовуху изготавливают сбраживанием в присутствии дрожжей

раствора меда. Доля меда составляет не менее 10 %. Чем выше доля меда, тем большее количество этилового спирта образуется. При изготовлении некоторых видов медовухи используют травы и пряности (корица, имбирь, душица, кориандр, кардамон, гвоздика и т.д.).

Сбитень - это горячий напиток, сваренный из меда, пряностей и трав. С самого начала сбитень готовили на меду с душистыми травами. В него добавляли зверобой, шалфей, мяту, чабрец, душицу. С развитием торговли и повышением доступности привозных специй стали использовать корицу, гвоздику, мускатный орех, кардамон и прочие пряности. Кроме трав добавляли и различные ягоды.

Технология приготовления сбитней - это двухэтапный процесс. На первом этапе изготавливается концентрированная основа безалкогольного напитка сбитень. Этот этап технологического процесса включает в себя температурную обработку меда, приготовление спиртованных настоев пряностей и трав, купажирование компонентов. В ходе второго этапа разбавляют концентрированную основу горячей водой, охлаждают, обеспложивают фильтрованием и отправляют на розлив.

Мед или купаж медов подвергают нагреву до температуры 60 °С при тщательном перемешивании в течение 30-40 минут до получения вязкой однородной жидкости с массовой долей сухих веществ 65-68 %. Проводят это с целью разжижения сырья и максимального сохранения биологически активных веществ.

Настои получают обработкой сушеного растительного сырья (пряностей или душистых трав) водноспиртовым раствором в два этапа. На процесс изготовления настоев влияют различные параметры: соотношение смешиваемых компонентов, концентрация водноспиртового раствора, степень измельчения растительного сырья, температура проведения процесса экстракции [3].

Выход спиртованных настоев в значительной степени зависит от соотношения взятых количеств сырья и водноспиртового раствора. Для обеспечения участия всей массы сырья в процессе настаивания необходимо брать, как минимум, такое количество водноспиртового раствора, которое бы полностью покрывало сырье. Поэтому при первом настаивании пряностей водноспиртовой раствор подается в соотношении 1:1, а при втором настаивании – 1:0,8. При получении травяного настоя количества трав и водноспиртового раствора берутся в соотношении 1:1 при первом настаивании, 1:0,75 – при втором настаивании.

Большое значение имеет крепость водноспиртового раствора. Она зависит от природы извлекаемых веществ из сырья, присутствие которых обеспечивает аромат настоев. При получении настоев из эфирно-масличного сырья, основным компонентом которого является эфирное масло, крепость водноспиртового раствора выше, чем при получении настоев из сырья, в котором преобладают дубильные вещества, алкалоиды. Так, гвоздику, корицу, кардамон и другие виды сырья с высоким содержанием эфирного масла

настаивают на водноспиртовых растворах крепостью 70 % об. Сырье с преобладанием дубильных веществ заливают водноспиртовым раствором крепостью 50 % об. Сушеное плодоваягодное сырье, например шиповник, содержащее сахар, органические кислоты, пектиновые и другие экстрактивные вещества, настаивают, используя водноспиртовые растворы крепостью 40-50 % об. Увеличение крепости водноспиртовых растворов выше оптимальных значений нежелательно, так как сопровождается увеличением потерь спирта в производстве и извлечением из сырья нежелательных компонентов эфирного масла, которые ухудшают органолептические характеристики готового продукта.

На выход настоев положительно влияет высокая степень раздробленности сырья. Однако избыточное измельчение сырья ухудшает ход течения технологического процесса, т.к. сырье слеживается, что снижает количество извлеченных экстрактивных веществ, а так же получаемый настой становится мутным. Корни и кору дробят до максимального размера не более 0,5-2 см, траву - 2-10 см. Орехи измельчают на кусочки объемом 0,5-1 см³, а семена растений расплющивают.

Так же на процесс экстракции влияет температура. Оптимальной для проведения процесса экстракции считается температура 18-25⁰С. Настаивание сырья при более высоких температурах позволяет увеличить количество извлекаемого из сырья эфирного масла, но при этом снижается качество получаемых настоев, так как ухудшаются органолептические характеристики.

На этапе купажирования происходит смешивание меда прошедшего термообработку и спиртованных настоев пряностей и трав. Настой дозируется в подготовленный мед при постоянном перемешивании в соотношении 1:200. Концентрированная основа разливается в горячем виде в стеклобутылки емкостью 0,25 дм³ и укупоривается кронен-пробкой.

При осуществлении второго этапа полученный концентрат разбавляется водой [4]. Используется исправленная вода, которая смешивается с концентрированной основой в соотношении 9:1. Готовый сбитень, охлаждается до температуры 20⁰С. Во избежание потери биологически активных веществ технология приготовления сбитней не предполагает этап стерилизации. Поэтому существует вероятность возникновения микробиологической порчи напитка при хранении, так как в состав напитка входят вещества, способствующие развитию нежелательной микрофлоры. Поэтому проводится стерильное (обесплывающее) фильтрование.

Розлив сбитней может производиться в стеклобутылки номинальной емкостью 0,5 дм³, приспособленные под укупорку кронен-пробкой.

Список литературы

1. Крахмалева, Т. М. Пищевые и биологически активные добавки [Электронный ресурс]: учебное пособие для обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания / Т. М. Крахмалева, Э. Ш.

Манеева, В. П. Попов. - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2022. - 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). - Загл. с этикетки диска. - Систем. требования: Intel Core или аналогич.; Microsoft Windows 7 ; 512 Мб ; доп. прогр. инструменты: Adobe Acrobat Reader XI.. - № гос. регистрации 0322202616.

2. Крахмалева, Т. М. Пищевая химия [Текст] : учеб. пособие / Т. М. Крахмалева, Э. Ш. Манеева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: Университет, 2012. - 155 с.

3. Исследование процесса извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья [Электронный ресурс] / Халитова Э. Ш. [и др.] // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 4-6 февр. 2015 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбургский. гос. ун-т". - Электрон. дан.- Оренбург, 2015. - . - С. 1021-1025. . - 5 с.

4. Манеева, Э. Ш. Биотехнологическо-микробиологические основы производства продуктов питания [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 19.04.04 Технология продукции и организация общественного питания: в 2 ч. / Э. Ш. Манеева, Т. М. Крахмалева, Х. Б. Дусаева; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Ч. 1. - Оренбург : ОГУ, 2024. - ISBN 978-5-7410-3221-3. - 170 с- Загл. с тит. экрана.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ СТАЛИ В РАБОЧИХ КАМЕРАХ ТЕПЛО АГРЕГАТОВ

Мананников А.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Аннотация. Эксплуатационная надежность, долговечность рабочих камер тепло агрегатов (камер сгорания, печей, котлов) напрямую зависят от термостойкости сталей. В статье представлен комплексный анализ этого влияния, рассматривающий такие аспекты, как окалин стойкость и жаростойкость. Рассмотрены основные механизмы деградации материалов камер в условиях высоких температур (750–1200 °С): интенсивное окалин образование, термическая усталость, ползучесть и взаимодействие с агрессивными компонентами технологической среды. Проведенные исследования показали, что главным фактором, лимитирующим продолжительность межремонтного цикла камеры, является не столько прочность, сколько окалин стойкость применяемой стали. В рамках работы был проведен сравнительный анализ сталей перлитного, мартенситного и аустенитного классов (15X5M, 12X18H10T, AISI 310S) с целью определения наиболее подходящих материалов для различных температурных зон. В результате установлено, что для повышения ресурса камеры необходимо: выбирать сталь, чья стойкость к окислению соответствует рабочей температуре конкретной зоны; использовать внутренние защитные покрытия (напыляемые или обмазочные); а также оптимизировать тепловой режим с целью снижения разрушающих термоциклических напряжений. Анализ показал, что выбор материала для камеры должен осуществляться по комплексному критерию, который учитывает температуру, химический состав среды, тип термонагружения (стационарное, циклическое), а также экономическая эффективность. Установлена необходимость применения комплексного подхода к выбору материала камеры, включающего оценку температурного режима, химической агрессивности среды, характера теплового воздействия (постоянное или переменное) и экономической обоснованности.

Ключевые слова: термостойкость, жаростойкость, окалин образование, рабочая камера, тепло агрегат, жаропрочная сталь, термическая усталость, ресурс.

Рабочие камеры (камеры сгорания, зоны нагрева, топки) являются ключевыми элементами большинства промышленных тепло агрегатов, определяющими их эффективность и безопасность. Эти конструкции работают в экстремальных условиях: под воздействием высоких температур, значительных тепловых потоков, циклических изменений температуры (терм ударов) и часто — агрессивных газовых сред (продукты сгорания, пиролизные газы). Основным материалом для их изготовления служат стали различного

легирования. Способность стального элемента камеры сохранять работоспособность в таких условиях, определяемая комплексом свойств под общим термином «термостойкость», напрямую влияет на продолжительность безостановочной кампании агрегата, частоту ремонтов и на экономику производства. Целью работы является анализ взаимосвязи между уровнем термостойкости стали и эксплуатационными характеристиками рабочей камеры, а также формирование принципов выбора материалов для данных применений.

В решении задач повышения эффективности работы термического оборудования, в частности печей и печей – ванн, важную роль отводят теплогенерирующим узлам. В электрических нагревательных устройствах: нагреватели открытого типа или расположенные в закрытых радиационных трубах.

Наиболее критичным для тонкостенных элементов камер, непосредственно контактирующих с печной средой, является жаростойкость. Утонение стенки из-за потери металла на окалину ведет к снижению прочности, локальным перегревам и, в конечном счете, к прогарам.[1]

Основные механизмы разрушения основываются на сквозном калин образование (при температурах выше 750 °С на углеродистых и низколегированных сталях скорость окисления становится неприемлемо высокой, слой окалины, состоящий из FeO, Fe₃O₄, Fe₂O₃, не обладает защитными свойствами и легко отслаивается при терм циклах, обнажая свежий металл); термическая усталость (циклы «разогрев-остановка» или колебания температуры в рабочем режиме вызывают циклические термические напряжения, в сочетании с окалиной (хрупкий слой с другим ТКР) это приводит к образованию сетки трещин, которые становятся очагами ускоренной коррозии и сквозного разрушения; взаимодействие с агрессивной средой (помимо кислорода, в газовой среде могут присутствовать соединения серы, ванадия, хлора, что приводит к сульфидной, ванадиевой или хлоридной коррозии, протекающей интенсивнее, чем простое окисление).[2]

Стойкость материала камеры повышается за счет легирования элементами, формирующими плотные и адгезионно-прочные оксидные пленки (Cr, Al, Si).

1) Стали перлитного класса (12ХМ, 15Х5М): Применимы для температур до 600–650 °С (зоны умеренного нагрева, элементы обвязки). Основной легирующий элемент — хром (до 5–6%). При превышении температурного предела окисление резко ускоряется.

2) Стали аустенитного класса (12Х18Н10Т, AISI 310S): Основной материал для высокотемпературных зон (900–1100 °С). Высокое содержание хрома (18–25%) и никеля обеспечивает образование плотного слоя Cr₂O₃, стойкого к окислению. Сталь AISI 310S (25Cr-20Ni) является одним из эталонов по окалин стойкости.

Несоответствие марки стали рабочей температуре приводит к катастрофически быстрому утонению стенки камеры и аварийным остановкам.[3]

Для увеличения долговечности камер используется: **оптимизация выбора материалов** (разные марки стали подбираются для различных температурных зон камеры — наиболее жаропрочные и дорогие сплавы устанавливаются в участках с максимальной температурой); **нанесение защитных покрытий (диффузионные покрытия** (алитирование, хромирование), которые формируют на поверхности слой, обогащённый алюминием или хромом, значительно повышая стойкость к окалинообразованию); **наплавочные покрытия** из жаропрочных сплавов на основе никеля, хрома или кобальта; **огнеупорные барьерные слои** (обмазки или напыления на основе корунда, циркония), изолирующие основной материал от воздействия высоких температур; **конструктивные и технологические решения** (совершенствование конструкции горелок для обеспечения равномерного температурного поля, исключение локальных перегревов, а также монтаж защитных экранов). [6].

Жаростойкие стали для изготовления литых деталей, работающих в агрессивных средах при температурах до 1300 °С, должны иметь не только высокие эксплуатационные характеристики (окалиноустойчивость, термостойкость и рост устойчивости), но и удовлетворительные технологические свойства.

Также важным является выбор материала тепло агрегатов основанный на анализе максимальной и рабочей температуры стенки, химического состава газовой среды (содержание O_2 , S, V, Cl, CO/H_2), режима работы (стационарный, циклический, частота остановов), ресурса до первого капитального ремонта и баланса стоимости стали и затрат на ремонт.

Для ответственных камер с температурой выше 1000 °С и циклическим режимом предпочтение следует отдавать высокохромистым аустенитным сталям или материалам с нанесёнными защитными покрытиями.[8]

Термостойкость стали является определяющим фактором надёжности и долговечности рабочих камер тепло агрегатов. Основной механизм отказа — прогрессирующее окалинообразование, ведущее к утонению стенки и термическому усталостному разрушению. Эксплуатация стали за пределом её температурного диапазона жаростойкости экономически нецелесообразна и опасна. Для повышения ресурса применяется комплексный подход: корректный подбор марок стали под условия конкретных зон, использование защитных покрытий (алитирование, напыление) и оптимизация тепловых режимов для снижения термоциклических напряжений.

Таким образом, целенаправленный выбор и применение термостойких сталей, соответствующих конкретным температурно-атмосферным условиям рабочей камеры, является фундаментальным инженерным решением для создания надёжных, экономичных и долговечных тепло агрегатов. Дальнейшее развитие направлено на создание новых высоколегированных сплавов,

композиционных материалов и нанесение многофункциональных защитных покрытий для эксплуатации в еще более экстремальных условиях.

Список литературы

1. ГОСТ 5632-2014. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
2. Андреев, А.А. Жаростойкие стали и сплавы для энергетического оборудования / А.А. Андреев, Ю.И. Архипов. – М.: Машиностроение, 2018. – 304 с.
3. Геллер, Ю.А. Инструментальные стали / Ю.А. Геллер. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 2015. – С. 445-480 (раздел о жаропрочных сталях).
4. Скороходов, В.Н. Защитные покрытия для жаропрочных сталей в условиях высокотемпературной коррозии / В.Н. Скороходов, А.М. Гладышев // Вестник машиностроения. – 2019. – № 4. – С. 68-73.
5. Лакомский, Е.А. Ресурс рабочих камер нагревательных печей с учетом окалинообразования / Е.А. Лакомский // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2017. – № 2. – С. 88-92.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ И КОРРОЗИЮ МЕТАЛЛОВ

Мананникова О.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Аннотация. В статье рассматривается комплексное воздействие ключевых климатических факторов (влажность, температура, солнечная радиация, атмосферные осадки и загрязнители) на деградацию лакокрасочных покрытий (ЛКП) и подложных металлических конструкций. Проанализированы основные механизмы разрушения: фотоокислительная деструкция полимерной матрицы покрытия под действием УФ-излучения, гидролитические процессы при повышенной влажности, циклические напряжения от перепадов температуры, а также электрохимическая коррозия в местах повреждения покрытия. Особое внимание уделено синергетическому эффекту совместного действия нескольких факторов, который многократно ускоряет процессы старения. На основе анализа делается вывод о необходимости выбора системы защиты (тип покрытия, состав, толщина, количество слоев) в строгом соответствии с конкретными климатическими условиями эксплуатации, что является основополагающим принципом для обеспечения долговечности металлоконструкций в строительстве, транспортной и энергетической отраслях.

Ключевые слова: климатические условия, коррозия металлов, лакокрасочные покрытия, стойкость, деградация, влажность, ультрафиолетовое излучение, атмосферостойкость.

Металлические конструкции, эксплуатируемые на открытом воздухе, подвергаются постоянному воздействию агрессивных факторов окружающей среды. Основным методом их защиты является нанесение лакокрасочных покрытий (ЛКП), которые создают барьерный и ингибирующий слой. Однако со временем защитные свойства покрытий снижаются, что приводит к развитию коррозии подложного металла. Скорость этих процессов в решающей степени определяется климатическими условиями региона эксплуатации. Целью данной статьи является систематизация знаний о влиянии отдельных климатических факторов и их комбинаций на долговечность систем «ЛКП-металл».

Характер коррозионных поражений весьма различен и зависит от условий местности, условий, в которых работают детали внутри конструкции, длительности эксплуатации, качества противокоррозионной защиты, качества ухода за изделиями и др.

Причины возникновения и развития коррозии элементов конструкции многообразны, но важнейшими из них являются:

- скопление конденсационной влаги;

- воздействие коррозионно-агрессивной среды (агрессивных жидкостей туалета, буфета, аккумуляторных батарей и др.).

Скорость развития коррозии элементов конструкции под действием конденсата и агрессивных сред напрямую зависит от времени их пребывания на поверхности, а также от состава вышеуказанных жидкостей.

В соответствии с ГОСТ 9.039-74 [1] коррозионная агрессивность атмосферы характеризуется:

- увлажнением поверхности материалов (продолжительностью общего увлажнения поверхности, продолжительностью увлажнения поверхности фазовой и адсорбционной пленками влаги);

- загрязнением воздуха коррозионно-активными агентами (составом и концентрацией этих агентов).

Высокая относительная влажность воздуха и жидкая влага (дождь, роса, туман) являются ключевыми факторами коррозии.

Для металла вода выступает электролитом, необходимым для протекания электрохимической коррозии. При наличии на поверхности хлоридов или сульфатов (морская атмосфера, промышленные выбросы) коррозионная активность резко возрастает.

Для ЛКП влага вызывает набухание, гидролитическое расщепление связей в полимерной матрице, что снижает адгезию и механическую прочность. Циклы «увлажнение-высыхание» создают значительные механические напряжения на границе «покрытие-металл», способствуя отслаиванию.[4]

Увлажнение поверхности зависит от климатических условий региона и, прежде всего, от влажности и температуры воздуха. Значительно влияют на процесс увлажнения следующие характеристики: солнечная радиация; скорость ветра и др.

Температурно-влажностные параметры атмосферы определяют потенциальную возможность течения коррозионно-электрохимических реакций на металлах. Температура металла зависит от температуры воздуха, состояния неба (облачность, туман, затененность и т.д.) и радиационной способности металла. Последний фактор имеет существенное значение в процессах формирования и исчезновения фазового (или адсорбционного) слоя влаги при радиационном нагреве, охлаждении металла, перепаде температур. Загрязнение воздуха коррозионно-активными агентами. Если климатические параметры атмосферы (главным образом, влажностные характеристики) являются экстенсивными факторами коррозии, определяющими вероятное время взаимодействия поверхности изделия со средой, то фактором интенсивного порядка, является состав и концентрация химических загрязнений в атмосфере, поскольку, загрязнения преимущественно и определяют скорость коррозионного процесса.

Попадая на увлажненный металл и меняя агрессивность пленки влаги, атмосферные загрязнения различного характера (как естественные, так и антропогенные) значительно влияют на интенсивность протекания коррозионных процессов.

Самыми неблагоприятными загрязнениями являются – сернистый газ и хлориды.

С некоторой критической концентрации сернистый газ резко увеличивает скорость коррозии таких металлов, как железо, алюминий, цинк, медь и другие. При постоянной концентрации сернистого газа в атмосфере скорость коррозии металлов возрастает с повышением относительной влажности атмосферы.

Хлористые соли и прежде всего хлористый натрий весьма заметно усиливают коррозию ряда металлов в атмосферных условиях. Основной причиной ускорения коррозии хлористыми солями является образование в присутствии ионов хлора растворимых продуктов коррозии вместо нерастворимых гидроокисей, возникающих под чистой пленкой влаги. Кроме того, ионы хлора препятствуют образованию пассивирующих пленок.

