

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Научная статья

УДК 641.56

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-10-17

БЛЮДА ДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ОПТИМИЗИРОВАННОГО СОСТАВА

Вадовский Илья Константинович^{1✉}, *Васюкова Анна Тимофеевна*²,
*Григорян Артем Эдуардович*³

^{1,2,3}Российский биотехнологический университет, Москва, Россия

¹i.vadovskiy@mail.ru✉

²vasyukova-at@yandex.ru

³araik0795@yandex.ru

Аннотация. Проанализированы дефицитные концентрации витаминов и минеральных веществ в существующих рационах питания пациентов, находящихся в лечебно-профилактических учреждениях. При проведении исследований состояния организма у пациентов ЛПУ обнаруживается недостаточность витамина D, витаминов группы B, каротиноидов, у отдельных категорий пациентов – витаминов-антиоксидантов A и E. Этот дефицит усугубляется на фоне лекарственной терапии. Для восполнения дефицитных состояний организма рекомендуется обогащать ОВД минерально-витаминным комплексом в концентрации 50-100% от суточной нормы витаминов и минеральных веществ. Обогащение рациона осуществляли премиксами GS-3093. Расхождения между содержанием витаминно-минерального комплекса в существующем рационе и рекомендованном, обогащенном премиксом GS-3093 для четырех особо дефицитных минеральных веществ и исследуемых витаминов A и группы B составляет от – 0,59 до - 675,215 мг. Следует отметить недостаток витаминов A (37%), B2 (14%) и C (52%), минеральных веществ Ca (26%), Zn (21%) и I (65%) от рекомендуемого суточного потребления. Это позволит обеспечить соблюдение требований к проведению научно-обоснованного диетического питания 800 пациентов ЛПУ ГБУЗ «МОНИКИ» им. МФ. Владимирского, которым назначен основной вариант стандартной диеты (ОВД).

Ключевые слова: премиксы, минерально-витаминная добавка, диеты.

Для цитирования: Вадовский И.К., Васюкова А.Т., Григорян А.Э. Блюда диетического питания оптимизированного состава // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С.10-17. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-10-17>.

Original article

OPTIMIZED COMPOSITION DIETARY DISHES

Ilya K. Vadovsky^{1✉}, *Anna T. Vasyukova*², *Artem E. Grigoryan*³

^{1,2,3}Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

¹i.vadovskiy@mail.ru✉

²vasyukova-at@yandex.ru

³araik0795@yandex.ru

Abstract. Deficient concentrations of vitamins and minerals in the existing diets of patients in medical institutions were analyzed. When conducting studies of the state of the organism in patients of health care

facilities, a deficiency of vitamin D, vitamins of group B, carotenoids is found, in certain categories of patients – antioxidant vitamins A and E. This deficiency is aggravated against the background of drug therapy. To replenish the deficient states of the body, it is recommended to enrich the ATS with a mineral-vitamin complex at a concentration of 50-100% of the daily norm of vitamins and minerals. The diet was enriched with GS-3093 premixes. The discrepancy between the content of the vitamin-mineral complex in the existing diet and the recommended, enriched with GS-3093 premix for four especially deficient minerals and the studied vitamins A and group B ranges from – 0.59 to – 675.215 mg. It should be noted the lack of vitamins A (37%), B2 (14%) and C (52%), minerals Ca (26%), Zn (21%) and I (65%) of the recommended daily intake. This will ensure compliance with the requirements for conducting evidence-based dietary nutrition for 800 patients of the health care facility of GBUZ “MONIKI” named after. MF. Vladimirsky, who was assigned the main variant of the standard diet (ATD).

Keywords: premixes, mineral-vitamin supplement, diets.

For citation: Vadovsky I.K., Vasyukova A.T., Grigoryan A.E. Optimized composition dietary dishes. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 3(29), pp. 10-17. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-10-17>.

Введение

Перспективным направлением в рациональном и диетическом питании является использование персональных данных потребителя. На основании анализа антропологических характеристик, интенсивности труда, пола, веса и структуры питания для различных категорий граждан Садовой В.В., Вобликова Т.В., Пермяков А.В. и др. [4] разработали нейросетевой алгоритм, вычисляющий суточное потребление жиров, пищевых продуктов и энергии. Полученные данные играют роль основы для составления индивидуального рациона питания. С учетом аминокислотного состава, органолептических показателей сырья и фактических показателей пищевой ценности и функционально-технологических свойств инновационного продукта, разработанной базы данных, позволяющей определять оптимальную рецептуру сбалансированного продукта, который является уникальным и рекомендуется для индивидуального питания. Структурно-параметрическая модель, положенная в основу модели рациона, состоит из трех месяцев сбора, накопления и анализа данных. Это позволит глубоко изучить особенности организма и обеспечить его потребности оптимальными концентрациями пищевых веществ и энергии.

Особое значение приобретает питание людей, имеющих ограничения возможностей здоровья вследствие различных заболеваний, которые усугубляются сопутствующими факторами (вирусные инфекции, травмы, аллергии и пр.). В данных условиях важно иметь индивидуальный рацион, который будет корректироваться в процессе изменившихся условий обитания и экологических факторов (состояния здоровья, климатических условий, религиозных и территориальных особенностей).

Индивидуальная диета должна быть реализована для обеспечения питания в течение суток в соответствие с рациональными нормами. Разработка диеты осуществляется в соответствии с индивидуальными нормами потребления основных компонентов пищи. При этом необходимо учитывать индивидуальные параметры организма: возраст, пол, телосложение, характер работы, предрасположенность к различным заболеваниям, аллергические состояния и другие особенности организма. Для здоровых людей нормального типа телосложения соотношение углеводов, жиров и белков в суточной норме должно составлять 1:1:4 (белки: жиры: углеводы) [7, 4, 9]. Для людей с недостатком массы тела более 5% рекомендуемое соотношение по массе основных компонентов составляет 2-2,25:1:4 (белки : жиры : углеводы). Пищеварительная активность в очаге пожилого человека снижена. Таким образом, доля мясных белков в рационе должна быть не более 30% (от общего количества потребляемого белка) [6, 8]. Рекомендуется увеличить количество пищевых продуктов в рационе до 5-10% от общего количества углеводов. Использование пищевых продуктов в рационе связано с высоким всасыванием глюкозы в кишечнике [3, 11]. В настоящий момент организация питания пациентов лечебно-профилактического учреждения ЛПУ Московской области далека от со-

вершенства, и в большей степени ограничена финансированием. Научный подход к разработке меню осуществлен не в полной мере. Для составления меню используют устаревшие сборники. В свою очередь питание лиц, имеющих хронические заболевания, не обеспечивается требуемым рационом.

Основной вариант стандартной диеты (ОВД) применяется в лечебном учреждении при различных заболеваниях, не требующих специализированных лечебных диет, и без нарушения состояний пищеварительной системы.

Для повышения пищевой ценности блюд при составлении рационов питания пациентов с неинфекционными заболеваниями используются СБКС (смеси белковые композитные сухие), которые вводятся в рецептуры в качестве компонента приготовления блюд диетического лечебного питания. Они состоят из 40% белков, 20% жиров, 30% углеводов.

В кризисных условиях, когда организм находится в болезненном состоянии, необходимо строго соблюдать диету. В этих условиях наблюдается недостаточное потребление отдельных биологически активных веществ. Отмечается недостаток витаминов, отдельных макро- и микроэлементов. Поэтому требуется усилить основной вариант диеты (ОВД) минерально-витаминным комплексом [1, 4, 5]. Для реализации данной программы была разработана «Картотека диетических блюд».

Целью исследования является оптимизация рецептур блюд диетического питания для лиц с неинфекционными заболеваниями для рационов ОВД.

Материалы и методы исследований

Для создания исходной базы данных, состоящей из характеристики сырья и его ассортимента, пищевой и биологической ценности, показателей структурно-механических свойств, использовалось математическое планирование Statistica v. 10. Планирование матрицы было импортировано из блока Industrial Statistics & Six Sigma. Заполнены матричные формы в Excel для статистической обработки. Нейросетевая обработка результатов проводилась с помощью программы Statistic Neural Networks. v. 4.0e. Для составления массивов данных входных переменных содержания белков, жиров, углеводов, витаминно-минеральных комплексов (ВМК) и энергетической ценности использовался алгоритмический язык Pascal. Структурно-параметрическая модель для формирования блюд ОВД рациона разработана в блоке Data Mining.

Физико-химические и органолептические исследования проводили в лабораториях кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса РОСБИОТЕХ, а также университетского испытательного центра. Отбор проб для испытаний проводили в соответствии с ГОСТ 7631-85.

Исследования проводили в условиях многопрофильного лечебного учреждения ГБУЗ «МОНИКИ» им. М.Ф. Владимирского, которое оказывает специализированную помощь по 40 медицинским профилям. Лечебное питание в соответствии со стандартными диетами включает также индивидуальные лечебные столы, что обеспечивает оптимальное питание для пациентов (800 человек), находящихся на общем варианте стандартной диеты (ОВД).