Особенно опасно высокое содержание хлоридов для алюминиевых сплавов. Ионы хлора создают благоприятные условия для возникновения и развития на алюминиевых сплавах (Д16 и В95) таких опасных видов локальной коррозии, как расслаивающая и межкристаллитная коррозия.

К тому же агрессивное действие хлористого натрия в условиях атмосферы следует также связывать с его способностью адсорбировать влагу. Уже при относительной влажности воздуха, равной 70%, хлористый натрий адсорбирует влагу, что сопровождается сильным увеличением скорости коррозии.

В процессе эксплуатации лакокрасочных покрытий теряется их декоративный вид, снижаются физико-механические и защитные свойства, что обусловлено действием внешних и внутренних факторов. Основной причиной старения ЛКП являются химические и физические процессы, происходящие в пленке покрытия под влиянием света, тепла, влаги, кислорода и других факторов.[3]

В комплексе климатических элементов, определяющих разрушение ЛКП, световая энергия играет наиболее важную роль. Действие солнечного света является главным фактором, вызывающим потерю блеска ЛКП и изменение цвета, а также меление на более глубоких стадиях старения.[5]

Световое воздействие в атмосферных условиях всегда сопровождается повышением температуры.

Температура окрашенной поверхности существенно зависит от цвета ЛКП. Например, при температуре окружающего воздуха 20°C температура на поверхности ЛКП белого цвета составляет 43°C, зеленого 49°C, коричневого 56°C, черного 65°C.[2]

В атмосферных условиях повышенной температуры и влажности в ЛКП происходит физико-химические процессы старения полимера, в результате которых образуются газообразные и жидкие продукты деструкции. Повышение температуры ускоряют процесс старения полимера, вызываемый световым облучением. Так, в интервале температур от 35 до 60 °C с повышением температуры на каждые 10° примерно вдвое увеличивается скорость деструкции. Понижение температуры вызывает переход пленкообразователя в

стеклообразное, а затем в хрупкое состояние. Резкие колебания температуры могут приводить к микро- и макрорастрескиванию ЛКП под влиянием внутренних напряжений [6].

Влияние климатических условий на стойкость лакокрасочных покрытий и коррозию металлов носит комплексный и синергетический характер. Проектирование защиты металлоконструкций невозможно без тщательного анализа преобладающих факторов климата конкретного региона. Наибольшую опасность представляют комбинированные воздействия, такие как «УФ-излучение + влага + перепады температур» или «хлориды + влага». Долговечность системы «металл-покрытие» достигается только при системном подходе, включающем правильный выбор материалов на основе данных испытаний в моделируемых и естественных условиях, безупречную подготовку поверхности и соблюдение технологических норм нанесения.

Список литературы

1. ГОСТ 9.039-74. Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозионная агрессивность атмосферы.
2. Михайловский Ю.Н. Атмосферная коррозия металлов и методы их защиты. - М.: Металлургия, 1989.
3. ГОСТ 9.401-2018. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов.
4. ISO 12944-2:2017. Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 2: Classification of environments.
5. Акимов, Г.В. Основы учения о коррозии и защите металлов / Г.В. Акимов. – М.: Металлургиздат, 2011. – 472 с.
6. Федоров, В.А. Атмосферостойкость полимерных материалов и лакокрасочных покрытий / В.А. Федоров, Л.И. Привалова. – СПб.: Наука, 2016. – 320 с.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

**Машков А.В., Манеева Э.Ш., канд. биол. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Метилметакрилат (ММА) является метиловым эфиром метакриловой кислоты. Технические требования, требования безопасности и методы анализа ММА регулируются ГОСТ 20370-74 «Эфир метиловый метакриловой кислоты». По физико-химическим показателям ММА представляет собой бесцветную прозрачную жидкость с характерным эфирным запахом, плотностью 0,942 г/см³, с массовой долей основного вещества не менее 99,8 %. Температура кипения составляет 101 °С, температура самовоспламенения 460 °С, с воздухом образует взрывоопасные смеси. Предельно допустимая концентрация паров ММА в воздухе рабочей зоны составляет 10 мг/м³, по степени воздействия на организм ММА относится к третьему классу опасности веществ [1].

ММА является мономером в производстве полиметилметакрилата (ПММА), представляющим из себя высокотехнологичный полимерный материал, сочетающим в себе высокую прозрачность, атмосферостойкостью, теплостойкостью, хорошие физико-механические и электроизоляционные свойства. Из-за этих характеристик ПММА широко используется для создания прозрачных листов (органического стекла). Также данный полимер применяют со смолами для создания листов пластика, поверхностных покрытий, зубных протезов, контактных линз. ММА применяется также для синтеза различных синтетических смол, латексов и эмульсий.

Поскольку ММА имеет обширное применение в различных сферах, то производство данного вещества постоянно развивается, совершенствуется и имеет различные методы производства данного вещества.

Традиционным способом промышленного производства ММА является ацетонциангидридный метод. В этом методе исходными веществами являются ацетон и синильная кислота. Процесс производства делится на 2 этапа.

Во время первого этапа при конденсации ацетона и синильной кислоты образуется ацетонциангидрин. Реакция проводится при температуре 80 °С. Степень превращения по ацетону составляет 90 %. Полученное вещество гидролизуют с 98 % серной кислотой с образованием сульфата метакриламида под действием катализатора оксида марганца. Реакцию проводят при температуре 140 °С. Во время второго этапа полученное вещество подвергают метанолизу при температуре 80 °С до ММА и гидросульфата аммония. Гидросульфат аммония идет на утилизацию. Выход продукта по ацетону составляет 77 % [2-4].

Недостатками данного процесса является использование опасного цианистого водорода, необходимость регенерации серной кислоты, а также образование большого количества побочного продукта бисульфата аммония

(1,5 т на 1 т ММА), для утилизации которого нужно затратить большое количество энергии. Преимуществом данного способа является доступность сырья. Ацетон получают в качестве побочного продукта при производстве фенола, а синильную кислоту, как побочный продукт при производстве акрилонитрила [2-4].

Следующий способ производства ММА предлагает использование органических веществ C_2-C_4 . Ряд японских компаний успешно применяют производство с использованием изобутилена и трет-бутилового спирта не только в своей стране, но и на заводах в Южной Корее и Таиланде.

Данный метод использует в качестве основного источника сырья нефть. Процесс производства делится на два этапа. Во время первого этапа сначала происходит гидролиз изобутилена в смеси с н-бутеном и бутаном под действием кислотных катализаторов в трет-бутанол. Далее происходит окисление промежуточного продукта до метакролеина в присутствии катализаторов на основе оксидов молибдена и висмута при температуре 420 °С и давлении 0,1-0,3 МПа. Второй этап заключается в окислении метакролеина до метакриловой кислоты, из которой уже в процессе метанолиза получают ММА. Процесс окисления проводят при температуре 300 °С и 0,2-0,3 МПа на оксидах молибдена, фосфора, сурьмы и вольфрама. Степень превращения метакролеина составляет 89 % [5].

Достоинством данного способа являются меньший выход побочных продуктов, которые нужно утилизировать, выход качественного ММА. Недостатками являются умеренное протекание реакции окисления метакролеина до метакриловой кислоты, необходимость точного контроля параметров процесса окисления, трудность в разделении изобутилена из нефтяной фракции, а также зависимость себестоимости продукта от цен на нефть [3-5].

Существует способ производства ММА методом непосредственной окислительной этерификации, который основан на применении пропионового альдегида и формальдегида. На первой стадии проводят химическую реакцию альдегидов для получения метакролеина. В реактор смешивается водный раствор формальдегида с пропионовым альдегидом, добавляют смесь органического основания (диметиламин) и кислотного катализатора (уксусная кислота). Реакция происходит при температуре 160-210 °С и давлении 4-8 МПа. Полученный метакролеин направляется на непосредственную окислительную этерификацию с метанолом, то есть метакролеин одновременно окисляется кислородсодержащей газовой смесью и полученное вещество этерифицируется метанолом.

Недостатками данного способа являются низкий выход продукта, жесткие требования к параметрам процесса, высокие энергозатраты. Достоинствами являются использование более безопасных веществ, чем при ацетонциангидридном и более дешевая утилизация побочных продуктов [4, 6].

Известен альфа-процесс производства ММА, разработанный в Сингапуре. Метод основан на предварительной реакции этилена с оксида углерода и

метанолом с получением метилпропионата. Реакция проводится под действием катализаторов на основе комплекса палладия при температуре 80 °С и давлении 1 МПа с селективностью 99,98 %. Допускается использовать в качестве катализатора комплексы кобальта и никеля, но процесс проводится при более жестких условиях. На следующем этапе проводится конденсация полученного метилпропионата с формальдегидом с получением целевого продукта.

Данный способ производства стоит меньше по капиталовложениям и производит ММА практически без отходов, однако необходима организация производства каждого компонента реакции метокарбонилирования: этилена, оксида углерода и метанола [5, 7].

На сегодняшний день около 85 % всего ММА производится ацетонциангидридным методом. Несмотря на использование опасных веществ и выделение трудноутилизируемого продукта он остается основным из-за того, что исходные вещества можно легко получить в отличие от других методов. Производство из изобутила испытывает трудности с получением исходного вещества и требует точного поддержания параметров процесса, но он более безопасен при производстве и выделяет менее трудоемкие по утилизации вещества. Производство ММА из пропаналя и формальдегида основано на энергозатратных и жестких процессах, однако использует более безопасные компоненты по сравнению с традиционным методом. Организация производства по альфа-процессу является малоотходным, но осложнено необходимостью предварительного производства исходных веществ.

Таким образом, все рассмотренные способы производства ММА имеют свои достоинства и недостатки. Выбор метода зависит от доступности сырья, конкретных задач и требований к процессу. Для совершенствования способов получения ММА требуются разработки новых технологий, которые устранят недостатки существующих методов.

Список литературы

1. ГОСТ 20370-74 Эфир метиловый метакриловой кислоты. Технические условия – Введ. 01-01-76. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 19 с.
2. Кирилин, Г. М. Способ получения метилметакрилата / Г. М. Кирилин, А. Ю. Исаков, А. К. Гиниятуллина, А. О. Исаева // Междисциплинарные исследования. Современное состояние и перспективы развития: материалы XXVIII междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 18 января 2019 г. – Екатеринбург: "ИМПРУВ", 2019. – С. 17-21.
3. Гогин, Л. Л. Способы получения метакриловой кислоты и метакрилатов / Л. Л. Гогин, Е. Г. Жижина, З. П. Пай // Катализ в промышленности. – 2020. – Т. 20, № 5. – С. 374-380.
4. Ошанина, И. В. Альтернативные методы получения продуктов основного органического синтеза / И.В. Ошанина, Л.Г. Брук, О.Н Темкин. – М. МИТХТ, 2002. – 106 с.
5. Nagai K., Ui T. Trends and future of monomer-MMA technologies //Sumitomo Chem. – 2004. – Т. 2. – С. 4-13.

6. Пат. № 2665708 Российская Федерация, МПК С07С 67/44, С07С 69/54, С07С 67/39. Способ получения метилметакрилата / Ш. Криль, Т. Бальдуф, М. Кестнер, М. Гремпинг, А. Лыгин, Р. Бургхардт; заявитель и патентообладатель ЭВОНИК РЕМ ГМБХ. – № 2015149480; заявл. 11.04.2014; опубл. 04.09.2018, Бюл. № 25. – 33 с.

7. Пат. № 2578598 С2 Российская Федерация, МПК С07С 69/24, С07С 67/38, С07С 69/54, С07С 67/30, С07С 4/04, С07С 11/04. Способ получения метилпропионата и метилметакрилата / В.И. Савченко, В.С. Арутюнов, А.В. Никитин, Р.Н. Магомедов, И.В. Седов, И.Г. Фокин; заявитель и патентообладатель Институт проблем химической физики Российской Академии наук (ИПХФ РАН). – № 2014121529/04; заявл. 28.05.2014; опубл. 27.03.2016, Бюл. № 9. – 10 с.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ДОБАВКИ В КОРМЛЕНИИ КАРПА

Мингазова М.С., канд. биол. наук,
Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор,
Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент,
Аринжанов А.Е., канд. с.-х. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Одна из самых быстрорастущих отраслей сельского хозяйства – это аквакультура. Тем не менее, она сталкивается с рядом проблем, среди которых актуальной является качественное кормление выращиваемых рыб. В связи с активным импортозамещением роль российских кормов возросла и предполагает полное замещение зарубежных кормов. Для прироста гидробионтов необходимы высококачественные компоненты, витамины и минералы, также они должны быть биодоступны для организма и хорошо сочетаться между собой [1, 2].

Повысить питательность и качество кормов можно за счет дополнительного включения биологически активных добавок. Кормовые препараты способствуют улучшению эффективности кормления, повышают прирост и выживаемость, снижают риск заболеваний. Наиболее популярными добавками пробиотики, которые используют на протяжении длительного времени в рационах сельскохозяйственных животных и рыб. Они показали свою эффективность как альтернатива антибиотикам. Кроме того, пробиотики положительно действуют на микробиоту, пищеварительную систему и иммунитет, что улучшает рост и развитие рыб [3].

Некоторые добавки, например, ультрадисперсные частицы (УДЧ), помогают выводить токсины из организма, что повышает их биологическое значение в питании рыб [4]. Другими новыми препаратами в питании рыб являются вещества ингибиторы кворум сенсинга, к которым относится ванилин – ароматическое вещество, имеющее потенциал в современном кормопроизводстве. Он влияет на экспрессию генов у патогенных микроорганизмов и способен в перспективе заменить антибиотики, при этом не приводя к антибиотикорезистентности [5].

Цель исследования. Исследовать влияние биологических кормовых добавок – ванилина, УДЧ диоксида кремния (УДЧ SiO₂), пробиотика и микроэлементов (Zn, I, Cr, Co) – на элементный профиль карпа.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнены на базе ОГУ. Схема эксперимента представлена на рисунке 1. Расчет кормов проводили после взвешивания подопытных рыб, еженедельно.

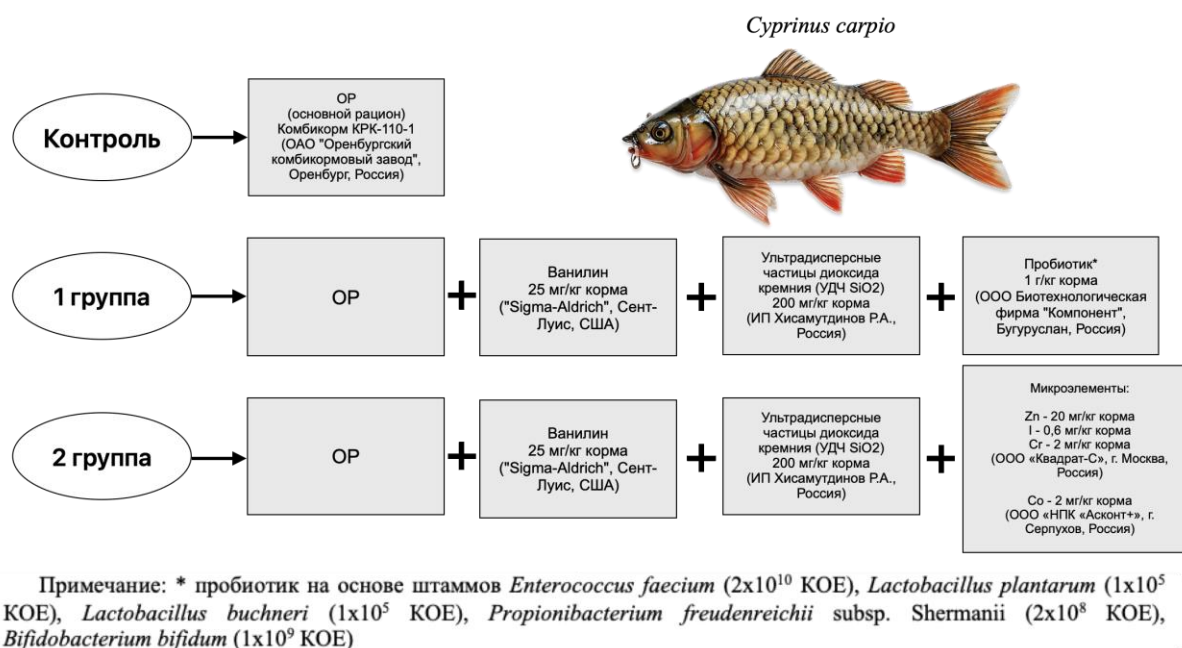


Рисунок 1 – Схема исследования

Элементный профиль был изучен на базе лаборатории АНО «Центр биотической медицины», г. Москва. Результаты обработаны через программы «Microsoft Office» и «Statistica 10.0». Схема исследования разработана в программе «Freeform».

Результаты исследования. Изучение элементного профиля является важной составляющей в связи с более полным пониманием влияния кормовых добавок на организм рыб [6]. Нами была рассмотрена концентрация химических элементов в мышечной ткани подопытных рыб, которые дополнительно получали биологические кормовые добавки. Выявлены селективные изменения (рисунки 2, 3). В 1 группе (рисунок 2) установлено повышение калия, натрия и серы – на 9 % ($p \leq 0,05$), на 10 % ($p \leq 0,01$) и на 14 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

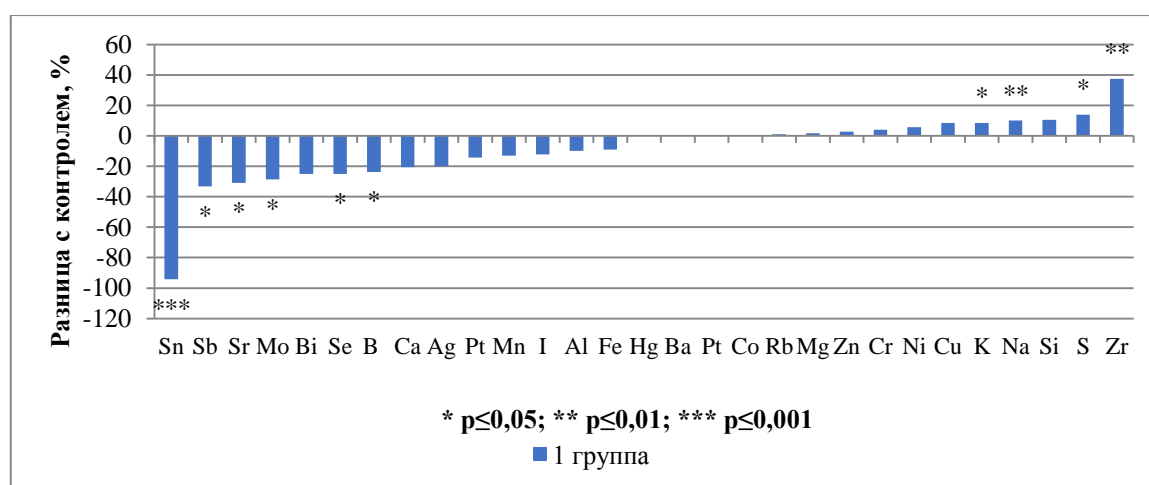


Рисунок 2 – Элементный профиль 1 группы

При этом в 1 группе снижалось содержание некоторых условно-эссенциальных микроэлементов – бора, селена и молибдена – на 24 % ($p \leq 0,05$), 25 % ($p \leq 0,05$) и 29 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Среди токсических элементов отмечено вымывание из мышечной ткани карпа стронция, сурьмы и олова – на 31 % ($p \leq 0,05$), 33 % ($p \leq 0,05$) и 94 % ($p \leq 0,001$) по сравнению с контрольными значениями.

Во 2 группе (рисунок 3) повышалось содержание калия, серы и натрия – на 5 % ($p \leq 0,05$), 13 % ($p \leq 0,01$) и 19 % ($p \leq 0,01$) относительно контроля, при этом снижалась концентрация бора и селена – на 29 % ($p \leq 0,01$) и на 33 % ($p \leq 0,05$). Среди токсических микроэлементов изменялось содержание сурьмы, ртути и олова, уровень которых уменьшался в сравнении с контролем на 33 % ($p \leq 0,05$), 40 % ($p \leq 0,05$) и 77 % ($p \leq 0,01$) соответственно.

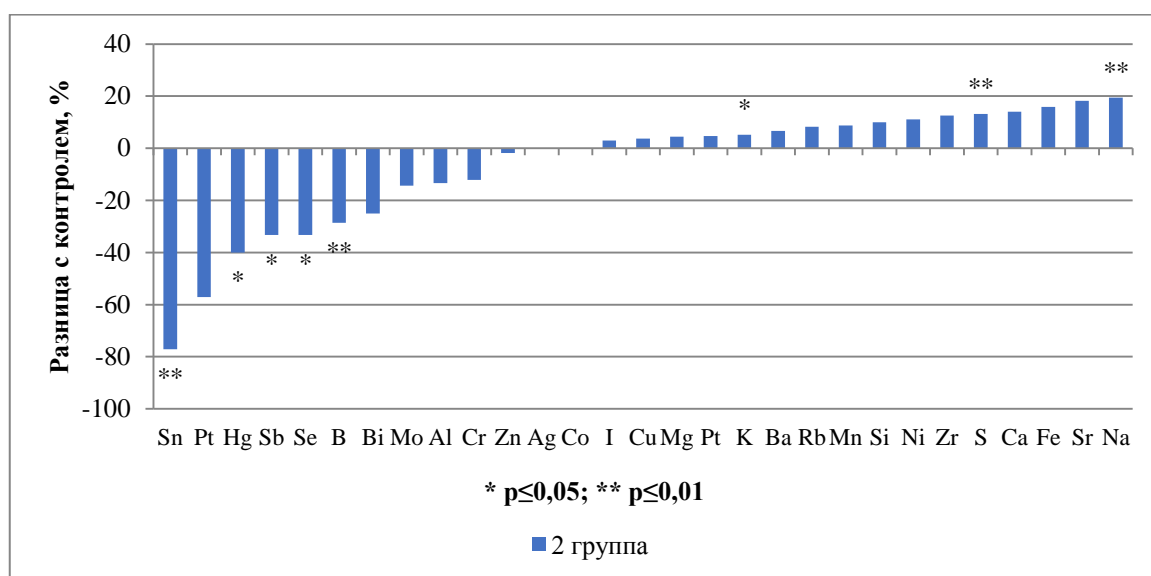


Рисунок 3 – Элементный профиль 2 группы

В обеих опытных группах отмечены положительные изменения в элементном профиле мышц по отношению к контрольным значениям. Повышение концентрации калия и натрия в опыте благоприятно отражается на нервной системе рыбы [7]. В то же время снижение токсических элементов подтверждает положительное действие биологически активных добавок, за счет чего может улучшаться рост и иммунитет у рыб [8]. Наибольшее практическое значение имеет снижение концентрации ртути во 2 группе, так как он является высоко токсичным металлом и способен оказывать негативное влияние на организм животных и человека, в том числе аккумулироваться в тканях [9].

Заключение. Таким образом, включение биологически активных добавок в кормление карпа способствовало повышению макроэлементов и снижению токсических элементов в мышечной ткани рыб. Значительный эффект был достигнут в группе, в рацион которой дополнительно включали ванилин, УДЧ SiO_2 , пробиотик и микроэлементы (Zn, I, Cr, Co).

Список литературы

1. Зуева, М.С. Опыт применения новой кормовой добавки в кормлении карпа (*Cyprinus carpio*) / М.С. Зуева [и др.]. – Аграрный научный журнал. – 2023. – № 4. – С. 44-49.
2. Fiorella, K.J. Contemporary aquaculture: implications for human nutrition / K.J. Fiorella. – Current Opinion In Biotechnology. – 2021. – V. 70. – P. 83–90.
3. Sekhon, B.S. Nanotechnology in agri-food production: an overview / B.S. Sekhon. – Nanotechnology Sciences and Applications. – 2014. – V. 7. – P. 31–53.
4. Ratvaj, M. Feeding-Regime-Dependent Intestinal Response of Rainbow Trout after Administration of a Novel Probiotic Feed / M. Ratvaj [et al.]. – Animals (Basel). – 2023. – V. 13 (12). – P. 1892.
5. Ibrahim, D. Interactive effects of dietary quercetin nanoparticles on growth, flesh antioxidant capacity and transcription of cytokines and *Aeromonas hydrophila* quorum sensing orchestrating genes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / D. Ibrahim [et al.]. – Fish & Shellfish Immunology. – 2021. – V. 119. – P. 478–489.
6. Pinto, F.R. Annual variations in the mineral element content of five fish species from the Portuguese coast / F.R. Pinto [et al.]. – Food Research International. – 2022. – V. 158. – P. 111482.
7. Zoroddu, M.A. The essential metals for humans: a brief overview / M.A. Zoroddu [et al.]. – Journal of Inorganic Biochemistry. – 2019. – V. 195. – P. 120–129.
8. Мингазова, М.С. Концентрация химических элементов в мышечной ткани карпа при включении в рацион биологически активных веществ / М.С. Мингазова [и др.]. – Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106. – № 4. – С. 18–29.
9. Shahjahan, M. Effects of heavy metals on fish physiology / M. Shahjahan [et al.]. – A review. – Chemosphere. – 2022. – V. 300. – P. 134519.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАНИЛИНА И УДЧ SiO₂ В РАЦИОНЕ КАРПА

Мингазова М.С., канд. биол. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Изучение микробиома кишечника имеет важное значение в оценке действия различных кормовых препаратов на организм животных. Так, выявлено, что антибиотики приводят к снижению разнообразия микрофлоры, при этом использование других добавок стимулирует повышение численности полезных микроорганизмов [1]. Часть препаратов, например, пробиотики позволяют улучшить состояние организма и повысить устойчивость к заболеваниям [2].

С другой стороны, новые добавки могут позволить заменить как антибиотики, так и пробиотики в современном кормопроизводстве и снизить себестоимость кормов. Так, ванилин способствует снижению смертности, улучшает метаболическую активность и стимулирует прирост живой массы у рыб [3]. Похожее действие оказывают ультрадисперсные частицы диоксида кремния (УДЧ SiO₂). Они стимулируют работу иммунной системы и оказывают благоприятное влияние на организм [4].

Цель исследования. Исследовать влияние ванилина и УДЧ SiO₂ на рост и микробиом карпа.

Материалы и методы исследования. Схема исследования представлена на рисунке 1.

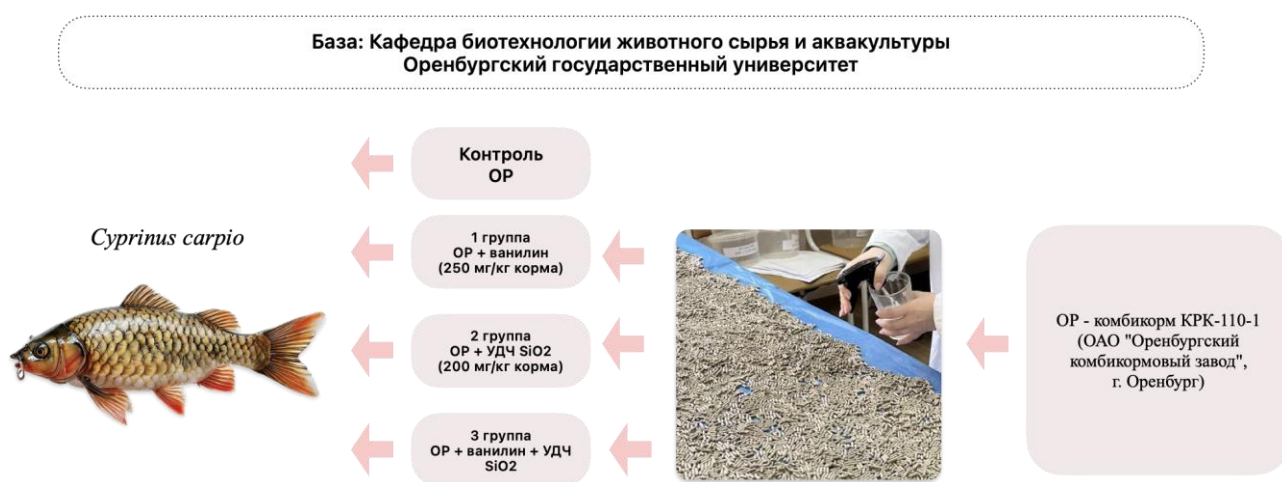


Рисунок 1 – Схема исследования

Ростовые показатели изучали еженедельно при помощи индивидуального взвешивания. Микробиом кишечника рыб исследовали на базе ЦКП

«Персистенция микроорганизмов» (ИКВС УрО РАН, г. Оренбург) по общепринятой методике [5].

Обработку результатов проводили при помощи программ Excel, Statistica 10.0, FastQC, базы данных RDP (Ribosomal Database Project) и NCBI (Nucleotide BLAST), Freeform.

Результаты исследования. Включение ванилина и УДЧ SiO₂ стимулировало прирост живой массы у подопытных рыб, начиная с 6 недели исследования (рисунок 2), в это же время наблюдалась максимальный прирост относительно контроля, когда разница составляла до 7,6 % ($p \leq 0,05$). К концу эксперимента разница по массе между контролем и опытными группами достигала от 5,2 % ($p \leq 0,05$) до 7,5 % ($p \leq 0,05$).

Ранее описывался положительный эффект от включения ванилина [6] и УДЧ SiO₂ [4] в исследованиях на рыбе. Это обусловлено влиянием добавок на организм рыб и стимулированием метаболической активности.

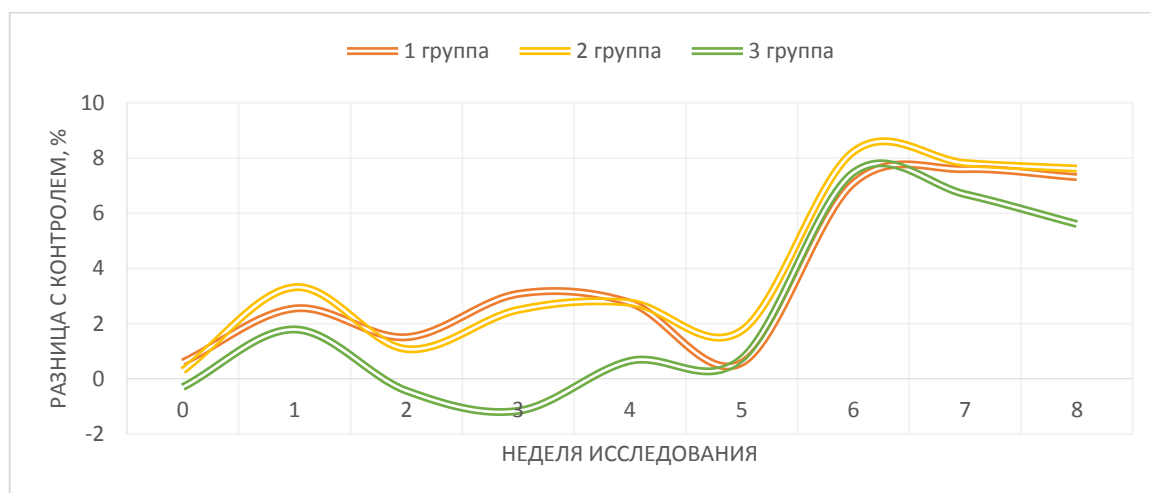


Рисунок 2 – Динамика живой массы в опытных группах, %

Анализ микробиома кишечника карпа показал следующие результаты (рисунок 3). Доминирующими представителями в контроле были филы *Pseudomonadota* (42,92 %) и *Actinomycetota* (28,41 %). При внесении в корм ванилина изменялся состав микробиома кишечника рыб. Так, доминирующим филлом стали *Pseudomonadota* (64,0 %), уровень которых превышал контроль на 21,09 % ($p \leq 0,05$). Содержание *Actinomycetota* снижалось до 0,54 %.

Использование УДЧ SiO₂ приводило к доминированию филлов *Pseudomonadota* (60,4 %) и *Bacteroidota* (21,75 %). Содержание представителей фила *Actinomycetota* снижалось до 9,8 %.

Совместное применение ванилина и УДЧ SiO₂ в рационе карпа приводило к перераспределению доминирующих филл – *Pseudomonadota* (49,6 %), *Bacillota* (16,22 %) и *Actinomycetota* (13,08 %).

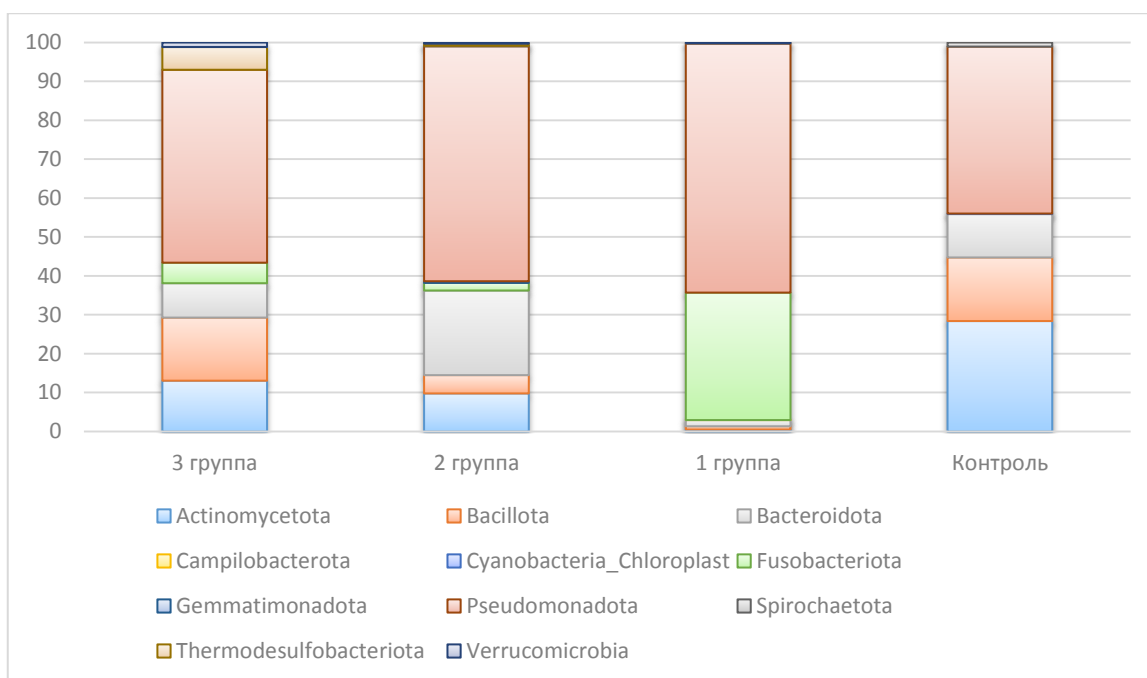


Рисунок 3 – Таксономическое разнообразие микробиома кишечника карпа на уровне фил

Согласно источнику [7] типичными представителями микробиома карпа являются *Pseudomonadota*, *Bacillota* и *Fusobacteriota*. По результатам исследования численность данных представителей филот изменялась в различных группах, однако наибольшее содержание приходилось на *Pseudomonadota* во всех группах. Данный эффект показывает, что кормовые добавки не оказывали негативного влияния на микробиом кишечника карпа, а содержание *Pseudomonadota* может изменяться от 3 до 98 % в организме отдельных рыб [8]. Выявлено снижение представителей фила *Actinomycetota* в опытных группах, что может быть показателем усвоения питательных веществ и улучшением ферментации [9].

Заключение. Таким образом, включение ванилина и УДЧ SiO₂ как по отдельности, так и совместно приводило к увеличению ростовых показателей в течение исследования. Наилучший прирост был отмечен на 6 неделе эксперимента, когда разница с контролем достигала 7,6 % ($p \leq 0,05$). Во всех опытных группах доминирующим представителем филот были *Pseudomonadota*, содержание которых варьировалось в пределах от 49,6 % до 64,0 %.

Список литературы

1. Mougín, J. Effects of dietary co-exposure to fungal and herbal functional feed additives on immune parameters and microbial intestinal diversity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / J. Mougín [et al.]. – *Fish & Shellfish Immunology*. – 2023. – V. 137. – P. 108773.
2. Зуева, М.С. Опыт применения новой кормовой добавки в кормлении карпа (*Cyprinus carpio*) / М.С. Зуева [и др.]. – *Аграрный научный журнал*. – 2023. – № 4. – С. 44-49.

3. Balasubramanian, S. Acute copper oxide nanoparticles exposure alters zebrafish larval microbiome / S. Balasubramanian [et al.]. – *Life Sciences*. – 2024. – V. 336. – P. 122313.

4. Мирошникова, Е.П. Влияние нанокompозита Cu-C на гематологические показатели карпа / Е.П. Мирошникова [и др.]. – *Вестник КрасГАУ*. – 2025. – № 3 (216). – С. 140-148.

5. Шейда, Е.В. Микробиом рубца молодняка крупного рогатого скота, получавшего пищевые добавки с медью и травой полыни: состав и функциональный профиль / Е.В. Шейда [и др.]. – *Аграрный научный журнал*. – 2024. – № 1. – С. 96–105.

6. Мингазова, М.С. Общее понимание кворум сенсинга бактерий и применение ингибиторов кворума в аквакультуре / М.С. Мингазова [и др.]. – *Животноводство и кормопроизводство*. – Т. 107. – № 1. – С. 128-146.

7. Eichmiller, J.J. Environment shapes the fecal microbiome of invasive carp species / J.J. Eichmiller [et al.]. – *Microbiome*. – 2016. – V. 4. – P. 44.

8. Зуева, М.С. Современные исследования по изучению микробиома кишечника рыб (обзор) / М.С. Зуева [и др.]. – *Животноводство и кормопроизводство*. – 2023. – Т. 106. – № 2. – С. 198–213.

9. Li, H. Modulation of the gut microbiota by processed food and natural food: evidence from the *Siniperca chuatsi* / H. Li [et al.]. – *PeerJ*. – 2024. – V. 12. – P. e17520.

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТА MN-C В КОРМЛЕНИИ ПТИЦЫ

Мингазова М.С., канд. биол. наук,
Мирошникова Е.П., д-р биол. наук, профессор,
Килякова Ю.В., канд. биол. наук, доцент
Аринжанов А.Е., канд. с.-х. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Птицеводство является важной отраслью сельского хозяйства в нашей стране. Мясо птицы – неотъемлемая часть в рационе каждого человека, в том числе детей и пожилых. Улучшение технологии кормления повышает качество современного выращивания птицы и позволяет получить большие объемы при сокращении экономических затрат [1]. Для оптимизации производства и кормления цыплят-бройлеров возможно дополнительное использование различных кормовых добавок. Это позволяет повысить продуктивность птицы, улучшить рост и обмен веществ, а также снизить число заболеваний и стресс. Кроме того, многие препараты стимулируют изменения в разнообразии кишечного микробиома [2].