В данном исследовании рассматривалось действующее 7-дневное меню больницы, расположенной в Московской области. Анализу подлежал рацион ОВД, который реализован в ЛПУ на базе ГБУЗ Московской области "Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского". Исследован химический состав блюд и изделий промышленного производства; суточное потребление жиров, белков, углеводов, витаминов, микроэлементов, а также сравнение количественных показателей, которые приведены в методических рекомендациях, и данных фактического потребления на примере самой распространенной диеты «ОВД» с учетом возрастной категории – взрослые пациенты 35-60 лет.

Разработка обогащенных продуктов проводилась с учетом их употребления в течение суток, соответствия режиму питания, калорийности. Рассмотрены и апробированы в

производственных условиях ЛПУ на базе «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского 13 обогащенных витаминно-минеральным премиксом блюд, включающих закуски, супы, гарниры, вторые блюда и напитки, в состав которых возможно введение добавки «ВМК «GS-3093». В состав ВМК «GS-3093 входят витамины (А 0,226±0,041 г/100 г; Е 5,27±0,9 г/100 г; С (аскорбиновая кислота) 33,35±5,33 г/100 г; Н 0,0124±0,0024 г/100 г; В1 0,37±0,067 г/100 г; В2 0,44±0,08 г/100 г; В5 1,23±0,215 г/100 г; В6 0,49±0,089 г/100 г; В12 0,0009±0,00018 г/100 г; ВС 0,148±0,027 г/100 г; РР 4,73±0,81 г/100 г); минеральные вещества (I2 0,029±0,0056 г/100 г; Zn 1,058±0,185 г/100 г; Se 0,01±0,0019 г/100 г) и влага не более 7,0%. Обогащение блюд ОВД витаминно-минеральным комплексом осуществлялось в концентрации 50-100% от физиологической потребности в витаминах и минеральных веществах, рекомендованной в ОВД, назначаемой при неинфекционных заболеваниях.

Результаты исследований и их обсуждение

Для оценки количественной и качественной суточных норм рационов питания был проанализирован нынешний семидневный рацион и получены фактические данные о питании, свидетельствующие о том, что соотношение белков, жиров и углеводов соответствует рекомендациям, однако потребление витаминов А, D, Е, В, фосфолипидов в 1,2–2,2 раза ниже обычного [3-11]. Также отсутствие железа, цинка и селена особенно заметно среди минеральных элементов. Концентрация йода в рационе характеризуется значительным дефицитом, что является особенностью для Московского региона [3].

Меню основного варианта диеты (понедельник), включенного в рацион питания пациентов лечебно-профилактического учреждения «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского» приведено в таблице 1.

Таблица 1. Меню ОВД (понедельник) ЛПУ «МОНИКИ» им. М.Ф. Владимирского

№ рецептуры	Наименование блюд	Выход, г	Энергетическая ценность, ккал
	Первый завтрак		
15.11	Масло сливочное (порциями)	10 / 0	74,8
6.4д	Вермишель молочная с СБКС	200/0	340,07
5.56	Сыр (порциями) Российский	30/0	109,2
	Обед		
1.1076	Борщ с капустой и картофелем (Сборник рецептов 1982 г. рецептура №176)	500/10	167,282
2.33б	Гуляш из отварного мяса (говядина I категории)	115/0	280,56
8.24в	Пюре картофельное с СБКС	200/5	219,9
11.106	Компот из смеси сухофруктов	200/0	137,99
9.135	Огурцы, помидоры	100/0	19,00
	Полдник		
11.29	Яблоки (порциями)	200/0	82,72
	Ужин		
7.57	Рагу из овощей №2 с СБКС	250/0	237,05
3.75	Хек припущенный (филе хека серебристого)	100/0	117,32
	Поздний ужин		
11.82	Отвар шиповника	200/0	21,80
	На день		
16.17б	Хлеб пшеничный и ржано-пшеничный на весь день по меню ОВД	50/50	620,10
	Итого		2427,79

Фактический и рекомендуемый химический состав анализируемого семидневного меню (понедельник) приведен в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав меню (понедельник)

Фактический		Рекомендованный		Расхождения, мг
Наименование	Количество мг.	Наименование	Количество мг.	
Na	3291,00	Na	1300,00	1991
K	4318,60	K	3500,00	818,6
Ca	465,00	Ca	1000,00	-535
Mg	356,00	Mg	420,00	-64
Zn	9,48	Zn	12,00	-2,52
I	52,50	I	150,00	-97,5
P	1339,00	P	700,00	639
Fe	23,36	Fe	10,00	13,36
A	124,79	A	800,00	-675,215
B ₁	1,21	B ₁	1,80	-0,59
B ₂	1,036	B ₂	2,00	-0,964
PP	1,00	PP	3,00	-2
C	126,11	C	100,00	26,11

Анализ таблицы 1 показывает, что данные фактического питания (в понедельник) по соотношению витаминов отличаются от рекомендованного. В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза 022/2011 разница составляет: Ca-535; Mg-64; A-675,215; B₁-0,59; B₂-0,964; PP-2 мг. Отклонения по витаминному составу составляют от 0,59 до -675,215 мг. В этой связи следует отметить недостаток витаминов А (37%), B₂ (14%) и С (52%), минеральных веществ Са (26%), Zn (21%) и I (65%) от рекомендуемого суточного потребления.

Кроме ВМК «GS-3093» в рецептуру 4 блюд (каши и макаронные изделия) для белковой полноценности вводилась СБКС в количестве 2%. Это позволило оптимизировать белковую полноценность суточного рациона ОВД (таблица 3).

Таблица 3. Пищевая полноценность и калорийность суточного рациона ОВД, существующего и обогащенного СБКС

Показатели	Существующий ОВД	Фактический ОВД	Обогащенный СБКС
Калорийность, ккал	2016-2400	2 427,79	2588,86
Белки, г	85-90	92,290	95,616
Жиры, г	70-80	87,300	100,117
Углеводы, г	300-330	307,830	318,095
Пищевые волокна	25-35	36,680	41,358

Анализ 7-дневного фактического питания пациента дал полную и надежную картину потребления питательных веществ, так как пребывание пациента в больничных условиях практически исключило возможность использования дополнительного питания (таблица 4–5). Результаты представлены на примере одного дня.

Образцы были изготовлены в ЛПУ «МОНИКИ им. М. Ф. Владимирского». Для составления сводной выборки из 13 кулинарных изделий, объем которой указан в таблице 4, составлена объединенная выборка массой около 4105 г.

Таблица 4. Отбор проб для контроля органолептических показателей

№ рецепту-ры	Наименование блюд	Выход, г.
6.35а	Каша пшённая молочная вязкая с СБКС и «ВМК «GS-3093»	205/5
6.20а	Каша из крупы «Геркулес» молочная вязкая с СБКС и «ВМК «GS-3093»	200/5
8.8	Каша гречневая вязкая на воде с «ВМК «GS-3093»	200/5
6.1а	Каша манная молочная вязкая с СБКС и «ВМК «GS-3093»	200/5
6.4д	Вермишель молочная с СБКС и «ВМК «GS-3093»	200/0
1.77а	Щи кислые на мясном бульоне с «ВМК «GS-3093»	500/10
1.85а	Суп гороховый на мясном бульоне с «ВМК «GS-3093»	500/0
1.103а	Суп рыбный с консервами и «ВМК «GS-3093»	500/0
1.81б	Рассольник ленинградский на мясном бульоне с «ВМК «GS-3093»	500/10
1.176	Борщ с капустой и картофелем и «ВМК «GS-3093»	500/10
11.106	Компот из смеси сухофруктов и «ВМК «GS-3093»	200 /0
11.82	Отвар шиповника и «ВМК «GS-3093»	200/0
5,13а	Пудинг творожный запеченный (из творога жирного) с «ВМК «GS-3093»	200/0

Все отобранные пробы - каши, супы, напитки и сладкие блюда после введения премикса и СБКС имели хорошие органолептические показатели, которые приведены в таблице 5. Отклонений по массе блюд не зафиксировано.

Таблица 5. Результаты органолептического анализа блюд, обогащенных премиксом «GS-3093» и сухой белковой композитной смесью

Наименование блюда	Органолептические показатели			
	Внешний вид	Текстура	Запах	Вкус
Каша пшённая молочная вязкая с СБКС и «ВМК «GS-3093»	4,87	4,87	5	4,87
Каша из крупы «Геркулес» молочная вязкая с СБКС и «ВМК «GS-3093»	4,87	4,62	5	4,75
Каша гречневая вязкая на воде с «ВМК «GS-3093»	4,87	4,87	5	4,87
Каша манная молочная вязкая с СБКС и «ВМК «GS-3093»	4,62	4,5	4,75	4,87
Вермишель молочная с СБКС и «ВМК «GS-3093»	4,75	4,62	4,87	4,75
Щи кислые на мясном бульоне с «ВМК «GS-3093»	4,87	3,62	4,75	4,87
Суп гороховый на мясном бульоне с «ВМК «GS-3093»	5	4,87	4,87	4,87
Суп рыбный с консервами и «ВМК «GS-3093»	4,75	4,75	4,87	4,87
Рассольник ленинградский на мясном бульоне с «ВМК «GS-3093»	4,37	4,5	4,75	4,75
Борщ с капустой, картофелем и «ВМК «GS-3093»	3,62	4,5	4,75	4,5
Компот из смеси сухофруктов и «ВМК «GS-3093»	5	5	4,62	4,12
Отвар шиповника и «ВМК «GS-3093»	5	5	5	4,37
Пудинг творожный запеченный (из творога жирного) с «ВМК «GS-3093»	4,87	5	5	4,87

Проведенная органолептическая оценка качества образцов, обогащенных СБКС и «ВМК «GS-3093», показывает, что минимальное количество баллов по внешнему виду у борща с капустой и картофелем, который на 17,16-27,6% уступает другим обогащенным блюдам. Максимальное количество отличных оценок отмечен запах пяти блюд: каш, напиток

и сладкого творожного блюда. Вкус всех обогащенных блюд имел средний бал 4,72; внешний вид - 4,73; текстура - 4,67 и запах – 4,87 баллов.