Ранее в птицеводстве активно исследовались ультрадисперсные частицы, обладающие большим физическим и химическим потенциалом и оказывающие благоприятное воздействие на организм [3]. В настоящее время новыми кормовыми добавками в питании сельскохозяйственной птицы являются наноконпозиты. Их главной особенностью является нанесение ультрадисперсных частиц на носитель, благодаря чему улучшается биосовместимость и биодоступность. Кроме того, благодаря размерам и более равномерному распределению на носителе, усиливается эффект на обмен веществ. Это может привести к благоприятному воздействию на организм и увеличить продуктивность цыплят-бройлеров [4].

Цель исследования. Оценить действие наноконпозита марганца, нанесенного на углеродный носитель (наноконпозит Mn-C), на рост и элементный статус цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования. Эксперимент проведен на цыплятах-бройлерах кросса Arbor Acres (400±1 г). Схема исследования представлены на рисунке 1. Наноконпозит Mn-C получен в Институте Теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск).

Рост оценивали путем индивидуального взвешивания. Концентрация химических элементов мышечной ткани изучена в АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва).

База: кафедра биотехнологии животного сырья и аквакультуры (ФГБОУ ВО ОГУ, г. Оренбург) и Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН (г. Оренбург)



Рисунок 1 – Схема исследования

Статистическая обработка проведена с помощью программ Microsoft Office, Statistica 10.0 и Freeform.

Результаты исследования. Согласно полученным результатам выявлен дозозависимый эффект по приросту живой массы цыплят-бройлеров (рисунок 2). Так, с повышением дозы нанокompозита Mn-C увеличивался рост у подопытной птицы. При использовании нанокompозита Mn-C в дозировке 0,8 мг/кг корма выявлены достоверные различия с контролем – масса в III опытной была выше на 4,5 % ($p \leq 0,05$), что согласуется с другими данными [5, 6].

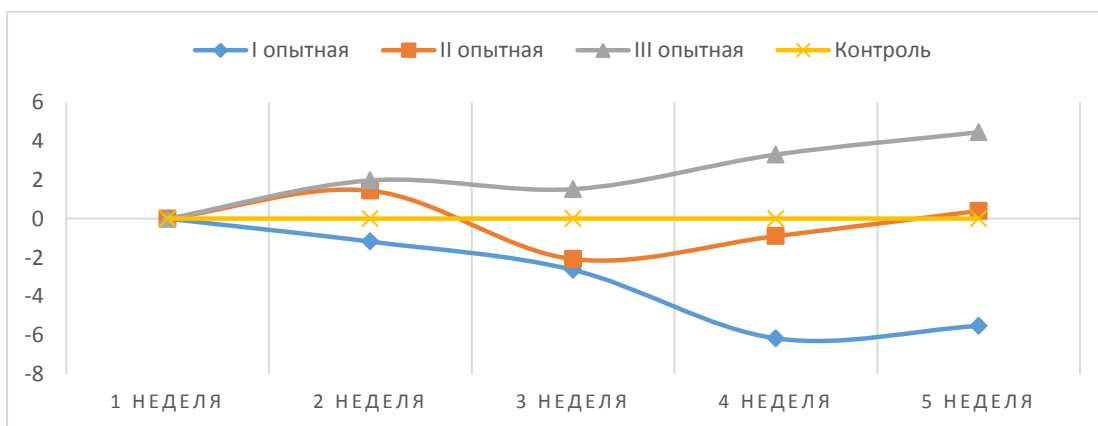


Рисунок 2 – Прирост живой массы, %

При изучении элементного статуса цыплят-бройлеров были выявлены следующие изменения (рисунок 3). В I опытной группе выявлено заметное снижение ряда микроэлементов, в том числе и токсических – кадмия и олова. Во II и III группах были схожие между собой результаты.

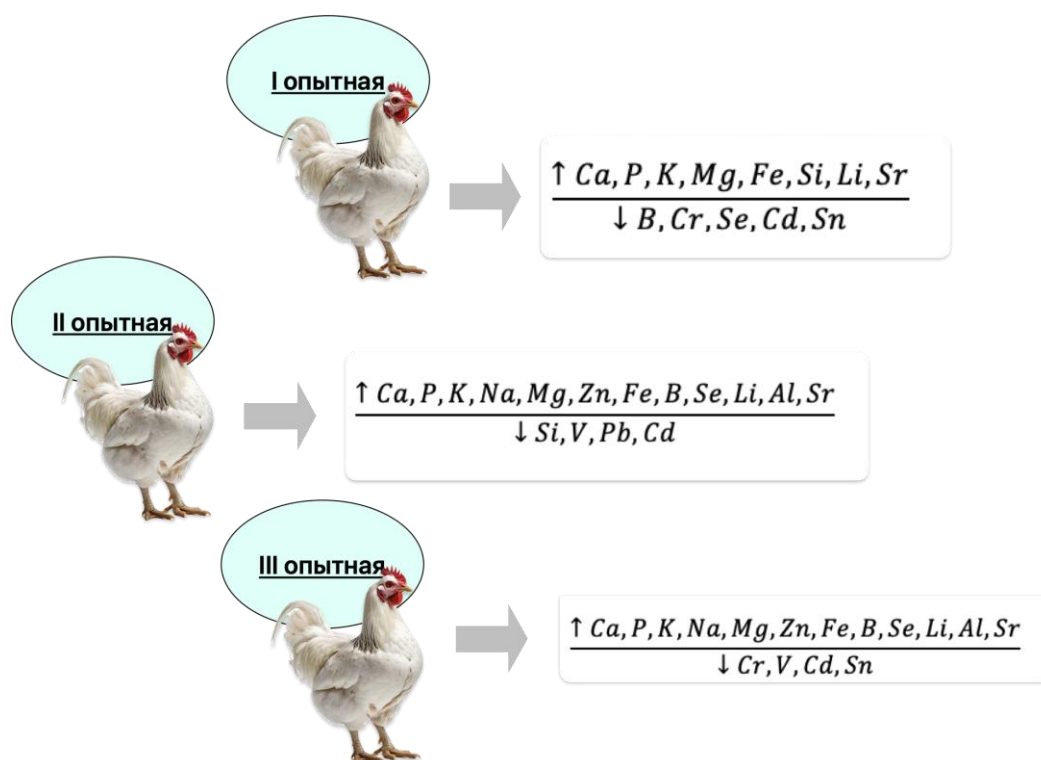


Рисунок 3 – Элементный статус цыплят-бройлеров относительно контроля

Во всех группах отмечено увеличение макроэлементов – кальция, фосфора, калия и магния – до 154 % ($p \leq 0,001$) относительно контроля. Наибольшее повышение было зафиксировано во II группе. Изменение содержания макроэлементов указывало на положительное воздействие нанокompозита Mn-C на минеральный обмен веществ у подопытной птицы [7, 8].

Важное значение имеет уровень железа во всех опытных группах, уровень которого положительно отличался от контроля на 22 % ($p \leq 0,05$), 189 % ($p \leq 0,001$) и 140 % ($p \leq 0,001$) в I, II, III группах соответственно. Это указывает на улучшение накопления железа в организме птицы и благоприятное воздействие на организм, предотвращая развитие анемии [9]. Выявлено, что в III опытной группе увеличивалась концентрация цинка, бора, селена и лития от 36 % ($p \leq 0,01$) до 157 % ($p \leq 0,01$), что согласуется с ростовыми изменениями у подопытной птицы.

Стоит указать, что в опытных группах снижалось содержание ряда токсических элементов. И если в I и III группах отмечено изменение в концентрации кадмия и олова в пределах 44–50 % ($p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$), то во II группе отмечено уменьшение содержания свинца и кадмия – на 60 % ($p \leq 0,01$) и

на 50 % ($p \leq 0,05$) относительно контрольных значений. При этом во всех опытных группах повышался уровень стронция (до 159 % ($p \leq 0,001$)). Во II и III группах дополнительно аккумулировался алюминий, уровень которого отличался от контроля на 129 % ($p \leq 0,01$) и 65 % ($p \leq 0,01$) соответственно.

Заключение. Выявлен дозозависимый эффект, который отражался в изменении ростовых показателей. Наилучший прирост был получен в группе, потреблявшей нанокompозит Mn-C в дозировке 0,8 мг/кг корма. Элементный статус изменялся во всех опытных группах. Схожие результаты были получены при дозах препарата 0,4 и 0,8 мг/кг корма, при этом возрастало количество макроэлементов и снижалось содержание токсических микроэлементов.

Список литературы

1. Псхациева, З.В. Использование синтетического сорбента в птицеводстве / З.В. Псхациева [и др.]. – Известия Дагестанского ГАУ. – 2023. – № 4 (20). – С. 119-124.
2. El-Sabrout, K. Feed additives and enrichment materials to reduce chicken stress, maximize productivity, and improve welfare / K. El-Sabrout, S. Landolfi, F. Ciani. – Veterinary world. – 2024. – Vol. 17 (9). – P. 2044-2052.
3. Alamer, F.A. Overview of the Influence of Silver, Gold, and Titanium Nanoparticles on the Physical Properties of PEDOT:PSS-Coated Cotton Fabrics / F.A. Alamer, R.F. Beyari. – Nanomaterials (Basel). – 2022. – Vol. 12 (9). – P. 1609.
4. Мирошникова, Е.П. Влияние нанокompозита Cu-C на гематологические показатели карпа / Е.П. Мирошникова [и др.]. – Вестник КрасГАУ. – 2025. – № 3. – С. 140–148.
5. Helbawi, E.S. Impacts of Biosynthesized Manganese Dioxide Nanoparticles on Antioxidant Capacity, Hematological Parameters, and Antioxidant Protein Docking in Broilers / E.S. Helbawi [et al.]. – ACS Omega. – 2024. – Vol. 9 (8). – P. 9396-9409.
6. Ramah, A. Protective effects of probiotics against tannin-induced immunosuppression in broiler chickens / A. Ramah [et al.]. – Bioscience of Microbiota, Food and Health. – 2022. – Vol. 41 (4). – P. 168-176.
7. Bhagat, S. Nanominerals in nutrition: Recent developments, present burning issues and future perspectives / S. Bhagat, S. Singh. – Food Research International. – 2022. – Vol. 160. – P. 111703.
8. Abitew, Y.A. Transcriptional responses to diets without mineral phosphorus supplementation in the jejunum of two high-yielding laying hen strains / Y.A. Abitew [et al.]. – Poultry Science Journal. – 2024. – Vol. 103 (12). – P. 104484.
9. Мингазова, М.С. Влияние ультрадисперсных частиц меди на элементный статус цыплят-бройлеров / М.С. Мингазова [и др.]. – Птицеводство. – 2025. – № 7-8. – С. 65-70.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Отегенова А.С., Дусаева Х.Б. канд. с-х. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

На современном рынке наблюдается устойчивый тренд на функциональные пищевые продукты, обогащенные ингредиентами с доказанным позитивным влиянием на организм. В этой категории особое место занимают кисломолочные продукты, в частности йогурты, изначально обладающие пробиотическим потенциалом.

Йогурт функционального назначения отличается целенаправленным включением в рецептуру биологически активных компонентов — пробиотиков, пребиотиков, витаминно-минеральных комплексов или фитоэкстрактов, повышающих его пищевую и профилактическую ценность.

Технологический процесс производства такого продукта, сохраняя общую схему (подготовка сырья, нормализация, тепловая обработка, сквашивание, охлаждение), требует специфических корректировок на каждом этапе для сохранения активности добавок.

Ключевые технологические особенности:

1. Подготовка основы - применяется молоко высокого качества. Нормализация часто направлена на увеличение доли сухих обезжиренных веществ (СОМО) для улучшения структуры сгустка, например, путем ультрафильтрации или добавления молочных белков.

2. Внесение ингредиентов - это критический этап, определяемый термостабильностью компонента.

○ Термостабильные (инулин, пищевые волокна, минеральные вещества) добавляют до пастеризации.

○ Термолабильные и биологически активные (дополнительные пробиотические культуры, некоторые витамины) вносят после тепловой обработки, охладив среду до температуры заквашивания, чтобы избежать их деактивации.

3. Сквашивание и охлаждение - процесс ферментации строго контролируется по времени и температуре с учетом требований как основных йогуртовых, так и пробиотических культур. После формирования сгустка продукт быстро охлаждают до 2–6 °С, что является обязательным условием для сохранения жизнеспособности полезных микроорганизмов при хранении.

Контроль качества йогурта функционального назначения осуществляется по расширенному комплексу показателей: органолептическим, физико-химическим и микробиологическим.

В таблице 1 представлены органолептические показатели йогурта.

Таблица 1 – Органолептические показатели йогурта

Показатель	Результат
Цвет	Молочно-белый, равномерный по всей массе
Консистенция	Однородная, в меру вязкая, сгусток ненарушенный
Вкус и запах	Чистый кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов
Внешний вид	Однородная, гладкая поверхность сгустка без видимых включений и расслоения

Органолептический анализ показал, что продукт имеет выраженные высокие потребительские свойства. Он характеризуется чистым кисломолочным вкусом и ароматом, однородной в меру вязкой консистенцией и типичным молочно-белым цветом, что указывает на соблюдение технологии и отсутствие пороков.

В таблице 2 представлены физико-химические показатели йогурта.

Таблица 2 – Физико-химические показатели йогурта

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля жира, %	1,5
Массовая доля белка, %, не менее	4,2
Массовая доля сухих обезжиренных веществ молока (СОМО), %, не менее	10,5
Массовая доля инулина (пребиотика), %	3,0
Кислотность, °Т	95
Активная кислотность (рН)	4,3
Температура при выпуске с предприятия, °С, не более	6

По физико-химическим параметрам йогурт соответствует нормативным значениям. При этом ключевой показатель – массовая доля белка (4,2 %) превышает минимальный уровень, что свидетельствует о его повышенной пищевой ценности. Значения активной и титруемой кислотности находятся в оптимальном сочетании, обеспечивая сбалансированный вкус, микробиологическую стабильность и благоприятные условия для жизнедеятельности пробиотических культур.

В таблице 3 представлены микробиологические показатели функционального йогурта.

Таблица 3 - Микробиологические показатели йогурта

Наименование показателя	Значение показателя
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ/г, не более	1×10^5
Бактерии группы кишечных палочек (БГКП, колиформы)	Не обнаружены в 1,0 г
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. <i>Salmonella</i>	Не обнаружены в 25 г
<i>Listeria monocytogenes</i>	Не обнаружены в 25 г
<i>Staphylococcus aureus</i>	Не обнаружены в 1,0 г
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50
Плесени, КОЕ/г, не более	50
Количество молочнокислых микроорганизмов (<i>S. thermophilus</i> и <i>L. bulgaricus</i>), КОЕ/г, не менее	1×10^7
Количество пробиотических микроорганизмов (<i>L. acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium</i> spp.), КОЕ/г, не менее	1×10^6

По показателям безопасности (КМАФАнМ, БГКП, патогены, *S. aureus*, дрожжи, плесени) результаты соответствуют требованиям Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС 033/2013). Отсутствие бактерий группы кишечных палочек (БГКП) и патогенных микроорганизмов, а также допустимые уровни дрожжей и плесеней подтверждают соблюдение санитарно-гигиенических норм на всех этапах производства и герметичность упаковки. Показатель КМАФАнМ (общая микробная обсемененность) находится в пределах нормы, что свидетельствует о правильной термической обработке сырья и отсутствии вторичного загрязнения готового продукта.

Установлено, что использование функциональных добавок изменяет качество готового йогурта. Добавление инулина как пребиотика способствует получению консистенции продукта более плотной и однородной. Это объясняется тем, что пищевые волокна хорошо связывают воду и укрепляют белковый сгусток, предотвращая его расслоение.

Внесение дополнительных пробиотических культур, помимо стандартной закваски, ускоряет процесс сквашивания. Наблюдается более быстрое нарастание кислотности, что требует точного контроля времени ферментации. Это связано с повышенной активностью комплекса микроорганизмов.

Главным доказательством эффективности технологии является стабильно высокое содержание живых пробиотических бактерий в продукте в течение всего срока годности — не менее 1×10^6 КОЕ/г. Такой результат

достигнут благодаря строгому соблюдению условий: внесению пробиотиков после пастеризации молока, контролю температуры сквашивания и быстрому охлаждению, а также постоянному хранению при температуре 2–6 °С.

Таким образом, данная технология позволяет производить йогурт с гарантированными оздоровительными свойствами. Для дальнейшего улучшения продукта планируется исследовать сочетание различных пробиотиков и пребиотиков.

Список литературы

1. СТО 02069024.101–2015. Продукты кисломолочные функциональные. Йогурт. Общие технические условия. — Введ. 2015-07-01. — М.: Стандартинформ, 2015. — 18 с.
2. ГОСТ 31981-2013 (ISO 9232:2003, IDF 146:2003). Йогурты. Общие технические условия. — Введ. 2015-01-01. — М.: Стандартинформ, 2014. — 12 с.
3. Дусаева, Х.Б. Функциональные продукты питания / Х.Б. Дусаева, С.А. Ворожейкина // Вестник мясного скотоводства. - 2012. - Т. 3. - № 77. - С. 120-123.
4. Дусаева, Х.Б. Использование биотехнологических процессов в пищевой промышленности / Х.Б. Дусаева // Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации: сборник материалов Междунар. науч. конф., 15-17 сент. 2017 г., Оренбург / Оренбургский гос. ун-т. - Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2015. - С. 253 - 258.
5. Степанова, Л.И. Справочник по производству молока и молочных продуктов. Технология и рецептуры. Том 2. Кисломолочные продукты/ Л.И. Степанова. — СПб.: ГИОРД, 2008. — 512 с.
6. Технологическая инструкция ТИ 10.2.3705-2019. Производство йогурта резервуарным и термостатным способами. — Утв. ФГАНУ НИИПП. — М., 2019. — 18 с.
7. Отегенова, А.С. Особенности технологии производства йогурта функционального назначения / А.С. Отегенова, Х.Б. Дусаева // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием., 30 января – 1 февраля 2025 г., Оренбург / Оренбургский гос. ун-т. - Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2025. - С. 3980 - 3984.

ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ БЕЛКОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

**Прокофьева А.А., Быков А.В., д-р биол. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Дефицит белка в кормах – одна из проблем животноводства, требующая особого внимания. Ежегодно огромные объёмы белоксодержащих отходов утилизируются без переработки. Также встречается упоминание о применении необработанных белоксодержащих отходов в кормлении на небольших фермах. Такой подход очень негативно сказывается на здоровье животных, из-за сложности процесса переваривания разлагаемых продуктов, при котором организм испытывает стресс, что в совокупности наносит непоправимый ущерб. Исходя из чего, особую значимость приобретает разработка эффективных методов переработки растительного сырья в легкоусвояемые белковые компоненты. Среди существующих технологий ферментативный гидролиз выделяется как наиболее перспективный способ, позволяющий: сохранить биологическую ценность аминокислот; улучшить функциональные свойства белков; снизить аллергенность продуктов; минимизировать экологический ущерб.

Ферментативный гидролиз – это процесс расщепления белков под действием протеолитических ферментов (протеаз) до пептидов и свободных аминокислот. В отличие от химического гидролиза (кислотного или щелочного), ферментативный метод протекает в мягких условиях: температура: 40–60 °С; рН: 6–8. Ключевые преимущества: отсутствие разрушения аминокислот, минимизация образования токсичных соединений (лизиноаланина, D-аминокислот), возможность точного контроля степени гидролиза.

Для наших исследований наиболее удачный метод получения белка является метод ферментативного гидролиза белка из растительных отходов.

Растительный белок имеет особые функциональные свойства: растворимость, эмульгирование и пенообразование. По причине этого ферментативно гидролизованные сырые белки рекомендуются в качестве пищевых добавок или для обогащения белков различными продуктами, а также подходят для замены белков животного происхождения. Существуют различные упоминания, которые мы рассмотрим на примере кукурузы, сои и люпина [1].

В ходе исследований, проведённых в Испании, установлено, что характер гидролиза при ферментативной обработке кукурузного белка алкалазой практически идентичен процессам гидролиза других белков – казеина, изолята соевого белка и пшеничной клейковины. Помимо этого, эксперименты показали: при соблюдении определённых условий и невысокой степени гидролиза обработка кукурузного глютена нейтразой вызывает значительное

повышение водосвязывающей способности и вязкости продукта. Сравнительный анализ кукурузного глютена с другими растительными белками демонстрирует, что в процессе ферментативного гидролиза происходит лишь частичная деградация белковой структуры [2].

Для приготовления изолята соевого белка в Китае была использована обезжиренная соевая мука. Соевый белковый гидролизат получали водной экстракцией при 55 °С, рН 8,5 (отношение муки к воде = 1:10), экстракт подвергался центрифугированию в течение 30 мин для осветления, далее для осаждения белка использовали соляную кислоту для окисления экстракта до рН 4,5. Белковый осадок дважды промывали, а затем диспергировали в воде при рН 7.

Дисперсию соевого белкового гидролиза нагревали перед добавлением фермента, протеолизировали (процесс гидролиза белков, катализируемый ферментами пептидгидролазами, или протеазами) с использованием 2 % микробной нейтральной протеиназы. Инактивация фермента проходила под воздействием термической обработки при 65°С в течение 30 мин. Далее белковые гидролизаты лиофилизировали (способ мягкой сушки веществ, при котором высушиваемый препарат замораживается, а потом помещается в вакуумную камеру, где и происходит возгонка растворителя) и хранили в виде сухого порошка. За счет протеолиза была увеличена растворимости белка и как следствие увеличилась пенообразующая способность, которая снижается избыточным зарядом при обширном гидролизе. В ходе такого исследования обнаружили, что гидролиз ферментов снижает эмульгирующую и пенообразующую способность соевого белкового изолята из-за высокой степени гидролизата, но увеличивает растворимость и способность поглощать жиры. Улучшение растворимости за счет ферментативных и химических модификаций должно сделать гидролизат соевого белка потенциальным пищевым ингредиентом для обогащения кислых напитков [3].

Соевые бобы и горох являются наиболее распространенными источниками растительного белка, но есть и другие растения, белок которых представляет интерес. Румынские ученые предлагают сладкий и горький люпин. Несмотря на высокое содержание белка и пищевых волокон, люпин является растением с неопределенной пользой для здоровья. Муку и семена люпина можно использовать в пищу в качестве питательного источника растительного белка, такие как соя (с высоким содержанием белка и низким содержанием крахмала). Помимо макроэлементов, они богаты полифенолами, каротиноидами и фитостеролами, предлагая несколько преимуществ для здоровья. Сладкий люпин предпочтительнее горького для производства белковых концентратов и изолятов. Ферментативный гидролиз люпина проводили с использованием фермента алаказы. Минусом было то, что гидролизат получился горьким. Далее ведутся сложные анализы для исследования перевариваемости гидролизатов *in vitro* с помощью имитаторов желудочно-кишечного тракта [4].

Очень хорошо прослеживается тенденция изготовления белковых гидролизатов из растительного сырья. Но тем не менее, вопрос качества такого гидролизата тоже немаловажен, белок должен выполнять свои функции в организме (строительная, каталитическая, защитная, энергетическая и т.д.). Как известно качество белка оценивается по наличию незаменимых аминокислот (ЕАА): это 9 аминокислот (лейцин, изолейцин, валин, лизин, треонин, метионин, фенилаланин, триптофан, гистидин), которые не синтезируются организмом и должны поступать с пищей. Их дефицит ограничивает синтез белка, провоцируя катаболизм мышц, снижение иммунитета и замедление обменных процессов. «Лимитирующих» аминокислот, незаменимые аминокислоты, которые находятся в продукте в наименьшем количестве по сравнению с идеальным белком (часто лизин, метионин, триптофан). ВСАА (разветвленные аминокислоты): лейцин, изолейцин и валин, которые особенно важны для синтеза мышечного белка. На этот счет тоже было проведено ряд исследований, по составу полученных белковых гидролизатов [5].

В Нигерии например исследовали аминокислотный состав белкового гидролизата африканского ямса. Преобладающими аминокислотами были глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, лейцин, лизин, аргинин, метионин и цистин. Меньше всего цистина и метионина. Процентное соотношение незаменимых и общих аминокислот находилось в диапазоне 37–45%, что значительно превышало 36%, что считалось достаточным для идеального белка. Полученные данные свидетельствуют о том, что белковые продукты (гидролизаты) имеют хорошо сбалансированный аминокислотный состав и пригодны в качестве источника белкового питания [6].

В Красноярске осуществлено исследование аминокислотного состава белковых гидролизатов, полученных из жмыха растений семейства *Brassicaceae*. Анализ проводился методом капиллярного электрофореза. В процессе гидролиза применялся фермент Брюзайм ВGX, продуцентом которого выступает *Trichoderma longibrachiatum*. Результаты исследования продемонстрировали относительную стабильность аминокислотного состава полученных гидролизатов. Отмечены следующие ключевые особенности: высокие концентрации лизина и треонина: их аминокислотные скорости оказались близки к единице или превышали её в сравнении с эталонным белком; повышенное общее содержание ароматических аминокислот (сумма фенилаланина и тирозина), превосходящее показатели эталонного белка; значительный уровень серосодержащих аминокислот – метионина и цистеина, превышающий нормативы ФАО/ВОЗ. По данному параметру исследуемые белки превосходят другие растительные протеины, в том числе бобовые; существенное содержание незаменимых аминокислот – глутаминовой и аспарагиновой; триптофан выявлен как лимитирующая аминокислота в составе белкового концентрата [7].

Таким образом, применение биотехнологических методов для получения белковых концентратов не только повышает экономическую эффективность

производства, но и улучшает питательную ценность белков. Это открывает перспективы для их использования в качестве компонента пищевых продуктов

Ферментативный гидролиз наиболее эффективный и безопасный метод получения белковых гидролизатов из растительного сырья. Его ключевые достоинства:

- сохранение биологической ценности аминокислот;
- улучшение функциональных свойств белков (растворимость, эмульгирование, пенообразование);
- снижение аллергенности;
- экологическая безопасность.

Исследования аминокислотного состава подтверждают, что гидролизаты из различного растительного сырья (кукуруза, соя, люпин, африканский ямс, жмых *Brassicaceae*) могут быть сбалансированы по незаменимым аминокислотам и пригодны для использования в кормах и пищевых продуктах.

Вместе с тем остаются нерешённые вопросы например как устранение горького вкуса гидролизатов; детальное изучение влияния на здоровье животных; оптимизация технологических параметров для разных видов сырья.

Таким образом, ферментативный гидролиз открывает значительные возможности для решения проблемы белкового дефицита в животноводстве и пищевой промышленности. Однако для полномасштабного внедрения технологии необходимы дополнительные исследования, направленные на преодоление существующих ограничений и оптимизацию производственных процессов.

Список литературы

1. Zahari Iz. Development and characterization of extrudates based on rapeseed and pea protein blends using high-moisture extrusion cooking / Iz. Zahari, F. Ferawati, J. K. Purhagen, M. Rayner, C. Ahlström, A. Helstad, K. Östbring // *Foods*. – 2021 – № 10 – P. 3-19
2. Marquez M.C. Modeling of enzymatic protein hydrolysis / M.C. Marquez, M.A. Vazquez // *Process Biochemistry*. – 1999 – № 35 – P. 111-117
3. Emna S. K. Influence of hydrolysis time on protein recovery and amino acid composition of hydrolysates from *Sepia officinalis* viscera / S. K. Emna, J. Pascal, B. A. Raja, B. Jean-Pascal // *Science research reporter*. – 2018 – Vol. 2 – P.115-129
4. Behnke U., Enzymatic hydrolysis of maize protein / U. Behnke, E. Jurisova, E. Belajova, J. Haas, H. Blumhagen // *Die Nahrung*. – 1989 – № 4 P. 361
5. Pasarin D. Optimal Enzymatic hydrolysis of sweet lupine protein towards food ingredients / D. Pasarin, V. Lavric, Cr. E. Enascuta, An.-Io. Ghizdareanu, C. B. Matei // *Fermentation*. – 2023 – № 9 – P. 203-216
6. Esan Y.O., Amino acid composition and antioxidant properties of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) protein hydrolysates / Y.O. Esan, O.S. Fasasi // *African Journal of Food Science and Technology*. – 2013 – Vol. 4(5). – P. 100-105
7. Смольникова Я.В. Применение ферментативного гидролиза для получения белковых концентратов из жмыха *Camelina sativa* / Я. В.

Смольникова, В. Л. Бопп, А. В. Коломейцев, О. В. Стутко, В. А. Ханипова, Д. В. Брошко // Техника и технология пищевых производств. – 2022 – Т. 52 – № 1 – С. 199-209

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КЕКСА С ДОБАВКОЙ ФИНИКОВОГО СИРОПА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО СПОСОБА ВЫПЕЧКИ

Сидоренко Г.А., канд. техн. наук, доцент,
Попов В.П., канд. техн. наук, доцент, Солдатова А.Ф.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Внесение натуральных добавок, богатых биологически активными компонентами и применение ресурсосберегающих технологий в кондитерской промышленности для интенсификации технологических процессов, повышения качества готовых изделий и эффективности производства получает все более широкое распространение.

Финиковый сироп содержит в своем составе такие минеральные вещества как калий, магний, кальций, железо, витаминов группы В (например, В₆), а также аминокислоты, такие как глутаминовая кислота, антиоксиданты и другие биологически активные вещества, что позволяет рассматривать его как перспективную добавку для повышения пищевой ценности мучных кондитерских изделий [1, 2].

Применение электроконтактного энергоподвода позволяет интенсифицировать выпечки и снизить потерю полезных веществ сырья [3-8].

Было изучено влияние добавки финикового сиропа и применение электроконтактного способа выпечки на показатели качества кекса.

Рецептуры образцов кекса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецепттура исследуемых образцов кекса с добавлением финикового сиропа

Наименование сырья	Масса сырья (г) в образцах с различной дозировкой финикового сиропа				
	0%	5%	10%	15%	20%
Мука пшеничная в/с	150	150	150	150	150
Сахар-песок	20	20	20	20	20
Масло сливочное	12	12	12	12	12
Яйцо куриное	24	24	24	24	24
Дрожжи сухие	2	2	2	2	2
Разрыхлитель	2	2	2	2	2
Ванилин	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Соль пищевая	1	1	1	1	1
Финиковый сироп	0	10,6	21,2	31,8	42,4
Итого	211,3	221,9	232,5	243,1	253,7

Технологический процесс приготовления исследуемых кексов заключается в следующем: замешивается тесто безопасным способом из расчета влажности теста 50 % и оставляется для брожения в течение 2 часов в термостате при температуре 30-32 °С. После окончания брожения образцы выброженного теста помещаются в формы для электроконтактной выпечки и отправляются для расстойки в термостате при температуре 30-32 °С на 45 минут, после чего выпекаются электроконтактным способом.

Органолептическую оценку готового кекса с добавкой финикового сиропа проводили по пятибальной шкале по показателям: внешний вид, консистенция, запах, вкус. По результатам экспертной оценки рассчитывали комплексный показатель органолептических свойств кекса ($KП_{орг}$) как сумму баллов за отдельные органолептические показатели, умноженные на соответствующие коэффициенты значимости, которые составили для внешнего вида - 3, для запаха - 4, для вкуса - 5, для консистенции - 3.

Анализ полученных данных показал, что комплексный показатель органолептических свойств кекса был самым высоким при дозировке финикового сиропа равной 15 %.

На рисунках 1 и 2 показаны зависимости весового выхода и плотности кекса от дозировки финикового сиропа.

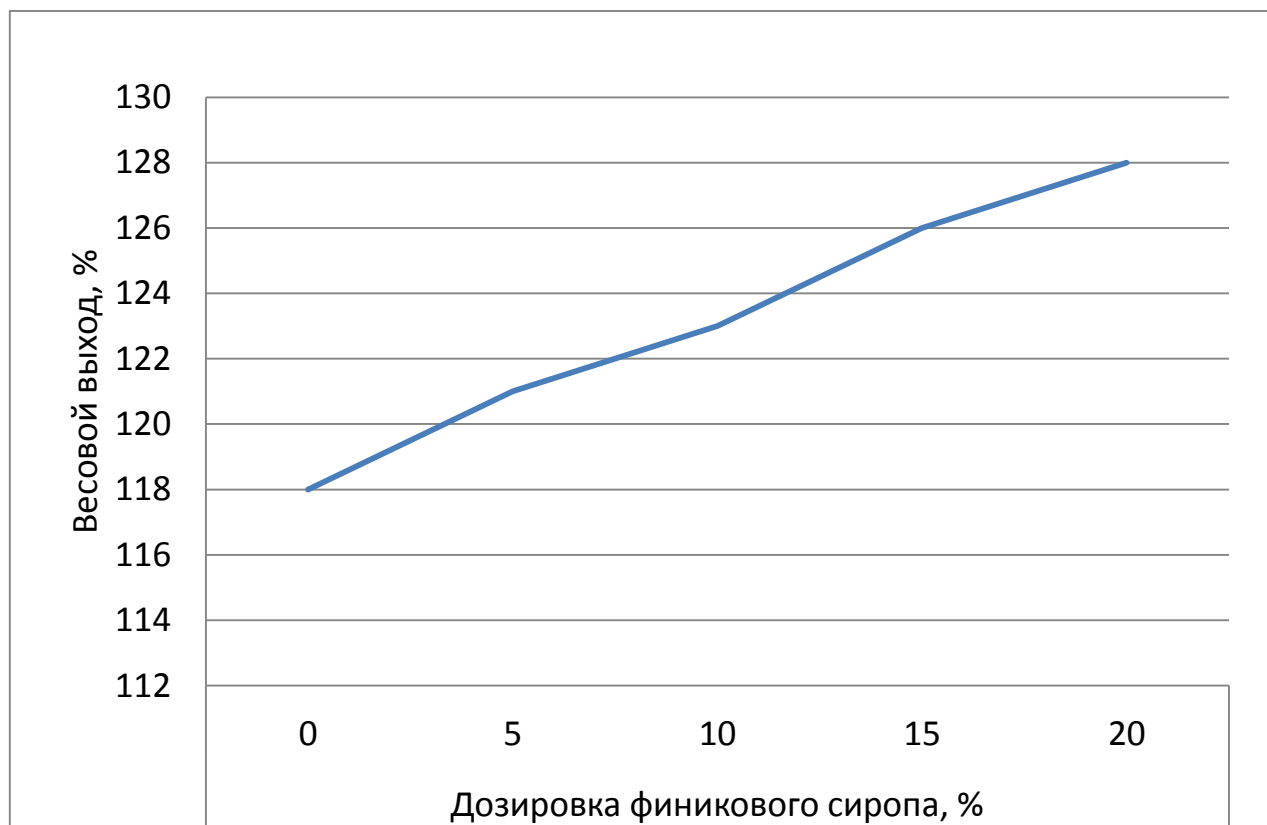


Рисунок 1 - Зависимость весового выхода кекса от дозировки финикового сиропа

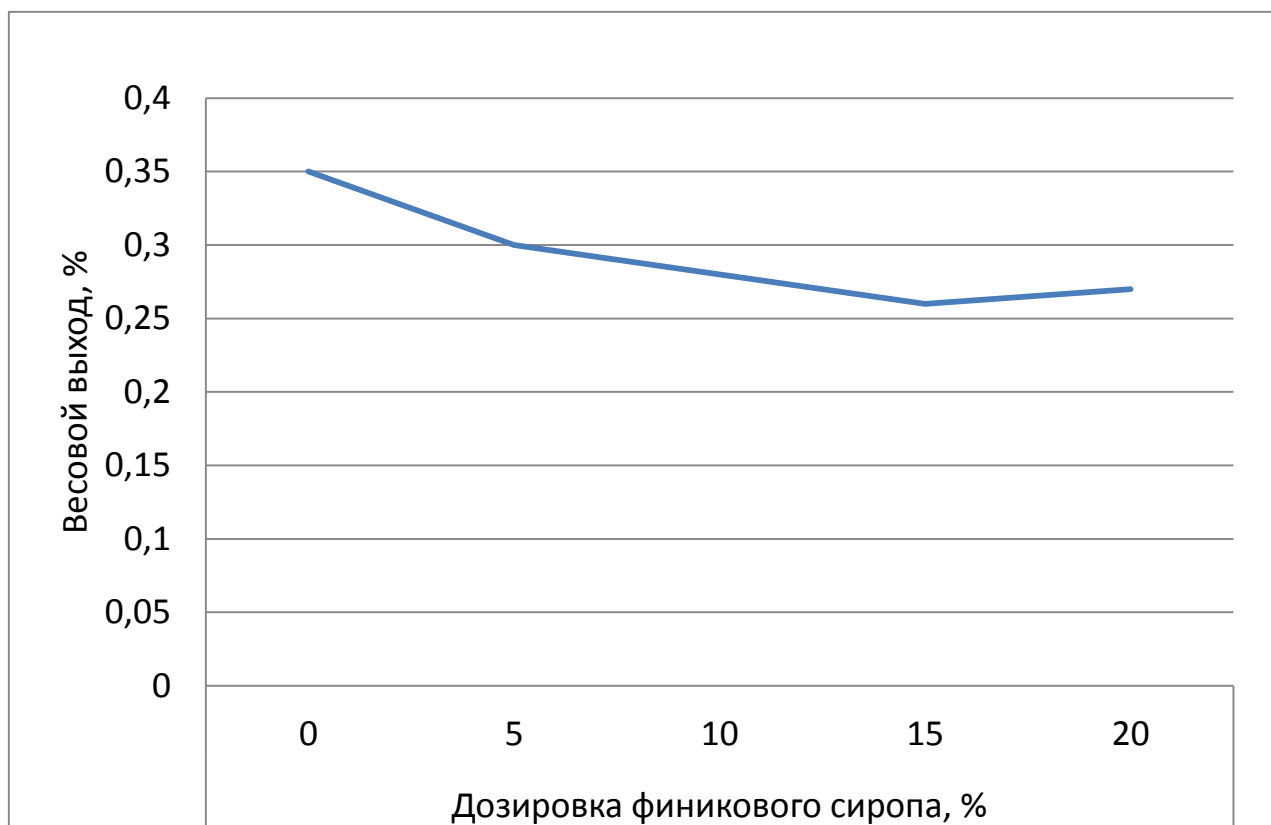


Рисунок 2 - Зависимость плотности кекса от дозировки финикового сиропа

Анализ полученных данных показал, что весовой выход кекса увеличивается при увеличении дозировки финикового сиропа до 20 %. Плотность кекса уменьшается при увеличении дозировки финикового сиропа от 0 % до 15 %, при дальнейшем увеличении дозировки финикового сиропа - повышается.