Выводы

1. Полученные результаты показывают, что эффективным способом модификации рационов диетического лечебного питания является включение витаминно-минеральных комплексов «ВМК «GS-3093».

2. Премикс «GS-3093» и СБКС вводится в состав готовых блюд на стадии их приготовления на пищеблоке с целью проведения профилактической коррекции субнормальных гиповитаминозов и гипомикроэлементозов у различных категорий пациентов, находящихся на стационарном лечении в ЛПУ, не прибегая к индивидуальным врачебным назначениям.

Список источников

1. Исследование содержания отдельных нутриентов в мясных рубленых полуфабрикатах для детей старше трёх лет / Васюкова А.Т., Дыдыкин А.С., Деревицкая О.К., Боро А.Л., Эдварс Р.А. // Все о мясе. 2023. № 2. С. 14-16.

2. Мошкин, А.В., Васюкова А.Т. Применение ячменного солода в хлебопечении / Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств: Материалы III Международной научной конференции с элементами научной школы для молодежи. Тверь, 2015. С. 185-189.

3. Перевалов А.Я., Коровка Л.С., Тапешкина Н.В. Сборник технологических нормативов, рецептур блюд и кулинарных изделий диетического питания для лечебно-профилактических и санаторно-курортных учреждений. Пермь, 2015. 20-26 с.

4. Семидневные меню основных вариантов стандартных диет с использованием блюд изооптимизированный состав, используемый в лечебном питании в медицинских организациях РФ. / Тутельян В.А., Гаппаров М.М., Батулин А.К., Погожева А.В., Шарафетдинов Х.Х., Плотникова О.А. и соавт. // М: Магазин специальной литературы, 2014. С. 46-50.

5. Технология и товароведная оценка многокомпонентных смесей для хлебопекарного производства / Васюкова А.Т., Сусликов А.В., Мошкин А.В., Пучкова В.Ф. // М.: Дашков и Ко, 2015. С. 52-64.

6. Immobilization of bifidobacteria into biodegradable food microparticles / Voblikova T., Mannino S., Barybina L., Sadovoy V. et al. // Food and raw materials, 2019. No. 7 (1). Pp. 74–83.

7. Khan T.N., Ansari T.Kh., Zulkifle M. The concept of transformation and inclusion of nutrition in the body // International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2019. No. 4. Pp. 93-96.

8. Modeling the recipe composition of food products and recommendations for their use in individual nutrition / Sadovoy V.V., Voblikova T.V., Permyakov A.V., Shchedrina T.V., Morgunova A.V., Stolyarova V.V. // IOP conf. Series: Earth and Environmental Sciences, 2020. No. 613, 12127 p.

9. Moshkin, A.V., Vasyukova A.T. and others. Dry functional mixtures with fruit and berry powders / Quality and environmental safety of food products and industries // Materials of the IV International scientific conference with elements of a scientific school for youth. TVGU, 2016. Pp. 107-109.

10. The influence of the ripening process on Camembert cheese in sheep's milk, the change in the fatty acid profile / Voblikova T., Permyakov A., Rostova A., Masyutina G., Eliseeva A. // Biolog. resource. Development and environmental management. Murmansk: Murmansk Marine Biological Institute, 2020. Pp. 696-705.

11. The study of fatty acids in the composition of goat's and sheep's milk and its transformation in the production of yogurt / Voblikova T., Permyakov A., Rostova A., Masyutina G., Eliseeva A. // Biologist. Resource. Development and Environmental Management, Murmansk: Murmansk Marine Biological Institute, 2020. Pp. 742-751.

References

1. The study of the content of individual nutrients in meat minced semi-finished products for children older than three years. Vasyukova A.T., Dydykin A.S., Derevitskaya O.K., Bero A.L., Edwards R.A. All about meat, 2023, no. 2, pp. 14-16.
2. Moshkin, A.V., Vasyukova, A.T. The use of barley malt in baking. Quality and environmental safety of food products and industries. Materials of the III International scientific conference with elements of a scientific school for youth. Tver, 2015, pp. 185-189.
3. Perevalov A.Ya., Korovka L.S., Tapeshkina N.V. Collection of technological standards, recipes for dishes and culinary products of dietary nutrition for medical and prophylactic and sanatorium-resort institutions. Permian. 2015, pp. 20-26.
4. Seven-day menus of the main variants of standard diets using dishes of an iso-optimized composition used in clinical nutrition in medical organizations of the Russian Federation. Tutelyan V.A., Gapparov M.M., Baturin A.K., Pogozheva A.V., Sharafetdinov H.Kh., Plotnikova O.A. et al. M.: Shop of Special Literature, 2014, pp. 46-50.
5. Technology and commodity evaluation of multicomponent mixtures for bakery production. Vasyukova A.T., Suslikov A.V., Moshkin A.V., Puchkova V.F. M.: Dashkov i Ko, 2015, pp. 52-64.
6. The influence of the ripening process on Camembert cheese in sheep's milk, the change in the fatty acid profile. Voblikova T., Permyakov A., Rostova A., Masyutina G., Eliseeva A. Biolog. resource. Development and environmental management. Murmansk: Murmansk Marine Biological Institute, 2020, pp. 696-705.
7. Immobilization of bifidobacteria into biodegradable food microparticles. Voblikova T., Mannino S., Barybina L., Sadovoy V. et al. Food and raw materials, 2019, no. 7 (1), pp. 74-83.
8. The study of fatty acids in the composition of goat's and sheep's milk and its transformation in the production of yogurt /Voblikova T., Permyakov A., Rostova A., Masyutina G., Eliseeva A. Biologist. Resource. Development and Environmental Management. Murmansk: Murmansk Marine Biological Institute, 2020, pp. 742-751.
9. Modeling the recipe composition of food products and recommendations for their use in individual nutrition. Sadovoy V.V., Voblikova T.V., Permyakov A.V., Shchedrina T.V., Morgunova A.V., Stolyarova V.V. IOP conf. Series: Earth and Environmental Sciences, 2020, no. 613, 12127 p.
10. Moshkin, A.V., Vasyukova A.T. and others. Dry functional mixtures with fruit and berry powders. Quality and environmental safety of food products and industries. Materials of the IV International scientific conference with elements of a scientific school for youth. TVGU, 2016, pp. 107-109.
11. Khan T.N., Ansari T.Kh., Zulkifle M. The concept of transformation and inclusion of nutrition in the body. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2019, no. 4, pp. 93-96

Информация об авторах

А.Т. Васюкова – доктор технических наук, профессор кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса;

И.К. Вадовский – аспирант;

А.Э. Григорян – аспирант.

Author information

A.T. Vasyukova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service;

I.K. Vadovsky – Postgraduate Student;

A.E. Grigoryan – Postgraduate Student.

Научная статья

УДК 642.849

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-18-24

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВО ГЕЛЯ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Васюкова Анна Тимофеевна^{1✉}, Кусова Ирина Урузмаговна²,
Дышекова Милана Мухамедовна³, Алексеев Александр Евгеньевич⁴,
Бондаренко Юрий Викторович⁵**

^{1,2,3}Российский биотехнологический университет, Москва, Россия

^{4,5}Московский государственный университет технологии и управления
им. К.Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия

¹vasyukova-at@yandex.ru✉

²kusovaiu@mgupp.ru

³dyshekovamm@mgupp.ru

⁴sas5791@mail.ru

⁵bondarakys@yandex.ru

Аннотация. Проанализированы структурообразователи, входящие в состав соусов, мучных суспензий, желированных кондитерских изделий и сладких блюд. При проведении исследований выявлены резервы использования нетрадиционных структурообразователей, которые влияют на консистенцию соуса, жидкого теста и геля желеобразных масс. Цель исследований – создание стабильной структуры и качества кулинарных изделий. Объектом исследований являлись водоросли, желатин и пектин, а также суспензии и коллоиды на их основе. Методы исследований: вязкость, плотность, рН среды – стандартные, общепринятые. Показаны рецептуры желированных сладких изделий с использованием пектина и желатина с натуральными ароматизаторами и ягодными порошками. Выявлены зависимости сенсорных характеристик изготавливаемой продукции от свойств различных пищевых систем при их взаимном влиянии в одной модельной структуре. Установлены функционально-технологические характеристики, являющиеся основополагающими для данной пищевой системы. Оптимальная концентрация структурообразователей 4-5% (желатин) и 2,0-2,5% (пектин), экстракт ягодный – 0,1-0,2%. Ароматизаторы и красители вводятся при следующих пропорциях: овощной порошок (краситель) – 0,1% и натуральный ароматизатор розы, малины, кофе, амаретто – 0,1%. Наиболее выраженный вкус и цвет образцов «Желе ароматное» достигнут при введении экстракта сухой малины, голубики, мяты, облепихи – 0,1-0,2%, порошков свеклы, малины, спирулины и кофе - 0,1% и экстракта розы, амаретто – 0,1%.