Список литературы

1. Иванова, Н.Г. Использование нетрадиционного сырья в технологии кекса для беременных женщин /Н.Г. Иванова, И.А. Никитин, С.Н. Тефикова, М.В. Клоконос, Н.А. Березина // Хлебопродукты, 2020, №12. -С.36-39.
2. Кароматов, И.Дж. Финики как лечебное средство / И.Дж. Кароматов, Г.С. Юсупова // Биология и интегративная медицина. - 2017. - № 2. - С. 143-155.
3. Сидоренко Г.А., Попов В.П., Зинюхин Г.Б., Ханина Т.В., Манеева Э.Ш. Электроконтактная выпечка бисквита // Вестник Оренбургского государственного университета, 2015. № 9 (184). - С. 182-186.
4. Матвеева, И.В. Новое направление в создании технологии диабетических сортов хлеба / И.В. Матвеева, А.Г. Утарова, Л.И. Пучкова и др. Серия.: Хлебопекарная и макаронная промышленность. - М.: ЦНИИТЭИ Хлебопродуктов, 1991. - 44 с.

5. Sidorenko, G.A. Production technology optimization of biscuit baked by electric-contact way / G.A. Sidorenko, V.P.Popov, T.V Khanina., E.S.Maneeva, M.S.Krasnova // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2018. - С. 022096.

6. Ханина, Т.В. Оптимизация технологии производства бескоркового бисквита с добавкой моркови /Т.В. Ханина //Хлебопродукты. – 2019. – с. 38-41.

РЕОЛОГИЯ ТЕСТА ИЗ МУКИ РАЗЛИЧНЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

**Федотов В.А., д-р техн. наук, доцент, Щетинина Д.С.,
Герингер Г.И., Кондин Е.А., Гуревич Я.И.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Перспективным направлением в технологии продуктов питания является переработка тритикале – гибридной культуры, сочетающей свойства пшеницы и ржи. Ключевым этапом внедрения нового сырья служит квалиметрическая оценка его свойств. Наиболее информативным инструментом в данной области признан реометр Mixolab (производства французской фирмы CHOPIN), который позволяет моделировать поведение теста и получать интегральные индексы качества.

Переориентация рынка на производство продуктов здорового питания обусловлена ростом заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ (ожирение, диабет). Классическая пшеничная мука, в силу низкой биологической ценности, не способна в полной мере удовлетворить потребности организма в микронутриентах и балластных веществах [1]. Решением проблемы является использование цельнозерновых продуктов и альтернативных видов муки.

Отдельного внимания заслуживает проблема импортозамещения в нише специализированного питания, в частности безглютенового. Высокая стоимость зарубежных товаров для людей с целиакией ограничивает их доступность. Разработка рецептов на основе отечественного безглютенового сырья (гречневой, кукурузной муки) и функциональных добавок из тритикале позволяет не только снизить себестоимость, но и повысить пищевую ценность готовых изделий [2, 3].

В рамках исследования была поставлена цель: провести сравнительную оценку реологического поведения и биохимического состава композитных смесей на основе пшеницы, ржи и тритикале с применением прибора Mixolab.

Для проведения экспериментальной работы были составлены модельные композиции на основе пшеничной муки высшего сорта, в которые вводилась тритикалевая мука типа Т-60 в концентрационном диапазоне от 10 до 60 % с шагом в десять процентных пунктов. Оценка хлебопекарных свойств сырья проводилась комплексно: автолитическую активность контролировали по показателю числа падения согласно ГОСТ 27676-88, а реологическое поведение теста изучали с применением системы Миксолаб. Данный прибор позволяет в непрерывном режиме регистрировать изменение крутящего момента (Н·м) при заданном термомеханическом воздействии, что дает возможность детально анализировать процессы гидратации белков, ферментативного гидролиза, желатинизации и последующей ретроградации крахмала. Протокол испытания охватывает пять ключевых фаз, первая из которых (С1) протекает при

постоянной температуре 30 °С и характеризует образование теста; на этом этапе ключевым параметром выступает водопоглотительная способность, определяемая количеством влаги, необходимой для достижения консистенции 1,1 Н·м. Последующий нагрев системы инициирует вторую и третью фазы, в ходе которых происходит разжижение теста под действием амилаз и набухание крахмальных зерен, достигающее максимума (точка С3) при 90 °С. Завершается цикл стадией охлаждения до 50 °С и термостатирования, что соответствует точкам С4 и С5, где фиксируется интенсивность ретроградации крахмала и конечная вязкость продукта. Анализ полученных миксограмм выявил существенную дифференциацию свойств исследуемых образцов: пшеничная мука продемонстрировала высокую стабильность клейковинного каркаса и выраженную вязкость при клейстеризации, тогда как тритикалевые смеси отличались повышенной гидрофильностью, но меньшей устойчивостью к замесу и более глубоким разжижением крахмального геля.

Проведенный анализ экспериментальных данных убедительно демонстрирует детерминированность реологического профиля теста компонентным составом исходного сырья, где каждый вид муки проявляет специфические технологические свойства. В частности, пшеничная мука высшего сорта подтверждает свой статус основного структурообразователя, характеризуясь эталонными показателями стабильности и выраженным пиком клейстеризации, что обеспечивает формирование упругого мякиша. В противовес этому, тритикалевая мука, обладающая повышенным гидратационным потенциалом, открывает перспективы для моделирования текстуры изделий с заданными параметрами влажности и пролонгированной мягкостью.

Детальное изучение индекса водопоглотительной способности (ВПС) выявило прямую корреляцию между гидрофильностью муки и содержанием в ней периферийных частиц зерна, что особенно ярко прослеживается на примере ржаной обдирной муки и тритикалевого образца Т-220. Высокая способность связывать и удерживать влагу является критически важным параметром при расчете рецептурных компонентов. В то же время анализ индекса клейковины, отражающего устойчивость белкового каркаса к денатурации в температурном диапазоне 30–60 °С, зафиксировал существенный разрыв в показателях: если пшеничная мука демонстрирует максимальную термостабильность, то альтернативные виды сырья характеризуются ослабленной структурой или полным отсутствием клейковинного комплекса, что делает их непригодными для стандартных технологий хлебопечения. Обобщая результаты, можно констатировать наличие фундаментальных различий в биохимическом поведении исследуемых образцов: пшеница остается незаменимой базой для традиционного ассортимента благодаря низкой амилолитической активности и прочности белков, тогда как тритикале и рожь, сочетающие высокую ферментативную активность с отличной водопоглотительной способностью, требуют разработки адаптивных технологий для создания функциональных продуктов нового поколения.

Перспективы внедрения тритикале и продуктов его переработки в массовое хлебопечение выходят далеко за рамки простого расширения ассортиментной линейки, затрагивая фундаментальные вопросы экономики производства и нутрициологии. Выявленная в ходе анализа высокая водопоглотительная способность тритикалевой муки, особенно сортов с включением периферийных частей зерна, открывает возможности для управления выходом готовой продукции и сроками ее свежести. Способность полисахаридов тритикале эффективно связывать влагу создает предпосылки для замедления процессов ретроградации крахмала, что на практике означает более длительное сохранение мягкости мякиша и товарного вида изделия.

Технологический диссонанс между высокой ферментативной активностью этого сырья и ослабленным белковым каркасом диктует необходимость перехода от интуитивного составления рецептов к точному инструментальному моделированию. Использование таких композитных смесей требует применения корректирующих добавок или специфических биотехнологических приемов, например, длительного холодного брожения или использования заквасок, способных укрепить клейковину и гармонизировать вкус. Таким образом, будущее отрасли лежит в плоскости создания гибридных продуктов, где структурная прочность пшеницы синергетически объединяется с функциональной ценностью и гидрофильностью тритикале, что позволяет получать хлебобулочные изделия с заданным нутриентным профилем и улучшенными экономическими показателями.

Список литературы

1 Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А., Колпакова В.В., Витол И.С., Кобелева И.Б. Пищевая химия: лабораторный практикум. – СПб: ГИОРД, 2006. – 304 с.

2 Медведев П.В., Федотов В.А., Бочкарева И.А. Комплексная оценка потребительских свойств зерна и продуктов его переработки // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 7-1 (38). С. 77-80.

3 Медведев П.В., Федотов В.А. Информационно-измерительная система определения потребительских свойств пшеницы // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 3. С. 140-145.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В РОССИИ

**Федотов В.А., д-р техн. наук, доцент,
Явкина Д.И., канд. техн. наук, доцент,
Шишак А.А., Медведев П.В., д-р техн. наук, профессор,
Лукьянова Е.С.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Базовые отрасли перерабатывающей промышленности (мукомольная, хлебопекарная) традиционно опираются на зерновое сырье. Однако современные вызовы диктуют необходимость трансформации ассортимента в сторону функциональных продуктов питания. Расширение сырьевого ассортимента за счет использования альтернативных культур (ржи, кукурузы, гречихи) становится драйвером обеспеченности сбалансированности рациона жителей России [1].

Актуальность разработки новых рецептур подтверждается статистикой заболеваемости, связанной с нарушениями питания (ожирение, диабет, патологии сердца). Эффективным инструментом оздоровления нации является обогащение продуктов клетчаткой и биологически активными веществами цельного зерна. Кроме того, критически важной задачей остается обеспечение продовольственной безопасности в нише специализированного питания (безглютеновые продукты). Замещение дорогостоящего импорта отечественными аналогами позволит удовлетворить спрос потребителей, страдающих целиакией [2].

С технологической точки зрения пшеничная мука остается незаменимым структурообразователем, обеспечивающим эластичность и пористость теста за счет свойств глютена [3]. Тем не менее, мука высоких сортов представляет собой продукт глубокой очистки с преобладанием углеводной фракции и дефицитом микронутриентов. В сочетании с кондитерскими жирами и трансизомерами, широко применяемыми в производстве печенья, такие изделия создают избыточную калорийную нагрузку и несут риски для сердечно-сосудистой системы.

В качестве альтернативы предлагается использование композитных смесей с включением нутовой, овсяной или амарантовой муки, что позволяет обогатить продукт полноценным белком и минорными компонентами. Также актуален переход на рецептуры с улучшенным жирнокислотным составом. Стабильность сырьевой базы для таких преобразований обеспечивается ростом валового производства зерновых в России, качество которых варьируется в зависимости от погодных условий конкретных климатических зон.

Качественные характеристики урожая находятся в прямой корреляционной зависимости от метеорологических условий вегетационного

периода. Дефицит активных температур в сочетании с избыточным увлажнением и низкой инсоляцией детерминирует формирование зерновой массы с низкими технологическими свойствами (фуражная категория). Обратная тенденция наблюдалась в Оренбургской области в 2020–2022 годах, когда засушливые и жаркие условия способствовали накоплению клейковины и получению высококонатурного зерна.

В рамках десятилетнего мониторинга (2015–2024 гг.) выявлена высокая волатильность классности пшеницы. Так, при валовом сборе 1384 тыс. тонн в 2023 году доля продовольственного зерна 3-го класса достигала 32,5 %, тогда как в 2024 году, на фоне роста урожая до 1579 тыс. тонн, этот показатель снизился до 22,5 %.

Расчет обеспеченности мукомольной промышленности проводился на основе нормативного выхода муки 73 % (730 кг из 1 тонны зерна) с дифференциацией по целевому назначению: для хлебопекарной муки (моносырье 3-го класса) и муки общего назначения (смесь 3-го и 4-го классов).

Анализ показал, что Оренбургская область является профицитным регионом, способным полностью закрывать потребности локальной переработки за счет зерна 3-го класса и выступать донором сырья для других субъектов РФ. В то же время общероссийская ситуация характеризуется структурным дисбалансом: доля пшеницы 3-го класса в среднем по стране составляет лишь 12–18 %, что создает дефицит сырья для выработки сортовой хлебопекарной муки и вынуждает прибегать к импорту или сложной логистике.

Обеспечение продовольственной безопасности требует смены парадигмы с экстенсивного роста валовых сборов на интенсивное управление качеством. Приоритетными задачами являются модернизация агротехнологий и селекция сортов с высоким генетическим потенциалом хлебопекарных свойств, что позволит минимизировать зависимость от внешних поставок.

Феномен «валовых рекордов» на фоне дефицита кондиционного сырья обнажает структурные уязвимости отечественного агропромышленного комплекса. Преобладание в общероссийском балансе зерна с низкими реологическими характеристиками вынуждает переработчиков прибегать к затратным методам корректировки хлебопекарных свойств муки, включая использование сухой клейковины и импортных ферментных препаратов. В этом контексте уникальный биоклиматический потенциал Оренбуржья приобретает характер стратегического актива. Резко континентальный климат региона, зачастую воспринимаемый как зона рискованного земледелия, выступает естественным драйвером биосинтеза белка, позволяя формировать партии зерна, функционирующего как натуральный «улучшитель» для слабых помольных смесей.

Обеспечение продовольственной безопасности требует отхода от линейной оценки эффективности АПК (в тоннах) к качественной дифференциации. Необходима разработка «карты технологической ценности» земель, где регионам, способным производить сильную и ценную пшеницу, будет оказываться приоритетная господдержка. Сохранение и развитие таких

зон, как Оренбургская область, является гарантией того, что технологический суверенитет России будет обеспечен не только физическим наличием хлеба, но и его биологической ценностью без зависимости от химических корректировок.

Приоритетными задачами являются модернизация агротехнологий и селекция сортов с высоким генетическим потенциалом хлебопекарных свойств, что позволит минимизировать зависимость от внешних поставок.

Список литературы

1 Медведев П.В., Федотов В.А. Информационно-измерительная система определения потребительских свойств пшеницы // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 3. С. 140-145.

2 Матюшев, В. В. Оценка энергетического дохода технологии производства текстурированной муки / В. В. Матюшев, И. А. Чаплыгина // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 2 (143). – С. 165–171.

3 Качество зерна – источник здоровья нации // Достижения науки и техники АПК / А.И. Прянишников, Л.В. Андреева, Т.Б. Кулеватова и др. – 2010. – № 11. – С. 16-17.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ МУКОМОЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

**Федотов В.А., д-р техн. наук, доцент,
Бочкарева И.А., канд. техн. наук, доцент,
Лебедева А.А., Медведев П.В., д-р техн. наук, профессор,
Шишак А.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Ключевым вектором модернизации мукомольных заводов в последние годы стала комплексная замена технологического оборудования – от зерноочистительных сепараторов до вальцовых станков и ситовеечных машин. Целевой установкой данных мероприятий является не просто обновление материальной базы, но и качественная трансформация технологического регламента, обеспечивающая прирост выхода высокосортной муки [1]. Анализ существующих производственных линий демонстрирует отсутствие единого стандарта: конфигурации варьируются от количества драных систем (4 или 5) до баланса вальцовых линий. Практика показывает, что сокращение драного процесса до четырех этапов без дополнительных компенсирующих мер ведет к снижению общего выхода муки до 74,7 % (против 75,9 % при пятикратной схеме) и нерациональной загрузке последних размольных систем низкокачественными сходами. Ситуация осложняется институциональной разобщенностью проектировщиков, что диктует необходимость создания централизованной системы мониторинга и управления техническим прогрессом в отрасли [2].

Ответом на выявленные недостатки стала разработка экспериментальной технологической схемы, спроектированной с учетом современных требований к глубокой переработке зерна. Техническое оснащение линии базируется на использовании 20 вальцовых станков формата 1000x250 и системы рассевов типа ЗРШ. Принципиальной новизной отличается архитектура процесса: при сохранении четырех драных систем введена дополнительная вымольная стадия, а также развитый блок шлифовочных и размольных систем. Особое внимание уделено гранулометрическому контролю: на финишных этапах размола применяются сита высоких номеров (до № 58), что способствует чистоте конечного продукта.

Эффективность новой схемы достигается за счет ряда инженерных решений. Во-первых, внедрение специализированной вымольной системы позволило разгрузить хвост размольного процесса от грубых сходов IV драной системы. Во-вторых, применена технология интенсивного сепарирования сходов через бичевые машины и дополнительные сортировки. В-третьих, оптимизирована микрогеометрия рабочих органов: на финальных этапах размола и схода гладкие валки заменены на нарезные, что улучшает вскрытие

оболочек. Наконец, изменение кинематики вальцов (увеличение соотношения скоростей до 1,5) на вымольных этапах обеспечило более агрессивный и эффективный сьем муки. Совокупность этих мер делает предложенную схему экономически обоснованным инструментом для повышения рентабельности мукомольного производства [3].

Внедрение инновационной конфигурации помола с расширенными возможностями сепарирования стало драйвером роста производственных показателей. Возможность отдельного управления потоками сортовой муки позволила достичь общего выхода продукции в 78 %. Примечательно, что качественные параметры (зольность 0,78 %) существенно улучшились, даже при использовании периферийных частей эндосперма. Ориентация на белизну как критерий качества в ходе экспериментов подтвердила возможность получения 71,23 % муки высоких сортов, из которых 37,25 % приходится на высший сорт, при общем выходе 76,57 %.

Программы технического перевооружения должны ориентироваться на достижение планки общего выхода в 79 %. Ключевым инженерным решением здесь является маршрутизация сходов IV драной системы на отдельную линию вымола. Прозрачность производственного процесса обеспечивается внедрением автоматизированного учета сырья (расходомеры на входе), а также строгим лабораторным контролем: от регулярной выкладки образцов с каждой системы рассева до мониторинга работы ситовеек.

Особое внимание уделяется подготовке помольной партии. Строгое соблюдение режимов кондиционирования (увлажнение/отволаживание) и минимизация сорной примеси перед подачей на I драную систему – базис для стабильной работы размольного отделения. Использование энтолейторов в технологической цепочке рассматривается как необходимый элемент интенсификации, позволяющий в тандеме с вальцовыми станками извлекать до 55 % муки на конкретных этапах.

Успех модернизации напрямую зависит от надежности парка оборудования. Текущая статистика указывает на уязвимость вальцовых валков и ударных механизмов, а также на сложности со стабилизацией влажности. Решение этих технических задач должно идти параллельно с кадровой реформой. Повышение статуса и компетенций начальников размольных цехов (крупчатников) необходимо для реализации концепции бережного землепользования. Перспективы мукомольной промышленности лежат в плоскости создания функциональных сортов муки, максимизации выходов и внедрения культуры глубокой, ресурсоэффективной переработки зерна.

Экономическая целесообразность глубокой модернизации мельничных комплексов становится очевидной при анализе структуры рентабельности переработки. Переход на усовершенствованные схемы помола, включающие развитую систему обогащения промежуточных продуктов и активное использование ударно-дезинтеграторного оборудования (энтолейторов), позволяет кардинально трансформировать структуру товарной продукции. Достижение общего выхода муки на уровне 78–79 % при одновременной

максимизации доли высоких сортов напрямую влияет на финансовую устойчивость предприятия. В условиях волатильности цен на зерно именно технологическая эффективность – способность извлечь максимум добавленной стоимости из каждой тонны сырья – становится главным конкурентным преимуществом.

Нельзя игнорировать эксплуатационные риски. Высоконагруженные режимы работы современного оборудования, такие как повышенные скорости вращения валков и интенсивное просеивание, диктуют жесткие требования к износостойкости узлов и качеству сервисного обслуживания. Техническое перевооружение должно неразрывно сопровождаться внедрением цифровых систем мониторинга, позволяющих в реальном времени отслеживать баланс нагрузок и качественные параметры потоков. Однако даже самая совершенная автоматика не способна полностью заменить экспертную оценку. Возрождение статуса профессиональных крупчатников и инвестиции в их компетенции являются критическим условием для реализации потенциала, заложенного в новом оборудовании. Только синергия передовых инженерных решений и высокой культуры производства обеспечит выпуск конкурентоспособной муки, отвечающей строгим стандартам современной хлебопекарной промышленности.

Список литературы

1 Николаев Б.А. Структурно-механические свойства мучного теста. М.: Пищевая промышленность, 1976. 230 с.

2 Медведев П.В., Федотов В.А. Информационно-измерительная система определения потребительских свойств пшеницы // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 3. С. 140-145.

3 Медведев П.В., Федотов В.А., Бочкарева И.А. Комплексная оценка потребительских свойств зерна и продуктов его переработки // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 7-1 (38). С. 77-80.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СПЛОШНЫХ СРЕД В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Ханин В.П., канд. техн. наук, доцент, Ханина Т.В.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Оптимизация параметров технологических процессов не может быть ограничена полуэмпирическими подходами, основанными на обобщении производственного опыта или опыта экспериментальных исследований. В связи с этим развитие теоретических методов достаточно точного количественного описания технологических процессов, учитывающих взаимосвязь большого числа факторов, является задачей математического моделирования и дальнейшего изучения.

Согласно достижений механики сплошных сред в области обработки материалов давлением, активно развиваются механико-математические методы, позволяющие изучать механизмы микропроцессов, происходящих при пластическом деформировании материалов.

Формирование феноменологического подхода, основанного на применении абстрактных моделей реальных тел, учитывающих реологические свойства сплошной среды, позволяет исследовать процессы пластической деформации посредством анализа решения некоторых краевых задач математической физики, т.е. изучать распределение напряжений и деформаций, температурных полей и условий нагружения в пределах исследуемых объемов.

Движение сплошных сред в условиях интенсивного механического воздействия сопряжено объемным деформированием, при котором расстояния между частицами среды изменяются. Характер данных изменений является следствием комплексного воздействия геометрических и кинематических параметров рабочих органов и инструментов технологических машин, технологическими параметрами материалов, воздействием температурных полей и других возмущающих факторов.

Анализ рабочих процессов машин реализующих процессы уплотнения, прессования и экструдирования, демонстрирует значительные расхождения между опытными и теоретическими параметрами величин, определяющих основные технические показатели.

Отсутствие данных о свойствах дисперсных систем на основе материалов растительного происхождения при значительных механических воздействиях не позволяет иметь однозначную методику определения потребляемой мощности в ходе проведения процесса.

Известно, что в тонком слое экструдированного материала в зоне утечек, в компрессионном затворе и насадке типа «торпедо» возникают скорости сдвига значительно большие, чем в канале шнека [1]. По мнению ряда исследователей, вязкость материала в полости утечек не только сильно отличается от вязкости в

канале шнека, но и изменяется в ходе проведения процесса, как по времени, так и по объему рабочего пространства. Полость утечек формируется зазором между шнековым цилиндром и лопастью шнека, или иными словами неподвижными и подвижными частями рабочих органов. В результате уплотнения материала величина внутреннего трения значительно увеличивается, происходит рассеивание энергии механических колебаний, повышение температуры дисперсной среды, плавление, образование жидкой фазы и частичное растворение элементов среды, рост величины давления. Образующийся расплавленный материал нагнетается в зазор утечек и движется в направлении, противоположном основному потоку. Вращающиеся лопасти шнекового нагнетателя вызывают сдвиговые деформации в слоях материала в осевом и окружном направлении.

Измерение динамических параметров непосредственно в рабочей зоне прессующих машин является сложной технической задачей. Поэтому целесообразно проводить исследования на лабораторной установке, реализующей модель сложного нагружения. Схема устройства, реализующего такую модель, показана на рисунке 1 [2].

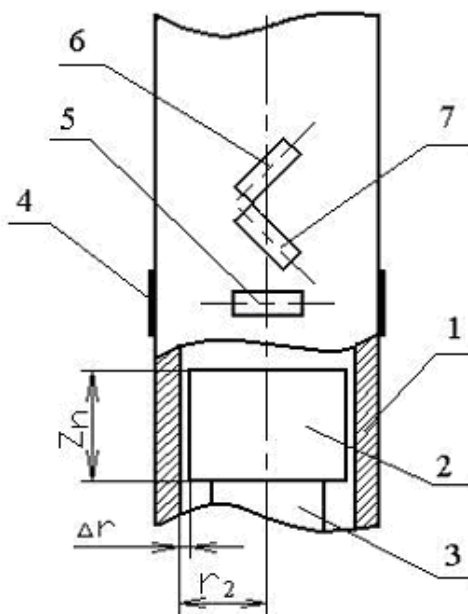


Рисунок 1 – Элементы модели, реализующей сложное нагружение

Устройство состоит из цилиндрической насадки 1, соосно расположенной внутри цилиндрической оболочки 2. Насадка 1, установлена на вращающемся штоке 3. Длина z_n насадки 1 определяется сменными элементами и может быть изменена в заданных пределах. Зазор Δr между насадкой и оболочкой 2 также может быть изменен за счет замены насадки. Оболочка 2 воспринимает деформационные воздействия прессуемого материала и является измерительным элементом этой системы. На внешней поверхности оболочки 2 размещены тензометрические датчики 4 и 5 для измерения соответственно осевой и окружной деформации оболочки. Датчики расположены симметрично

относительно поперечного сечения, в котором происходят изменения [3]. Так же на внешней поверхности находятся тензометрические датчики 6 и 7 для измерения крутящего момента. Размещение и наклейка тензометрических датчиков произведено по известной методике [4].

Исследуемый материал прессуется поршнем (на рисунке 1 не показан), который движется с постоянной заданной скоростью. Это обеспечивает постоянство расхода материала через кольцевую полость. При этом насадка 1 вращается с заданной угловой скоростью.

Крутящий момент M_2 в оболочке 2 определяется через тарировочный момент M_{tar} выражением

$$M_2 = \lambda_M M_{tar}, \quad (1)$$

где λ_M – отношение величины измеренного сигнала с тензодатчиков к величине сигнала при тарировочном крутящем моменте.

Задача определения давления в материале σ_z , находящемся внутри оболочки, по меридиональному и окружному направлению рассмотрена, согласно источника [4].

Если провести тарировку тензометрической системы осевым сжатием материала внутри оболочки силой P_{tar} , то давление в материале σ_{zm} в данном сечении можно определить из выражения

$$\sigma_{zm} = -\frac{(\nu + 1)\lambda_\sigma P_{tar}}{\pi r_2^2}, \quad (2)$$

где ν – коэффициент поперечной деформации материала оболочки;

λ_σ – отношение величины измеренного сигнала с тензодатчиков к величине сигнала при сжатии силой P_{tar} при тарировке;

r_2 – радиус внутренней цилиндрической поверхности оболочки фильеры.

Зависимость (2) может быть использована для нахождения градиента давления в материале в пределах полости по выражению

$$\frac{d\sigma_z}{dz} = \frac{\sigma_{zm}}{z_n}. \quad (3)$$

Предполагается, что прессуемый материал в канале фильеры течет как вязкая жидкость, причем справедлива зависимость:

$$\tau = \mu \dot{\gamma}, \quad (4)$$

где τ – напряжение сдвига в материале на цилиндрической поверхности радиусом r ;

μ – вязкость, которой приписывают смысл эффективной вязкости [5];

$\dot{\gamma}$ – скорость сдвига скорость сдвига на рассматриваемой цилиндрической поверхности выделенного объема материала с радиусом r .

Отсюда вязкость материала равна

$$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}. \quad (5)$$

В вискозиметрии вязкость определяется по консистентным переменным – пристенной скорости сдвига $\dot{\gamma}(r_2)$ и пристенному напряжению сдвига $\tau(r_2)$ в исследуемом материале [5]. В нашем случае определяется вязкость на неподвижной внутренней поверхности фильеры.

Полость относится к цилиндрической системе координат и задаются граничные условия, в соответствии с рисунком 2.

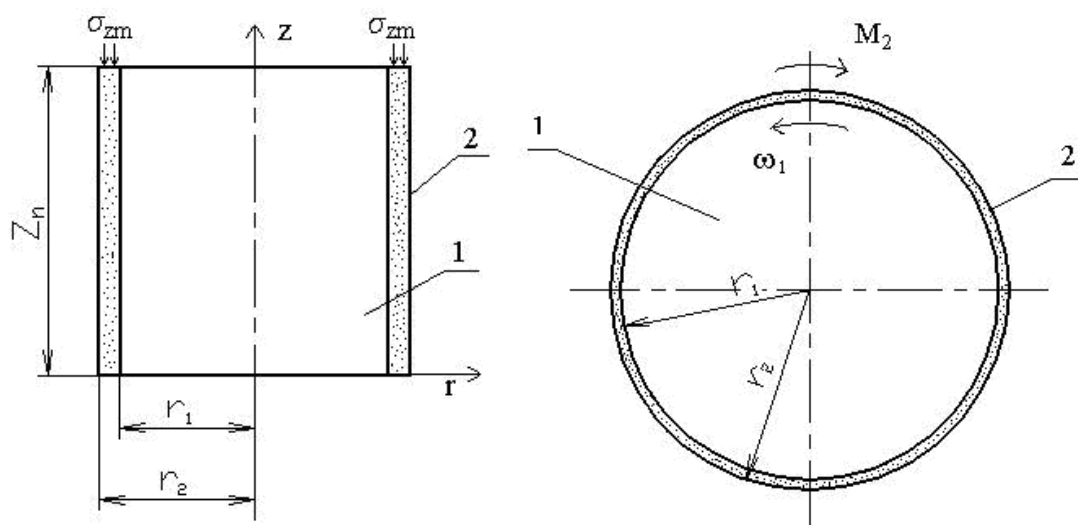


Рисунок 2 – Схема распределения материала в полости утечек

Абсолютная скорость сдвига $\dot{\gamma}$ при сложном сдвиге определяется по формуле

$$\dot{\gamma} = \sqrt{\dot{\gamma}_z^2 + \dot{\gamma}_\varphi^2}, \quad (6)$$

где $\dot{\gamma}_z$ – осевая скорость сдвига;

$\dot{\gamma}_\varphi$ – окружная скорость сдвига;

Аналогично результирующее напряжение сдвига τ при сложном сдвиге определяется по формуле

$$\tau = \sqrt{\tau_z^2 + \tau_\varphi^2}, \quad (7)$$

где τ_z – осевое напряжение сдвига;
 τ_φ – окружное напряжение сдвига.

Окружная составляющая консистентных переменных соответствует случаю ротационного вискозиметра [5] и в наших обозначениях имеет вид:

$$\tau_\varphi(r_2) = -\frac{M_2}{2\pi z_n r_2^2}, \quad (8)$$

$$\dot{\gamma}_\varphi(r_2) = \frac{2\omega_1 r_1^2}{r_2^2 - r_1^2}, \quad (9)$$

где ω_1 – угловая скорость цилиндрической насадки 1;
 r_1 – внешний радиус цилиндрической насадки.

Определяется осевая составляющая консистентных переменных в кольцевой полости на внутренней поверхности фильеры.

При воздействии осевого давления на испытуемый материал справедливо уравнение

$$\frac{d[r\tau_z(r)]}{dr} = -r \frac{d\sigma_z}{dz}. \quad (10)$$

После интегрирования уравнения (10) и преобразований получается:

$$\tau_z(r) = -\frac{d\sigma_z}{dz} \frac{r}{2} + \frac{E}{r}. \quad (11)$$

По определению

$$\dot{\gamma}_z(r) = \frac{dv_z(r)}{dr}, \quad (12)$$

где $v_z(r)$ – осевая скорость материала в полости на поверхности радиуса r .

После интегрирования уравнения (11) с учетом уравнений (4) и (12), получается

$$v_z(r) = -\frac{1}{\mu} \frac{d\sigma_z}{dz} \frac{r^2}{4} + \frac{1}{\mu} E \ln r + F. \quad (13)$$

Приняв условия прилипания на границах полости, то есть $v_z(r_1) = 0$ и $v_z(r_2) = 0$, можно выразить постоянные интегрирования из уравнения (13)

$$E = \frac{1}{4} \frac{d\sigma_z}{dz} \frac{(r_2^2 - r_1^2)}{\ln \frac{r_2}{r_1}}; \quad (14)$$

$$F = \frac{1}{8\mu} \frac{d\sigma_z}{dz} \left[r_1^2 + r_2^2 - \frac{(r_2^2 - r_1^2)}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \ln(r_1 r_2) \right]. \quad (15)$$

Подставив значение E из (14) в уравнение (11) и приняв $r = r_2$, получается пристенное напряжение сдвига в осевом направлении

$$\tau_z(r_2) = \frac{1}{2} \frac{d\sigma_z}{dz} \left(\frac{(r_2^2 - r_1^2)}{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}} - r_2 \right). \quad (16)$$

С учетом (14) и (15) уравнение (13) примет вид

$$v_z(r) = -\frac{1}{4\mu_z} \frac{d\sigma_z}{dz} \left(r^2 - \frac{r_2^2 - r_1^2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \ln r + \frac{r_2^2 \ln r_1 - r_1^2 \ln r_2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right). \quad (17)$$

Зная распределение осевых скоростей, можно найти объемный расход материала Q через полость интегрированием выражения

$$Q = \int_{r_1}^{r_2} 2\pi r v_z(r) dr. \quad (18)$$

Подставив в (18) значение скорости из (17), после интегрирования получим

$$Q = \frac{\pi}{8\mu} \frac{d\sigma_z}{dz} \left[r_2^4 - r_1^4 - \frac{(r_2^2 - r_1^2)^2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right]. \quad (19)$$

Приведем уравнение (19) к виду (5)

$$\mu = \frac{\pi}{8Q} \frac{d\sigma_z}{dz} \left[r_2^4 - r_1^4 - \frac{(r_2^2 - r_1^2)^2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right]. \quad (20)$$

Сравним (20) и (5). С учетом (11) и (14), выделив из уравнения (20) члены, соответствующие окружному пристенному напряжению сдвига, присвоим оставшимся членам значение окружной пристенной скорости сдвига

$$\dot{\gamma}_z(r_2) = \frac{2Q}{\pi} \frac{r_2^2 - r_1^2 - 2r_2^2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{r_2 (r_2^2 - r_1^2) \left[\left(\ln \frac{r_2}{r_1} + 1 \right) (r_2^2 + r_1^2) - 2r_2^2 \right]}. \quad (21)$$

Входящая в уравнение (21) производительность подлежит экспериментальному определению, например, по скорости перемещения поршня, прессующего исследуемый материал.

Подставив значение окружной пристенной скорости сдвига из уравнения (9) и осевой пристенной скорости сдвига из уравнения (21) в уравнение (6), а значение окружного пристенного напряжения сдвига из уравнения (8) и осевого пристенного напряжения сдвига из уравнения (16) в уравнение (7), по формуле (5) определим вязкость исследуемого материала. При этом можно рассматривать вязкость как функцию напряжения сдвига и скорости сдвига, то есть идентифицировать любое реологическое тело по существующим методикам вискозиметрии.

Таким образом, с помощью предлагаемого способа можно определять реологические свойства материалов высокой вязкости по абсолютной скорости сдвига и результирующему напряжению сдвига в условиях сложного сдвига в зоне утечек прессующих механизмов.

Список литературы

1. Шенкель, Г. Шнековые прессы для пластмасс [Текст] : Принцип действия, конструирование и эксплуатация / Пер. с нем. Г. П. Делекторского [и др.] ; Под ред. [и с предисл.] А. Я. Шапиро. — Ленинград : Госхимиздат. [Ленингр. отд-ние], 1962. — 467 с.
2. Патент РФ № 2194266, 10 декабря 2002 г. Устройство для исследования течения материала при сложном сдвиге.
3. Макаров, Р.А. Тензометрия в машиностроении [Текст] : Справ. пособие / Р. А. Макаров, А. Б. Ренский, Г. Х. Боркунский, М. И. Этингоф // Под ред. канд. техн. наук Р. А. Макарова. — Москва : Машиностроение, 1975. — 287 с.
4. Полищук, В.Ю. Измерение нормального давления в рабочей зоне шнекового пресса с помощью тензодатчиков, укрепленных на наружной поверхности шнекового корпуса / В. Ю. Полищук, Р.Ф. Сагитов, К.А. Фисенко, В.П. Ханин // Тезисы докладов трудов сотрудников и преподавателей факультета механизации сельского хозяйства. Том 3. — Оренбург: ОГАУ, 1999, С. 74.
5. Мачихин, Ю.А. Реометрия пищевого сырья и продуктов Справочник / Ю.А. Мачихин, А.В. Горбатов, А.С. Максимов // Под ред. Ю.А. Мачихина. — М. : Агропромиздат, 1990. — 270 с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПУТИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ 1,4-БУТАНДИОЛА

**Хусаинов Ф.Ф., Манеева Э.Ш., канд. биол. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

1,4-бутандиол представляет собой двухатомный спирт, в котором один водород каждой из метильных групп замещен гидроксильной группой. Это бесцветная, смешивающаяся с водой вязкая жидкость с температурой кипения 230 °С [1].

В основном 1,4-бутандиол используется для производства других органических химических веществ. Больше половины производимого объема используется для получения тетрагидрофуран, который широко применяется в производстве полиуретанов. Так же 1,4-бутандиол применяется для синтеза полибутилентерефталата и γ -бутиролактона. Эти продукты применяются в автомобилестроении, в производстве товаров широкого потребления, в качестве растворителей, также служат промежуточным продуктом в органическом синтезе [2, 3].

Согласно приказу Минпромторга, Россия нуждается в данном продукте. Потребность химической промышленности РФ составляет 9000 тонн в год. Однако на данный момент 1,4-бутандиол в нашей стране не производится. Все объемы импортируются из Китая [4].

Существует ряд доступных технологий синтеза 1,4-бутандиола, представляющих перспективу реализаций производства в России.

Одним из традиционных методов получения 1,4-бутандиола является синтез с использованием ацетилена и формальдегида. Процесс характеризуется использованием доступного российского сырья: стандартных растворов формальдегида: газообразного ацетилена; каолина для носителя катализатора. Синтез 1,4-бутандиола ведется в колонном реакторе на активированном катализаторе в непрерывном режиме при температуре 80-120 °С и давлении 0,1-1,0 МПа [5].

Отработанная методика активации и синтеза, а также использование стандартного оборудования для гетерогенного катализа делают технологию пригодной для реализации на существующих мощностях в России. В данной технологии необходимо учитывать взрывопожароопасные свойства ацетилена и токсичность формальдегида и соблюдать жесткие требования к герметичности реакторного блока, системам контроля и автоматизации [5]. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

За рубежом активно изучается переход от традиционного, энергоемкого химического производства 1,4-бутандиола к устойчивому биосинтезу с использованием генетически модифицированных микроорганизмов. Основная суть процесса заключается в конструировании искусственных метаболических путей в бактериях *Escherichia coli*, которые позволяют преобразовывать

возобновляемое углеводное сырье в целевой продукт. В качестве сырьевой базы используются компоненты непищевой биомассы: ксилоза, L-арабиноза и D-галактуроновая кислота. В рамках специализированных биоконверсионных процессов успешно применяются глутамат и эритрит [6, 7].

Технологический процесс можно разделить на несколько взаимосвязанных стадий, главной из которых является ферментация. Внутри клеток *E. coli* сырье последовательно преобразуется в 1,4-бутандиол по одному из нескольких искусственно созданных метаболических путей. Успехов удалось достичь с CoA-зависимым путем. Однако в процессе образуется ряд побочных продуктов, таких как 1,2,4-бутантриол, пируват и ацетат. Разделение полученной многокомпонентной смеси представляет значительную трудность [6].

Следующей технологией является одностадийный каталитический синтез 1,4-бутандиола из 1,4-ангидроэритрита с использованием газообразного водорода в качестве восстановителя.

Процесс катализируется физической смесью двух гетерогенных катализаторов. Первая стадия процесса – деоксидегидратация, которая протекает на катализаторе $\text{ReO}_x\text{-Au/CeO}_2$ (содержание 1 масс.% Re и 0,3 масс.% Au) и приводит к образованию 2,5-дигидрофурана [8].