Ключевые слова: функциональные свойства, вкусовая гамма, ягодные порошки, пищевая ценность, экстракты.

Для цитирования: Исследование влияния структурообразователей на качество геля кулинарной продукции / А.Т. Васюкова, И.У. Кусова, М.М. Дышекова, А.Е. Алексеев, Ю.В. Бондаренко // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С. 18-24. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-18-24>.

Original article

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF STRUCTURE-FORMERS ON THE GEL QUALITY OF CULINARY PRODUCTS

**Anna T. Vasyukova^{1✉}, Irina U. Kusova², Milana M. Dysheкова³, Alexander E. Alekseev⁴,
Yury V. Bondarenko⁵**

^{1,2,3}Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

^{4,5}K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), Moscow, Russia

¹vasyukova-at@yandex.ru✉

²kusovaiu@mgupp.ru

³dyshekovamm@mgupp.ru

⁴sas5791@mail.ru

⁵bondarakys@yandex.ru

Abstract. *Structure-forming agents that are part of sauces, flour suspensions, gelled confectionery products and sweet dishes are analyzed. During the research, reserves for the use of non-traditional structure formers were identified, which affect the consistency of the sauce, batter and gel of jelly-like masses. The purpose of the research is to create a stable structure and quality of culinary products. The object of research was algae, gelatin and pectin, as well as suspensions and colloids based on them. Research methods: viscosity, density, medium pH - standard, generally accepted. The recipes of gelled sweet products using pectin and gelatin with natural flavors and berry powders are shown. The dependences of the sensory characteristics of manufactured products on the properties of various food systems with their mutual influence in one model structure are revealed. The functional and technological characteristics that are fundamental for this food system have been established. The optimal concentration of structurants is 4-5% (gelatin) and 2.0-2.5% (pectin), berry extract - 0.1-0.2%. Flavors and dyes are introduced in the following proportions: vegetable powder (dye) - 0.1% and natural flavor of roses, raspberries, coffee, amaretto - 0.1%. The most pronounced taste and color of the "Aromatic Jelly" samples was achieved with the introduction of dry raspberry, blueberry, mint, sea buckthorn extracts - 0.1-0.2%, beet, raspberry, spirulina and coffee powders - 0.1% and rose extract, amaretto – 0.1%.*

Keywords: *functional properties, flavor range, berry powders, nutritional value, extracts.*

For citation: *Investigation of the influence of structure-formers on the gel quality of culinary products. A.T. Vasyukova, I.U. Kusova, M.D. Dysheкова, A.E. Alekseev, Yu.V. Bondarenko. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no. 3(29), pp. 18-24. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-18-24>.*

Введение

Рынок желированных изделий характеризуется высокой конкуренцией и постоянными инновациями в плане вкусов, упаковки и маркетинговых стратегий. Однако постоянно наблюдается рост этой группы продуктов из-за востребованности большой группой потребителей – от детей до гурманов [1-3]. Кроме того, данный рост объясняется увеличением спроса на мучные кулинарные изделия, соусы и десерты, ростом располагаемого дохода и изменением потребительских предпочтений. Однако рынок данных изделий сталкивается с рядом проблем, включая растущую озабоченность населения состоянием здоровья, строгие правила использования искусственных подсластителей и ароматизаторов, а также доступность натуральных и органических альтернатив [5, 6, 13].

Мучные кулинарные изделия, соусы и десерты имеют высокую калорийность и хорошие органолептические свойства, но, несмотря на это они содержат незначительное количество важных питательных веществ, таких как белки, витамины, минеральные вещества, пищевые волокна. На данный момент достаточно разнообразны различные способы повышения пищевой ценности данных изделий, но наиболее рациональным является применение в рецептурах натуральных продуктов растительного происхождения, которые, имея в своем составе высокоценные вещества, смогли бы повысить качество исследуемой продукции [8, 17-20]. В этой связи целью исследований являлось создание стабильной структуры и качества кулинарных изделий.

Материалы и методы исследований

Физико-химические и органолептические исследования проводили в 2022-2023 гг. в лабораториях кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса РОСБИОТЕХ, а также университетского испытательного центра. Отбор проб для испытаний проводили в соответствии с ГОСТ 7631-85. Вязкость, плотность, pH среды определяли по стандартным общепринятым методикам. Для исследований использовали желатин по ГОСТ 11293-89, глюкозный сироп по ГОСТ 33917-2016, пектин по ГОСТ 29186-91, натуральный

ароматизатор по ГОСТ 32049-2013, лимонную кислоту по ГОСТ 908-2004, сахар по ГОСТ 33222-2015, водоросли (ламинария), натуральные ароматизаторы и ягодные порошки, а также тесто для блинчиков, блинчики с ягодными порошками, сладкие соусы, желе ароматное.

Результаты исследований и их обсуждение

Структура разработанных различных пищевых систем имеет одни общие особенности – стабильность структуры, зависящей от компонентов рецептуры. Стабилизаторы (желирующие вещества) вводили в смеси соусов, жидкого теста и желе для улучшения их стабильной консистенции. Они связывают часть жидкости в пищевой системе и увеличивают их вязкость, повышают дисперсность воздушных шариков в процессе изготовления муссов. Все это способствовало формированию в суспензии однородности распределения мелкодисперсной структуры ягодных порошков во взаимосвязи с порошкообразными водорослями, а в желеобразных массах – образования стабильного коллоида. Эта же зависимость наблюдалась и при изготовлении сладких соусов. Введение пектина и желатина в качестве структурообразователей в желеобразные массы на основе ягодных порошков способствовало лучшей стабилизации структуры продукта при хранении.

Исследование зависимости вязкости структурообразователей: водорослей, желатина и пектина от напряжения сдвига приведено на рис. 1.

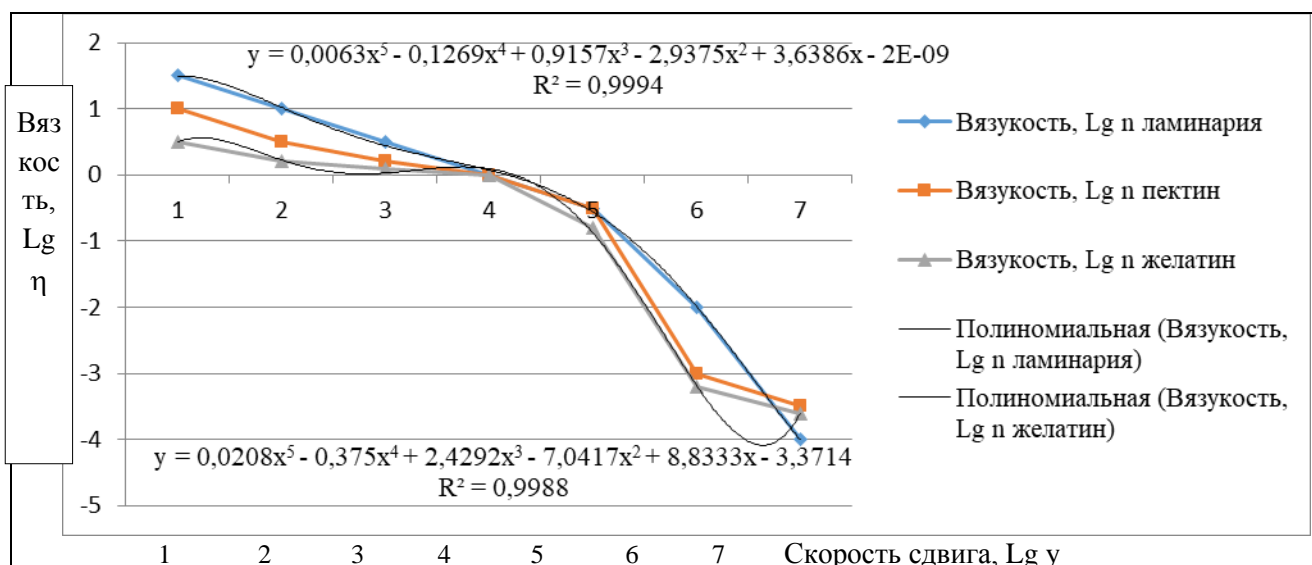


Рисунок 1. Зависимость вязкости структурообразователей (водорослей, желатина и пектина) от напряжения сдвига

Анализ данных рис. 1 свидетельствует о том, что в логарифмическом представлении вязкость желе с добавлением 1% концентрации ламинарии, пектина и желатина практически имеет линейную зависимость скорости сдвига. Как и в большинстве пищевых масс, вязкость снижается по мере увеличения скорости сдвига.

Установлено также, при увеличении концентрации влаги в системе вязкость растворов снижается, и система разжижается. Так, при введении 10% воды вязкость снижается в среднем на 15%, при 20% воды – на 33%, при 50% воды – на 72% в сравнении со 100% желе, независимо от вида структурообразователя.