Вторая стадия включает изомеризацию, гидратацию и гидрирование промежуточных продуктов на катализаторе $\text{ReO}_x\text{/C-VP}$, в результате чего образуется целевой 1,4-бутандиол [8].

Поскольку промышленное производство 1,4-ангидроэритрита в нашей стране отсутствует, это осложняет внедрение данной технологии [9].

Другим перспективным методом является получение 1,4-бутандиола из этилена и триэтилалюминия в мягких условиях с последующим окислением и гидролизом. В качестве основного сырья и реагентов используются этилен, триэтилалюминий, гексан, воздух, кислород и вода [**Ошибка! Источник ссылки не найден.Ошибка! Источник ссылки не найден.Ошибка! Источник ссылки не найден.**10].

Процесс состоит из трёх стадий. Сначала этилен взаимодействует с триэтилалюминием в гексане в присутствии катализатора при 25 °С и давлении этилена 0,8–1,0 МПа в течение 12–16 часов. Затем реакционную массу окисляют барботажем воздуха и чистым кислородом (3 ч при 40 °С). На заключительной стадии массу гидролизуют водой, разделяют фазы, а целевой продукт из органического слоя выделяют и сушат безводным сульфатом кальция [10].

Для промышленного воплощения данной лабораторной методики потребуются решение задач, связанных с безопасной работой с пирофорными и реакционноспособными реагентами. Критически важным будет проведение детального технико-экономического обоснования, которое оценит конкурентоспособность данного метода на фоне других существующих технологий производства 1,4-бутандиола [11].

Еще одним перспективным способом является синтез 1,4-бутандиола из фурана. Для обеспечения гомогенности реакционной смеси используется растворитель, в качестве которого оптимально применять смесь самих продуктов процесса, что исключает необходимость ввода сторонних веществ и упрощает последующее разделение [12].

Технологический процесс состоит из нескольких основных стадий. Первая стадия – это гидратация фурана, которая проводится в реакторе с неподвижным слоем катализатора при температуре 100-350 °С и давлении 0,1-15,0 МПа. Вторая стадия – остановка потоков сырья и удаление остатков фурана и воды из реактора. Третья стадия – регенерация катализатора путем обработки его потоком водорода при температуре 400 °С в отсутствие фурана и воды. Четвертая стадия – возобновление подачи сырья и продолжение процесса [12].

Этот способ конкурентоспособен благодаря использованию возобновляемого сырья, что соответствует принципам экологических производств.

Наиболее перспективным способом производства бутандиола является гидрирование малеинового ангидрида.

На первой стадии осуществляется преобразование исходного сырья в паровую фазу с последующим каталитическим гидрированием. Процесс осуществляется в реакторе с неподвижным слоем катализатора при температуре 200-300 °С и давлении 0,1-1,0 МПа [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Смесь после гидрирования поступает на стадию разделения, реализуемую в каскаде из четырех ректификационных колонн. Все колонны работают в режиме глубокого вакуума с давлением в верхних сечениях 5-60 кПа. Температурный профиль процесса варьируется от 45 °С до 250 °С. На данной стадии обеспечивается выделение товарного янтарного ангидрида и возврат непрореагировавших компонентов в процесс.

Выделенный на предыдущих стадиях γ -бутиролактон подвергается гидрогенолизу до целевого 1,4-бутандиола. Процесс проводится в реакторе гидрирования при температуре 120-200 °С и давлении 2-8 МПа. Финальная стадия процесса включает очистку продукта гидрирования в системе из двух ректификационных колонн. Здесь обеспечивается рециркуляция непрореагировавшего γ -бутиролактона и выделение целевого продукта требуемой чистоты [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Таким образом, среди рассмотренных методов получения 1,4-бутандиола особого внимания заслуживает процесс совместного производства 1,4-бутандиола и янтарного ангидрида. Данный процесс представляет собой модификацию традиционного метода, что обеспечивает ему преимущества перед альтернативными способами, находящимися на стадии коммерческого освоения. Также следует отметить более высокие показатели безопасности данного процесса по сравнению с вышеперечисленным. В сочетании с

наличием в России существенной сырьевой базы это позволяет считать метод гидрирования малеинового ангидрида перспективным для реализации.

Список литературы

1. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 8064, 1,4-Butanediol. // National Center for Biotechnology Information. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8064>
2. Канаузова, А. А. Термоэластопласты / А. А. Канаузова, С. В. Резниченко, С. В. Емельянов. – Москва : РТУ МИРЭА, 2022. – 62 с.
3. Кузенков, А. В. Промышленная органическая химия. Сложные эфиры / А. В. Кузенков. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – ISBN 978-5-507-51557-8.
4. Приказ Министерства промышленности и торговли "Перечень критической промышленной продукции в отрасли химической промышленности Российской Федерации на 2024 год и плановый период 2025 и 2026 годов" от 22.02.2024 № N 207.
5. Пат. 2150460 Российская Федерация, МПК7 С 07 С 29/141, С 07 С 31/20. Способ получения 1,4-бутандиола / Захаров В.И. ; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Новочеркасский завод синтетических продуктов" (ОАО "НЗСП"). – № 98117458/04; заявл. 25.09.98; опубл. 10.06.00, Бюл. № 16. – 12 с.
6. Цзе Чэн, Цюань Ли, Линган Чжэн. Достижения и перспективы получения 1,4-бутандиола из инженерных микроорганизмов // Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. – 2021. – №69 (36). – С. 10480-10485.
7. Перлак, Р. Д. Биомасса как сырье для биоэнергетической и биопродуктовой промышленности: техническая осуществимость поставок в миллиард тонн в год; Национальная лаборатория Оук-Ридж (ORNL): Оук-Ридж, Теннесси, 2005; Технический отчет ORNL/TM-2005/66
8. Т. Ван,а С. Лю, М. Тамура, Ё. Накагава, Н. Хиёсис, К. Томисигэ «Одногорочный каталитический селективный синтез 1,4-бутандиола из 1,4-ангидроэритритола и водорода» // Зеленая химия. – 2018. – №20. – С. 2547-2557.
9. Реестр российской промышленной продукции (ПП РФ 719 от 17.07.2015) // Сервис ПП РФ-719 URL: <https://gisp.gov.ru/pp719v2/pub/prod>
10. Пат. 2102372 Российская Федерация, МПК6 С 07 С 29/141, С 07 С 31/20. Способ получения 1,4-бутандиола / Джемилев У.М., Ибрагимов А.Г. и др.; заявитель и патентообладатель Джемилев У.М., Ибрагимов А.Г. и др. – № 95110259/04; заявл. 28.06.95; опубл. 20.01.98, Бюл. № 2. – 5 с.
11. Краузе, Майкл Дж.; Орланди, Франк; Сораж, Альфред Т.; Циц, Джозеф Р. (2000). «Органические соединения алюминия». Энциклопедия промышленной химии Ульмана. Вайнхайм: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-30673-2.
12. Дж. Ланге, С. Х. Уодман. Фурфурал в 1,4-бутандиол/тетрагидрофуран – детальное проектирование катализатора и процесса // ChemSusChem. - 2020. – №13. – С. 5329- 5337.

13. Пат. RU 202411327А Российская Федерация, МПК С 07 С 29/141, С 07 С 31/20, С 07 С 51/36, С 07 D 307/60. Метод прямого гидрирования малеинового ангидрида с получением 1,4-бутандиола и янтарного ангидрида / Чэнь Цзюньчэн; заявитель и патентообладатель Чэнь Цзюньчэн. – № 2024113279; заявл. 07.05.2024; опубл. 27.05.2024, Бюл. № 2024.05.27. – 11 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИМЕРОВ

Шароварова И.С., Ханин В.П., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Управляемости процесса распада полимеров под действием солнечных лучей путём создания специальной фотокаталитической системы, эффективность которой зависит не только от света, но и от дополнительных активирующих агентов. Эти активаторы включают химические вещества, усиливающие реакцию окисления полимера, катализаторы, ускоряющие процессы разрушения молекулярных связей, а также вспомогательные компоненты, улучшающие поглощение светового излучения поверхностью материала. Такая комплексная система позволяет регулировать скорость и направленность реакции распада полимера, обеспечивая целенаправленное изменение структуры и свойств конечного продукта. Это открывает новые перспективы для переработки отходов пластмасс и производства экологически чистых материалов с заданными свойствами.

Согласно передовых исследований в области фотокатализа, рассматриваются варианты применения катализаторов, с целью целенаправленного воздействия на структурные межмолекулярные связи, в частности учеными из Японии рассматривается применение активаторов (Cl^- , Br^- , I^-) [3].

Ионы хлора широко распространены в природе и входящие в состав многих естественных солей: хлорид натрия (NaCl), хлорид калия (KCl), хлорид магния (MgCl_2), карналлит ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Эти соединения встречаются в морских и океанических водах, соляных озёрах, минеральных отложениях и горных породах. Ионы хлора в составе солей — не только распространённые природные соединения, но и потенциальные источники реакционноспособных радикалов $\text{Cl}\cdot$.

Хлорные радикалы ($\text{Cl}\cdot$) — высокореакционные частицы с неспаренным электроном. Их генерация возможна из хлоридных солей определенных переходных металлов, например, Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{3+} , Ti^{4+} . Основные хлоридные соли источники радикалов $\text{Cl}\cdot$ это хлорид меди(II) (CuCl_2), хлорид железа(III) (FeCl_3), хлорид никеля(III) (NiCl_3), тетрахлорид титана (TiCl_4).

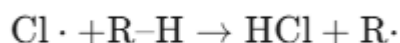
Образование радикалов $\text{Cl}\cdot$ осуществляется посредством фотолиза соединений типа $\text{M}-\text{Cl}$ в хлоридных солях некоторых металлов. Механизм фотолиза происходит следующим образом: под действием УФ-света ($\lambda < 400 \text{ нм}$) происходит гомолитический разрыв связи $\text{M}-\text{Cl}$ в координационной сфере металла:



Степень окисления играет важную роль, так как высокая окислительная способность Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{3+} , Ti^{4+} стабилизирует хлорокомплекс и облегчает отрыв атома хлора. Фотолиз протекает эффективнее в безводных или слабокоординирующих растворителях (ацетонитрил), где комплексы сохраняют координационную ненасыщенность. В таких средах металл не насыщает свою координационную сферу молекулами растворителя, оставляя вакантные места для лигандных взаимодействий. Это поддерживает напряженное состояние связи $M-Cl$. В полярных растворителях (вода, спирты) молекулы растворителя образуют водородные связи с хлорид-ионами, стабилизируя их и затрудняя генерацию радикалов.

Основное преимущество Cl^- ионов заключается в способности преобразовываться в активные хлорные радикалы ($Cl\cdot$) в результате электрохимических или фотохимических реакций. Образование радикалов $Cl\cdot$ осуществляется посредством фотолиза соединений, включающего перенос зарядов от металлических центров к связям металл-лиганд. Также стоит учитывать, что потенциал одноэлектронного окисления иона Cl^- близок к величине порядка +1,5 В относительно нормального водородного электрода, что открывает возможности для осуществления фотокаталитического окисления с участием фоторедокс-катализаторов для образования активного $Cl\cdot$.

Образующиеся хлорные радикалы ($Cl\cdot$) демонстрируют высокую активность в процессах переноса атомов водорода (Hydrogen Atom Transfer, HAT), что позволяет им успешно взаимодействовать с различными органическими соединениями, включая углеводороды, инициируя образование углеродных радикалов:



где: $R-H$ — органическое соединение с связью $C-H$;

$R\cdot$ — образующийся углеродный радикал.

Высокая энергия диссоциации связи $H-Cl$ (около 103 ккал/моль) обеспечивает устойчивость и реакционную способность радикала $Cl\cdot$, значительно превосходящую аналогичные показатели стандартных $C-H$ связей углеводородов. Это связано с тем, что энергия диссоциации $C-H$ связей в углеводородах ниже, что делает их менее устойчивыми и более склонными к разрыву в реакциях.

Энергия связи $H-CH_2-CH_3$: ~101 ккал/моль,

Энергия связи $H-CH(CH_3)_2$: ~98,6 ккал/моль.

Таким образом, углеродные радикалы, формирующиеся вследствие взаимодействия радикалов $Cl\cdot$ с органическими веществами, легко вступают в

реакцию с кислородом воздуха, способствуя эффективному разрушению полимерных структур.

Для детального понимания происходящих процессов, стоит обратить внимание на расчёты на основе теории функционала плотности (DFT). Известны комплексные соединения, способные инициировать одноэлектронный перенос при возбуждении видимыми лучами света, приводя к окислительной активности полимеризованных органических соединений [1].

1. Реакция возбуждения полиоксометаллатов, содержащих ванадий и вольфрам PV_2W_{10} с Cl^-

Анализ распределения спинового заряда возбужденного триплетного состояния комплекса $PV_2W_{10} - Cl^-$ демонстрирует локализацию неспаренного электрона на атоме хлора. Этот факт доказывает одноэлектронный перенос (SET) [2] от PV_2W_{10} к Cl^- , приводящий к образованию пары $PV_2W_{10}^{\bullet-}$ и Cl^{\bullet} .

2. Термодинамический анализ

Расчитанная величина свободной энергии Гиббса для реакции:



оказывается отрицательной ($-18,3$ ккал·моль $^{-1}$), что указывает на благоприятность переноса электрона.

Более того, расчеты [3] показывают, что:

- Одноэлектронное окисление основного состояния PV_2W_{10} энергетически менее выгодно (на $42,3$ ккал·моль $^{-1}$).
- Отрыв электрона от Cl^- в основном состоянии является эндотермическим процессом ($+23,9$ ккал·моль $^{-1}$).

Из этого следует вывод, что формирование Cl^{\bullet} осуществляется главным образом путём окисления Cl^- именно возбуждённым PV_2W_{10} .

3. Реакция элиминации водорода Cl^{\bullet} из полимера $P-CL$

Вычисленные величины свободной энергии Гиббса для реакции элиминации водорода из модельного $P-CL$ демонстрируют диапазон значений от -11 до -17 ккал·моль $^{-1}$. Таким образом, доказано, что Cl^{\bullet} способен эффективно извлекать водород из молекул $P-CL$, создавая углеродный радикал.

4. Согласование теоретических результатов с экспериментальными данными

Расчеты согласуются с экспериментально подтвержденной последовательностью скорости распада $P-CL$: $Cl^- > Br^- > I^-$. То есть соединение с Cl^- распадается быстрее всего, с Br^- — медленнее, а с I^- — медленнее всего.

Энергия отрыва электрона и термодинамическая устойчивость окисления показывают, что более тяжелые галогены легче подвергаются окислению. Соответственно реакционная способность образованных радикалов обратно пропорциональна.

Механизм многостимульного разрушения полимера на основании полученных данных, выглядит следующим образом:

1. Галогенид ион Cl^- окисляется возбужденным PV_2W_{10} до активного радикала Cl^{\bullet} .

2. Радикал $\text{Cl}\cdot$ реализует перенос атома водорода (НАТ) с полимера, инициируя углеродный радикал.

3. Происходит дальнейший окислительный разрыв макромолекул полимера.

Помимо поликапролактона (PCL), оказалось возможным эффективное разрушение ряда других материалов, таких как:

- Поли(бутилен адипат) (PBA),
- Поливинилацетат (PVAC),
- Целлюлоза ацетат (CA).

Причем наибольший эффект наблюдался именно в присутствии хлорид-ионов (Cl^-), где увеличение скорости деградации было значительным. Свободная энергия Гиббса для реакций этих полиэфиров аналогична соответствующей величине для Cl^- . Это предполагает возможный прямой перенос электрона от полимера к катализатору, работающий и без участия Cl^- . Такой механизм подтвержден результатами экспериментальных исследований [3], где быстрое разрушение полиэфиров отмечается даже в отсутствие Cl^- . Образовавшиеся углеродные радикал-катионы вызывают последующую фрагментацию полимера.

Исследования по разложению полимеров с низким редокс-потенциалом и слабыми связями [3], демонстрируют аналогичные результаты. В качестве испытуемого был взят полипропилен гликоль (PPG) и в результате также наблюдается успешное расщепление под действием $\text{TbAPV}_2\text{W}_{10}$, - фотокатализатор на основе полиоксометалата, это соль, где противоион — тетрабутиламмоний (TBA^+), а анион — полиоксометалат с формулой $[\gamma\text{-PV}_2\text{W}_{10}\text{O}_{40}]^{5-}$. Эффект присутствия Cl^- оказывался умеренным.

Данный подход демонстрирует работоспособность в водных средах благодаря применению водорастворимых солей PV_2W_{10} , таких как $\text{Cs}_5[\gamma\text{-PV}_2\text{W}_{10}\text{O}_{40}]$ (сокращённо $\text{CsPV}_2\text{W}_{10}$) (рис.1). В водной среде деградация полиэтиленгликоля (PEG) ускоряется при добавлении NaCl .

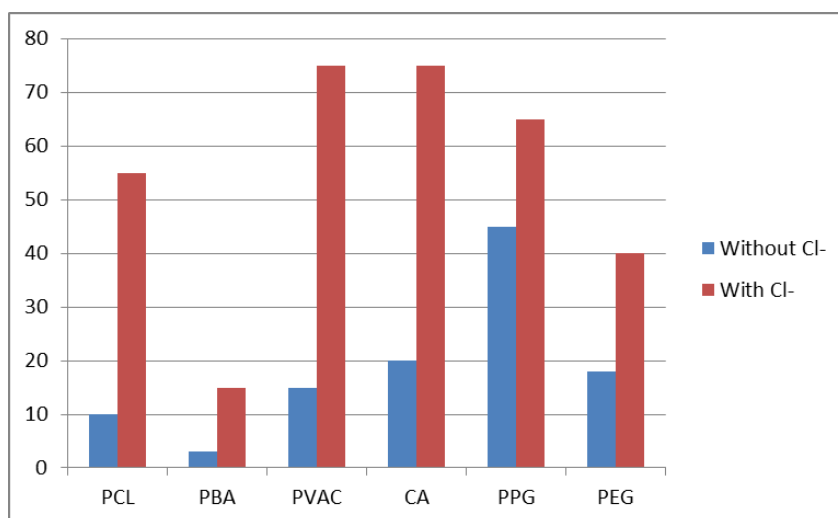


Рисунок 1 – Диаграмма фотокаталитической деградации различных полимеров с помощью $\text{TbAPV}_2\text{W}_{10}$ в отсутствие и в присутствии Cl^-

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

Показано хорошее совпадение между эффективностью скорости разрушения полимеров и их редокс-потенциалом.

Присутствие Cl^- усиливает процесс разрушения полимеров, способствуя увеличению концентрации активных радикалов, участвующих в разрушении.

Реакция переноса электрона (SET) для сложных полиэфигов (PCL, PBA) и PVAc является эндотермической, следовательно, прямая фрагментация через образование радикал-катионов менее предпочтительна. Вместо этого, эффективный путь заключается в передаче атома водорода (HAT) от Cl^- , обеспечивая экзотермическое создание радикальной формы полимера.

Список литературы

1. Дэвид Шолл, Дженис А. Стекл. Теория функционала плотности: практическое введение. - Wiley & Sons: Incorporated, 2009. - 256 с.
2. Чупахин О. Н. «Одноэлектронный перенос в органической химии» // «Соросовский образовательный журнал». 2001. Т. 7, №10. С. 33–37.
3. Chen Gu, Chifeng Li, Noriyuki Minezawa, Susumu Okazaki, Kazuya Yamaguchi, Kosuke Suzuki Multi-stimuli-responsive polymer degradation by polyoxometalate photocatalysis and chloride ions // View Article Online. - 2024. - С. 8013 - 8019.