Проведены исследования влияния сахара на вязкость желе. Сахар входит в состав многих консервированных продуктов питания как вкусовая добавка и ингредиент, который имеет консервирующие свойства [4, 10]. Молекулы сахарозы имеют высокую гидрофильность [3]. При температуре 20 °С они связывают и удерживают от 8 до 12 молекул воды. Поэтому чем больше сахара в рецептуре, тем меньше его в водном растворе.

Количество внешней влаги в желе в конечном счете влияет на процесс гелеобразования, а также на органолептические показатели качества готового продукта [5, 6]. Сахарные поверхностно активные вещества (ПАВ)[4] (сахароза, глюкоза, лактоза) имеют несколько гибких свойств: нечувствительность к температуре, нетоксичность [11] и двойственную структуру (гидрофильная головная группа и гидрофобная хвостовая часть) [11, 14]. К ПАВ относятся и уроновые кислоты, входящие в состав порошка свеклы и водорослей [4, 5].

Желатиновый гель (студень, желе, мусс и др.) при повышении температуры (выше 25 °С) превращается в жидкий золь. Вода неравномерно распределена в растительных и животных тканях. Распределение влаги в желе зависит от гидрофильной природы макромолекулярных сетчатых структур: оболочки и мембраны клеток растительных тканей [6, 13], а также степени измельчения этих тканей (фруктовое пюре, используемое для изготовления желе). Устойчивость структурообразования желе возможно достичь на фоне пектиновой матрицы [9], реологических [7] и физико-химических показателей образующихся гелей. Поэтому, исходя из теоретических и экспериментальных данных и установленных зависимостей, определены составные компоненты желе (соуса, теста) и их концентрации.

На основании полученных данных нами разработаны рецептуры сладкого соуса, жидкого теста для блинчиков и десерта - «Желе ароматное».

«Желе ароматное» студнеобразной консистенции имеет определенную заданную форму [10], получается увариванием фруктового сырья (экстракт сухой малины, голубики, мяты, облепихи) и раствора студнеобразователя с сахаром, с добавлением глюкозного сиропа, пищевых добавок, ароматизаторов, массовой долей фруктового сырья 15%, массовая доля влаги в котором составляет 33% от массы готового изделия.

При разработке рецептуры «Желе ароматное» использованы такие желирующие компоненты, как желатин и цитрусовый пектин, а также различные вкусовые и пигментные добавки на основе натуральных ароматизаторов и красителей. Данные расхода сырьевых компонентов изложены в таблице 1.

Таблица 1. Рецепт сырьевых компонентов, входящих в состав желе

Наименование сырья и продуктов	Расход сырья и продуктов на 1 порцию, г			
	в натуре, г	в сухих веществах	в натуре, г	в сухих веществах
Вода	250	-	230	-
Сахар	150	149,85	90	89,9
Глюкозный сироп	50	39	-	-
Желатин	25	22,5	-	-
Кукурузный крахмал	20	17,40	-	-
Пектин цитрусовый	-	-	11,5	10,6
Лимонная кислота	1	0,92	1	0,92
Экстракт сухой малины, голубики, мяты, облепихи	1	0,95	-	-
Краситель натуральный свеклы, спирулины, кофе	0,5	-	-	-
Ароматизатор натуральный (роза, малина, амаретто, бейлис)	0,5	-	0,5	-

Технологический процесс производства «Желе ароматное» с использованием желатина и добавлением крахмала более длительный по сравнению с производством желе на основе цитрусового пектина. Кроме того, при одинаковой вязкости желе концентрация пектина в 2 раза меньше, чем желатина.

В результате исследований установлено, что оптимальная концентрация структурообразователей: желатин – 4-5%, цитрусовый пектин – 2,0-2,5%, ламинария – 0,15-0,2%. Наибо-

лее выраженный вкус и цвет образцов при следующей концентрации добавок: экстракт ягодный – 0,1-0,2%, краситель (порошок свеклы, спирулины и кофе) – 0,1% и натуральный ароматизатор (роза, малина, кофе, амаретто) – 0,1%.

Пищевая и энергетическая ценность изделия разработанных образцов желе с использованием желатина, цитрусового пектина и ламинарии приведена в таблице 2.

Таблица 2. Пищевая и энергетическая ценность «Желе ароматное», г/100 г

Наименование блюда	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Желе – контрольная рецептура № 955 [10]	2,5	0,0	15,6	69,1
Желе на основе желатина	5,2	1,8	5,3	55,3
Желе на основе пектина	4,0	0,5	8,9	61,6
Желе на основе ламинарии	1,4	0,0	10,1	45,4

По сравнению с контролем наиболее диетическим является образец желе на основе ламинарии. Он на 34,3% менее калорийный, чем желе по рецептуре № 955, на 1,1 г содержит меньше белка и на 5,5г углеводов. Остальные два образца на основе пектина и желатина незначительно отличаются от контроля.

Выводы

1. Полученные результаты показывают, что оптимальная концентрация структурообразователей следующая: желатин - 4-5%, цитрусовый пектин 2,0-2,5%, ламинария – 0,15-0,2%.

2. Наиболее выраженный вкус и цвет образцов «Желе ароматное» был при следующей концентрации добавок: экстракт ягодный – 0,1-0,2%, краситель (порошок свеклы, спирулины и кофе) – 0,1% и натуральный ароматизатор (роза, малина, кофе, амаретто) – 0,1%.

Список источников

1. Васюкова А.Т., Абесадзе Л. Влияние компонентов рецептуры на качество хлебобулочных изделий при хранении // Хлебопродукты. 2008. № 8. С. 50-51.

2. Васюкова А.Т., Богоносова И.А., Баженов Н.С. Рациональное питание организованных коллективов // Прикладные исследования и технологии ART2019: Сборник трудов региональной конференции. 2019. С. 28-31.

3. Влияние компонентов дисперсной системы на вязкость суспензии / А.Т. Васюкова, К.В. Кривошенок, А.Е. Алексеев, М. Talbi, С.И. Охотников // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Материалы международной научно-практической конференции. Йошкар-Ола, 2023. С. 131-134.

4. Елубай М.А., Аблай К.А. Поверхностно-активные вещества на основе сахарозы // Наука и техника Казахстана. 2020. №3. С. 12-18.

5. Использование экстракта микроводоросли *Dunaliella salina* в технологии желеино-фруктового мармелада / Е.А. Кузнецова, Я. Бриндза, Е.В. Климова, А.Б. Боровков, И.Н. Гудвилевич // Индустрия питания. 2019. Т.4. №2. С. 15-21.

6. Куракина А.М. Разработка технологии функциональных жевательных конфет. Автореферат дисс. к.т.н. 05.18.01. Краснодар, 2015. 24 с.

7. Леонов Д.В., Муратова Е.И. Использование результатов реологических исследований при разработке новых видов желеиных конфет // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. №4. С. 47-51.

8. Мошкин, А.В., Васюкова А.Т. Применение ячменного солода в хлебопечении // Качество и экологическая безопасность пищевых продуктов и производств: Материалы III Ме-

ждународной научной конференции с элементами научной школы для молодежи. Тверь, 2015. С. 185-189.

9. Немятых О.Д. Разработка фитоиммунокорректоров в форме желе для применения в педиатрии: результаты исследований и перспективы // Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2013. №5(3). С.1-8.

10. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1982. 720 с.

11. Сергеев А.В., Коростылес С.А., Шяренешева И.И. Иммуномодулирующая и антиканцерогенная активность каротиноидов // Вопросы медицинской химии. 1992. № 4. С. 42-45.

12. Технология и товароведная оценка многокомпонентных смесей для хлебопекарного производства / Васюкова А.Т., Сусликов А.В., Мошкин А.В., Пучкова В.Ф. // М.: Дашков и Ко, 2015. С. 52-64.

13. Сизова Т.И. Совершенствование технологии и товароведная оценка желеино-фруктового мармелада повышенной пищевой ценности: дис... канд. техн. наук. Орел, 2018. 231 с.

14. Шашакина М.Я., Шашкин П.Н., Сергеев А.В. Каротиноиды как основа для создания лечебно-профилактических средств // Российский биотерапевтический журнал. 2009. № 8. Т. 8. С. 91-98.

15. Debaig C., Benvegnu T., Plusquellec D. Synthesis of linear and cyclic polyglycerines // Polyglycerylated. 2001. Pp. 875-896.

16. El-Baky H.H.A., El-Baroty G.S. Enhancement of carotenoids in *Dunaliella salina* for use as dietary supplements and in the preservation of foods // Food and Chemical Toxicology. 2010. No 12 (2). Pp. 185-189.

17. Peng X., Ma J, Cheng K.-W., Jiang Y., Chen F., Wang M. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread // Food Chemistry. 2010. Vol. 119. Pp. 49-53.

References

1. Vasyukova A., Abesadze L. Influence of recipe components on the quality of bakery products during storage. Bread products, 2008, no. 8, pp. 50-51.

2. Vasyukova A.T., Bogonosova I.A., Bazhenov N.S. Rational nutrition of organized teams. In the collection: Applied Research and Technology ART2019. Proceedings of the regional conference, 2019, pp. 28-31.

3. Influence of the components of the disperse system on the viscosity of the suspension. Vasyukova A.T., Krivoshonok K.V., Alekseev A.E., Talbi M., Okhotnikov S.I. In the collection: Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. Materials of the international scientific-practical conference, Yoshkar-Ola, 2023, pp. 131-134.

4. Elubay M.A., Ablai K.A. Surfactants based on sucrose. Science and Technology of Kazakhstan, 2020, no. 3, pp. 12-18.

5. The use of the extract of microalgae *Dunaliella salina* in the technology of jelly-fruit marmalade. Kuznetsova E.A., Brindza Y., Klimova E.V., Borovkov A.B., Gudvilovich I.N. Food Industry, 2019, vol.4, no. 2, pp. 15-21.

6. Kurakina A.M. Development of technology for functional chewing sweets. Abstract of diss. Ph.D. 05.18.01, Krasnodar, 2015. 24 p.

7. Leonov D.V., Muratova E.I. Using the results of rheological research in the development of new types of jelly sweets. Food technology, 2011, no. 4, pp. 47-51.

8. Moshkin, A.V., Vasyukova A.T. The use of barley malt in baking. Quality and environmental safety of food products and industries. Materials of the III International scientific conference with elements of a scientific school for youth. Tver, 2015, pp. 185-189.

9. Nemyatykh O.D. Development of phytoimmunocorrectors in the form of jelly for use in

pediatrics: research results and prospects. Bulletin of the Kazakh National Medical University, 2013, no. 5 (3), pp. 1-8.

10. Collection of recipes for dishes and culinary products for catering establishments. M.: Economics Publ., 1982. 720 p.

11. Sergeev A.V., Korostyles S.A., Sharenesheva I.I. Immunomodulatory and anticarcinogenic activity of carotenoids. Issues of Medical Chemistry, 1992, no. 4, pp. 42-45.

12. Technology and commodity evaluation of multicomponent mixtures for bakery production. Vasyukova A.T., Suslikov A.V., Moshkin A.V., Puchkova V.F. M.: Dashkov i Ko Publ., 2015, pp. 52-64.

13. Sizova T.I. Improvement of technology and commodity assessment of jelly-fruit marmalade of increased nutritional value: thesis cand. tech. Sciences. Orel, 2018. 231 p.

14. Shashakina M.Ya., Shashkin P.N., Sergeev A.V. Carotenoids as a basis for the creation of therapeutic and prophylactic agents. Russian Biotherapeutic Journal, 2009, no. 8, vol. 8, pp. 91-98.

15. Debaig C., Benvegnu T., Plusquellec D. Synthesis of linear and cyclic polyglycerines. Polyglycerylated, 2001, pp. 875-896.

16. El-Baky H.H.A., El-Baroty G.S. Enhancement of carotenoids in *Dunaliella salina* for use as dietary supplements and in the preservation of foods. Food and Chemical Toxicology, 2010, no 12 (2), pp. 185-189.

17. Peng X., Ma J, Cheng K.-W., Jiang Y., Chen F., Wang M. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. Food Chemistry, 2010, vol. 119, pp. 49-53.

Информация об авторах

А.Т. Васюкова – доктор технических наук, профессор кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса;

И.У Кусова - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса;

М.М. Дышекова – аспирант;

А.Е. Алексеев – аспирант;

Ю.В. Бондаренко – аспирант.

Information about the authors

A.T. Vasyukova – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service;

I.U Kusova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service;

M.M. Dyshekova – Postgraduate Student;

A.E. Alekseev – Postgraduate Student;

Yu.V. Bondarenko – Postgraduate Student.

Научная статья
УДК 664.66.022.39
DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-25-32

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОДОВООВОЩНОЙ СМЕСИ НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Гусева Татьяна Ивановна[✉]

Уральский государственный экономический университет, Свердловская область,
Екатеринбург, Россия
t.i.guseva@yandex.ru[✉]

Аннотация. В данной статье приведены результаты исследования возможности применения в производстве хлебобулочных изделий капустного и яблочного пюре. Для исследований были выбраны различные дозировки капустного (3, 6, 9, 12%) и яблочного (5; 7,5; 10; 12,5%) пюре. Проведены исследования по органолептическим и физико-химическим показателям сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. В экспериментальной части исследовалось влияние капустного и яблочного пюре на свойства теста и готовой продукции (булочка из пшеничной муки высшего сорта). Выявлен рост кислотности и объема теста при добавлении как капустного, так и яблочного пюре. Отмечается рост объемного выхода и пористости готовых изделий. Увеличивается массовая доля клетчатки в изделиях, уменьшается усушка. В результате проведенных исследований была выявлена оптимальная дозировка капустного (6%) и яблочного (7,5%) пюре, составлена и внедрена в рецептуру булочки плодовоовощная смесь. Выполнен расчет химического состава, калорийности и пищевой ценности контрольного и оптимального образца булочки. По итогам расчетов установлено, что с введением плодовоовощной смеси в рецептуру булочки в 2 раза увеличивается содержание неусвояемых углеводов, незначительно повышается количество минеральных веществ, снижается калорийность изделия (на 6%), а также количество жира, крахмала, декстринов.

Ключевые слова: пюре из белокочанной капусты, яблочное пюре, хлебобулочные изделия.

Для цитирования: Гусева Т.И. Изучение влияния плодовоовощной смеси на качество хлебобулочных изделий // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С. 25-32. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-25-32>.

Original article

STUDY OF THE EFFECT OF FRUIT AND VEGETABLE MIXTURE ON THE QUALITY OF BAKERY PRODUCTS

Tatyana I. Guseva[✉]

Ural State University of Economics, Sverdlovsk Region, Yekaterinburg, Russia
t.i.guseva@yandex.ru[✉]

Abstract. This article presents the results of a study of the possibility of using cabbage and applesauce in the production of bakery products. For research, various dosages of cabbage (3, 6, 9, 12%) and apple (5; 7.5; 10; 12.5%) puree were selected. Studies have been carried out on the organoleptic and physico-chemical parameters of raw materials, semi-finished products and finished products. In the experimental part, the influence of cabbage and apple puree on the properties of dough and finished products (a bun made from premium wheat flour) was studied. An increase in acidity and dough volume was revealed when both cabbage and apple puree were added. There is an increase in volume yield and porosity of finished products. The mass fraction of fiber in products increases, shrinkage decreases. As a result of the research, the optimal dosage of cabbage (6%) and apple (7.5%) puree was identified, a fruit and vegetable mixture was compiled and introduced into the bun recipe. The calculation of the chemical composition, calorie content and nutritional value of the control and optimal sample of the bun was carried out. According to the results of calculations, it was found that with the introduction of fruit and vegetable mixture into the recipe of the bun,

the content of indigestible carbohydrates increases by 2 times, the amount of minerals increases slightly, the caloric content of the product decreases (by 6%), as well as the amount of fat, starch, dextrins.

Keywords: *white cabbage puree, apple puree, bakery products.*

For citation: *Guseva T.I. Study of the effect of fruit and vegetable mixture on the quality of bakery products. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no. 3(29), pp. 25-32. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-25-32>.*

Введение

Проблема обогащения хлебобулочных изделий решается путем внесения в них овсяной муки [4, 9, 13]; семян, кожицы и гребней винограда [20]; продуктов пчеловодства [5], семян подсолнечника [1,4]; плодов боярышника [3]; порошка из сушеных плодов рябины и шиповника [3]; культуральной жидкости (настоя) чайного гриба [11]; пребиотика лактулозы [7, 15]; отхода пивоваренного производства – пивной дробины [16]; муки из бобовых культур [8]. Данные продукты способны повысить биологическую, минеральную и витаминную ценность хлебобулочных изделий [2]. В свою очередь такие изделия будут обладать лечебно-профилактическими свойствами и благотворно влиять на организм человека.

Также для повышения пищевой ценности в хлебобулочные изделия добавляются овощные (морковные, свекольные, тыквенные, капустные и др.) и фруктовые пюре (яблочное и др.), которые богаты пищевыми волокнами, микроэлементами, органическими кислотами и др. [19].

Для обогащения хлебобулочных изделий целесообразно использовать пюре из белокочанной капусты и яблочное пюре. В капусте много рибофлавина (витамин В₂), ниацина (никотиновой кислоты), пантотеновой кислоты (витамина В₃). Также в капусте содержатся калий, цинк, магний, марганец, медь, железо, фосфор, хлор, йод, каротин [10].

Диетологи рекомендуют употреблять блюда из сырой или отварной капусты для уменьшения уровня холестерина и укрепления стенок сосудов, при сердечных заболеваниях, а также для стимуляции работы кишечника и почек [18].

Капуста содержит крахмал, пектиновые вещества и большое количество кислот (яблочную, лимонную, янтарную, фумаровую и щавелевую), витамины группы В, К, РР и U, различные микро- и макроэлементы [9]. Благодаря незначительному содержанию углеводов капуста может быть рекомендована больным диабетом, страдающим излишней полнотой. Яблоки – один из источников пектиновых веществ, способных связывать и выводить из организма человека соединения тяжелых и радиоактивных металлов - свинца, цезия, стронция, кобальта и других элементов. Они нормализуют процесс пищеварения, содействуют выведению холестерина из организма, предупреждают склеротические заболевания [17].

Цель исследования – изучить возможность применения пюре из белокочанной капусты и яблочного пюре в производстве хлебобулочных изделий, а также определить их влияние на показатели качества и пищевую ценность готовой продукции.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследования выступали следующие компоненты: сырье (мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта «Макфа», дрожжи хлебопекарные прессованные, соль поваренная пищевая, сахар-песок, пюре из белокочанной капусты, яблочное пюре); полуфабрикаты (контроль, опытные образцы); готовая продукция (контроль, опытные образцы). Экспериментальная часть была разбита на 2 этапа, на каждом из которых решались определенные задачи: 1 этап: изучить влияние пюре из белокочанной капусты на свойства теста (органолептические и физико-химические показатели) и качество готовой продукции; установить оптимальную дозировку пюре из белокочанной капусты. 2 этап: изучить влияние яблочного пюре на свойства теста и готовой продукции (органолептические и физико-химические показатели); установить оптимальную дозировку яблочного пюре в соотношении с оптимальной дозировкой пюре из белокочанной капусты; составить плодовоовощную смесь для хлебобулочного изделия.

В качестве объекта для внедрения добавки была выбрана булочка «Московская». Для того чтобы внедрить плодоовощную смесь в технологию производства булочки, необходимо опытным путем определить ее оптимальную дозировку. Дозировка не должна оказывать отрицательного влияния на ход технологического процесса и на готовое изделие.

Для установления оптимальной дозировки плодоовощной смеси были взяты следующие варианты: образец №1 – булочка «Московская»; образцы № 2, 3, 4, 5 – булочка с добавлением 3; 6; 9; 12 % пюре из белокочанной капусты к массе муки; образцы № 6, 7, 8, 9 – булочка с добавлением 6% пюре из белокочанной капусты и 5; 7,5; 10; 12,5 % яблочного пюре к массе муки. Изделие готовили безопасным способом. Сырье исследовалось по органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии со стандартами – ГОСТ 26574-2017 «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия»; ГОСТ 171-2015 «Дрожжи, прессованные хлебопекарные. Технические условия»; ГОСТ 51574-2018 «Соль пищевая. Общие технические условия»; ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия».

Исследовались следующие показатели муки: органолептические (вкус, запах, наличие минеральных примесей, зараженность вредителями, загрязненность, цвет, белизна) и физико-химические (влажность – по ГОСТ 9404-88; кислотность – по ГОСТ 27493-87; количество и качество клейковины – по ГОСТ 27839-2013; автолитическая активность – по ГОСТ 27676-88; газообразующая способность – по ГОСТ 27669-88). Остальное сырье исследовалось по органолептическим показателям качества. В пюре из белокочанной капусты и яблочном пюре определили органолептические показатели; количество сухих веществ рефрактометрическим методом, титруемую кислотность по ГОСТ 25555.0-82 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности»; уровень pH в соответствии с рекомендациями, изложенными в [14], а также массовую долю клетчатки по ГОСТ 13496.2-91 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки».

В полуфабрикate (тесте) исследовались органолептические показатели (состояние поверхности, консистенция, степень сухости, структура, аромат, промесс) и физико-химические показатели (температура; влажность; кислотность; объем; подъемная сила) в соответствии с рекомендациями, изложенными в [14]. В готовой продукции исследовались органолептические показатели (форма, поверхность, цвет, состояние мякиша, вкус, запах) и физико-химические показатели (формоустойчивость, объемный выход изделия – по ГОСТ 27669-88; пористость – по ГОСТ 5669-96; влажность – по ГОСТ 21094-2022; кислотность – по ГОСТ 5670-96; массовая доля клетчатки, усушка в соответствии с рекомендациями, изложенными в [12].

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе проведения исследований было выявлено, что органолептические и физико-химические показатели качества муки и сырья соответствуют нормам стандартов (ГОСТ 26574-2017; ГОСТ 171-2015; ГОСТ 51574-2018; ГОСТ 33222-2015). По данным исследований полуфабрикатов можно сделать следующие выводы. С увеличением дозировки добавки: консистенция и степень сухости теста не меняются.

По органолептическим показателям: помимо спиртового аромата, в образцах № 2 и № 3 ощущался слабый капустный, а с увеличением дозировки добавки он усиливался. С увеличением дозировки капустного пюре росла кислотность теста с 2,2 до 2,5 °Н. Это объясняется тем, что с добавкой вносится дополнительное питание для дрожжевых клеток: сахара, минеральные вещества и витамины, стимулирующее размножение дрожжей и их бродильную активность, а, следовательно, и кислотонакопление в тесте. С ростом кислотности в тесте увеличивался и его объем на 23% (образец № 3). Это связано с активной работой дрожжевых клеток. Но с увеличением дозировки пюре объем теста несколько снижался на 5 и 2% (образцы № 4 и № 5 соответственно), так как излишняя кислотность угнетающе действует на процесс брожения. По результатам исследований готовой продукции можно сделать выводы: увеличение дозировки капустного пюре положительно сказалось на брожении, а следова-

тельно, увеличился объемный выход (образец № 3 на 19,7%, пористость готовых изделий на 4,5%). Это происходит за счет высокого содержания сбраживаемых сахаров, которые вносятся дополнительно с капустным пюре. Увеличивается формоустойчивость изделий с 0,46 до 0,50 у всех образцов, так как пищевые волокна поглощают влагу из теста, уплотняют его структуру, изменяют упруго-пластичные свойства. Небольшое снижение значений объемного выхода 3,5 и 10,1% и пористости 0,5 и 2,6% у образцов № 4 и № 5 соответственно, говорит об угнетающем действии кислот на процесс брожения, которые образуются при активной работе дрожжевых клеток с внесением большего количества пюре. При добавлении капустного пюре незначительно снижается усушка с 0,3% до 1% изделий в процессе хранения. Пищевые волокна, вносимые с пюре, поглощают влагу из теста при замесе, а при хранении она обратно высвобождается, крахмал муки клейстеризуется, что препятствует его ретроградации. По итогам проведенных исследований оптимальным был признан образец № 3 – булочка с добавлением 6% пюре из белокочанной капусты к массе муки. Изделие имеет оптимальные органолептические и физико-химические показатели, структуру пористости, объемный выход. Для более полного обогащения булочки эссенциальными факторами (пектиновые вещества, витамины, микро- и макроэлементы) на втором этапе исследовательской работы было решено внедрить в рецептуру булочки яблочное пюре. Для этого к найденной оптимальной дозировке пюре из белокочанной капусты (6% к массе муки) необходимо подобрать соответствующее количество яблочного пюре. Данная задача достигается путем проведения серии выпечек булочки с различными дозировками яблочного пюре в лабораторных условиях. В качестве контрольного образца (далее «образец № 6») выступает булочка с добавлением 6% пюре из белокочанной капусты к массе муки. В опытные образцы яблочное пюре вносится в дозировках 5; 7,5; 10 и 12,5% к массе муки.

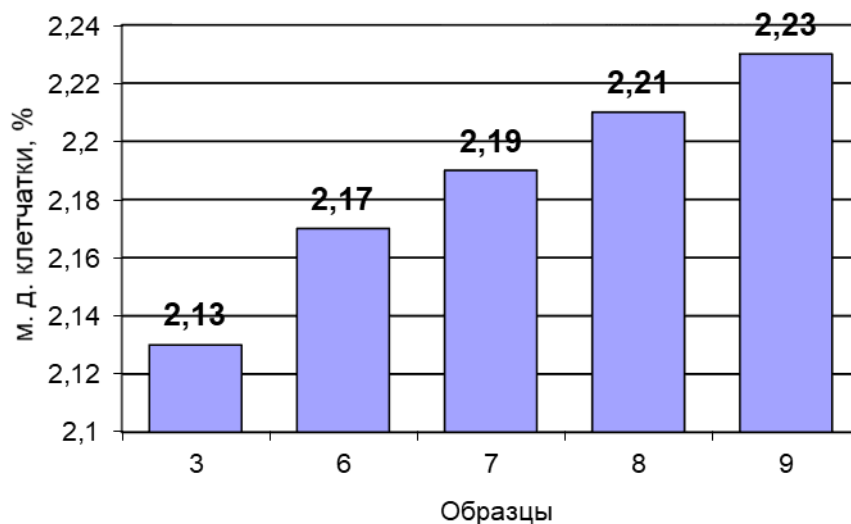


Рисунок 1. Изменение массовой доли клетчатки в готовых изделиях с введением различной дозировки яблочного пюре: № 3 – 6% капустное пюре; № 6 – 6% капустное пюре, 5% яблочное пюре; № 7 – 6% капустное пюре; 7,5% яблочное пюре; № 8 – 6% капустное пюре, 10% яблочное пюре; № 9 – 6% капустное пюре, 12,5% яблочное пюре

С ростом дозировки яблочного пюре увеличивалась с 2,3 до 3,8 °Н кислотность теста за счет дополнительно вносимых органических кислот пюре. Объем теста также возрастал на 6,3% (образец № 7). Это объясняется тем, что с внесением яблочного пюре в тесто поступают дополнительные питательные вещества для дрожжей, которые активизируют спиртовое брожение, и поэтому растет кислотность и объем теста. Также это подтверждается объемом выделившегося углекислого газа. Однако у образцов № 8 и № 9 объем несколько снижался на 0,2 и 0,4% соответственно по сравнению с предыдущими образцами из-за избыточного

содержания кислот в тесте, которые угнетают брожение. Результаты измерения массовой доли клетчатки в готовой продукции представлены на рисунке 1.

Увеличение пористости и объемного выхода готовых изделий происходит за счет высокого содержания сбраживаемых сахаров, которые вносятся дополнительно с яблочным пюре. Небольшое снижение значений объемного выхода и пористости у образцов № 8 и № 9 говорит о большом количестве кислот, которые выделяются при брожении теста, тем самым угнетая процесс разрыхления теста. С добавлением яблочного пюре в рецептуру булочки снизилась усушка готовых изделий на 0,75%. Это связано с тем, что пектины, содержащиеся в яблочном пюре, способны вновь выделять связанную ими в процессе замеса влагу, что приводит к дополнительной клейстеризации крахмала, замедляющей очерствение изделия.

Таким образом, по итогам исследований на двух этапах, оптимальным признается образец № 7 - булочка с добавлением 6% капустного пюре и 7,5% яблочного пюре к массе муки. Данный образец обладает повышенным объемным выходом, развитой структурой пористости мякиша и высокой формоустойчивостью.

Выводы

1. В данной статье приведены результаты исследования возможности применения в производстве хлебобулочных изделий капустного и яблочного пюре. Для исследований были выбраны различные дозировки капустного (3, 6, 9, 12%) и яблочного (5; 7,5; 10; 12,5%) пюре. Проведены исследования по органолептическим и физико-химическим показателям сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

2. Определялось влияние плодовоовощной смеси на газообразующую способность муки, подъемную силу дрожжей. Установлено, что смесь положительно влияет на процесс брожения теста, улучшает подъемную силу. С увеличением дозировки пюре выделяется больше углекислого газа, который разрыхляет тесто, приводит к увеличению объема тестовых заготовок.

3. Внесение пюре приводит к значительному повышению кислотности теста, что свидетельствует об активной работе дрожжевых клеток и ускорению созревания теста. Следовательно, можно снизить время брожения теста в производственных условиях.

4. С ростом кислотности увеличивается и объем тестовой заготовки. Однако у образцов с максимальным количеством пюре данные показатели качества несколько ниже предшествующих образцов. Это объясняется большим количеством органических кислот, вносимых в тесто с пюре. Они угнетающе действуют на активность дрожжевых клеток. Те же процессы происходят и с готовой продукцией. Снижение пористости и объемного выхода связано с высоким содержанием в пюре пищевых волокон, клетчатки, гемицеллюлоз, которые не сбраживаются микроорганизмами пшеничного теста и не распадаются под действием амилолитических, протеолитических и других ферментов теста. Они равномерно распределяются в белковой матрице, делая структуру пор более прочной, поэтому углекислому газу, вырабатываемому микроорганизмами пшеничного теста, сложнее разрыхлить текстуру теста. За счет этого общий объем пор несколько уменьшается, что приводит к образованию мякиша с меньшей пористостью и объемным выходом.

5. По итогам расчетов химического состава, пищевой ценности и калорийности готовых изделий (образца № 1 и образца № 7) можно сделать вывод: с введением плодовоовощной смеси выросло содержание моно- и дисахаридов (в 2 раза), неусвояемых углеводов (клетчатки в 2 раза), а также незначительно увеличилось количество минеральных веществ, количество жира на 0,2%, крахмала и декстринов на 0,5 и 0,45% соответственно, при этом снизилась калорийность изделия на 6%. Таким образом, исследуемую булочку с введением плодовоовощной смеси можно рекомендовать для производства на предприятиях с целью расширения ассортимента и сырьевой базы.

Список источников

1. Васильева Ю.В., Борисова А.Е., Шлеленко Л.А. Использование муки из семян подсолнечника в производстве хлебобулочных изделий геродиетического назначения // Хлебопечение России. 2010. №6. С. 29-30.
2. Гулова Т.И. Использование сырья Уральского региона в производстве хлеба // Инновационные технологии в сфере питания, сервиса и торговли: Материалы V Международной научно-практической конференции. Екатеринбург. 2018. С. 31-35.
3. Гусева Т.И. Использование натуральных растительных добавок в хлебопечении // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании: Материалы IX Международной научно-практической конференции. Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ. 2022. С. 35-40.
4. Гусева Т.И. Разработка продуктов функциональной направленности с использованием растительных ингредиентов. // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК: Материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курган: Курганская ГСХА. 2022. С. 526-530.
5. Гусева Т.И. Продукты пчеловодства – функциональный пищевой ингредиент // Медико-биологические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий: Материалы III Международной научно-практической конференции. Кемерово: КемГМУ, 2023. С. 74-77.
6. Колобаева А.А., Котик О.А. Определение содержания антиоксидантов в яблоках поздних сортов созревания // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2019. № 1. С. 168-173.
7. Леонидов Д.С. Лактулоза: диапазон использования в пищевой промышленности // Хлебопечение России. 2011. №6. С. 33-35.
8. Влияние добавок муки из бобовых на биологическую ценность и структурно-механические свойства пшеничного теста / Т.А. Рыжова, М.Ю. Третьяков, В.П. Нецветаев, Ю.Н. Куркина, А.Н. Чулков // Хлебопечение России. 2012. №2. С. 24-25.
9. Самсонова Е.Д., Красноштанова А.А. Повышение пищевой ценности и полезных свойств продуктов с использованием овсяной муки // Успехи в химии и химической технологии. 2020. № 11 (234). С. 16-18.
10. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. М.: ДеЛи принт, 2007. 275 с.
11. Федорова Р.А., Головинская О.В. Хлеб функционального назначения с добавкой настоя чайного гриба // Хлебопечение России. 2011. №6. С. 22-23.
12. Пашенко Л.П., Жаркова И.М. Технология хлебопекарного производства: учебник под ред. Н.А. Сметаниной. Санкт-Петербург: Лань. 2014. 672 с.
13. Чалдаев П.А., Шевченко А.Ф., Зимичев А.В. Пути улучшения качества пшенично-овсяных хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. 2010. №1. С. 20-21.
14. Справочник для работников лабораторий хлебопекарных предприятий / К.Н. Чиждова, Т.И. Шкваркина, Н.П. Волкова, А.М. Чинчук. Москва: Пищевая промышленность. 1978. 191 с.
15. Шевченко А.Ф., Зипаев Д.В., Валиулина Д.Ф. Хлеб с биомассой кефирных грибков // Хлебопечение России. 2011. №4. С. 11-13.
16. Amoriello T., Mellara F., Galli V., Amoriello M., Ciccioritti R. Technological properties and consumer acceptability of bakery products enriched with brewers' spent grains // Foods. 2020. 9:1492.
17. Reis, S. F., Rai, D. K., and Abu Ghannam, N. Apple pomace as a potential ingredient for the development of new functional foods // International Journal of Food Science & Technology. 2014. 49(7). 1743-1750.

18. Rokayya, S.; Li, C.; Zhao, Y.; Li, Y.; Sun, C. Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) Phytochemicals with antioxidant and anti-inflammatory potential // *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 2013. 14. 6657-6662.

19. Sahni P. and Shere D.M. Comparative evaluation of physico-chemical and functional properties of apple, carrot and beetroot pomace powders // *International Journal of Food and Fermentation Technology.* 2017. 7(2): 317-323.

20. Tolve, R.; Simonato, B.; Rainero, G.; Bianchi, F.; Rizzi, K.; Cervini, M.; Giuberti, G. Enrichment of wheat bread with grape pomace powder: nutritional, technological, antioxidant and organoleptic properties // *Foods.* 2021. 10p.

References

1. Vasilyeva Yu. V., Borisova A. E., Shlelenko L. A. The use of flour from sunflower seeds in the production of bakery products for gerodietic purposes. *Bakery industry in Russia*, 2010, no. 6, pp. 29-30.

2. Gulova T.I. The use of raw materials of the Ural region in the production of bread. Innovative technologies in the field of nutrition, service and trade. Materials of the V International scientific and practical conference. Yekaterinburg, 2018, pp. 31-35.

3. Guseva T.I. The use of natural vegetable additives in baking. Innovative technologies in the food industry and public catering. Materials of the IX International scientific and practical conference. Yekaterinburg: Ural State University of Economics Publ., 2022, pp. 35-40.

4. Guseva T.I. Development of functional products using herbal ingredients. Achievements and prospects of scientific and innovative development of the agro-industrial complex: Proceedings of the III All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. Kurgan: Publishing house: Kurgan State Agricultural Academy Publ., 2022, pp. 526-530.

5. Guseva T.I. Bee products – functional food ingredient. Biomedical and nutritiological aspects of health-saving technologies. Materials of the III International Scientific and practical Conference. Kemerovo: Publishing House: Kemerovo State Medical University Publ., 2023, pp. 74-77.

6. Kolobaeva A.A., Kotik O.A. Determination of the content of antioxidants in apples of late ripening varieties. *Technologies and commodity science of agricultural products*, 2019, no. 1, pp. 168-173.

7. Leonidov D.S. Laktuloza: diapazon ispol'zovaniya v pishchevoy promyshlennosti. *Bakery industry in Russia*, 2011, no. 6, pp. 33-35.

8. Influence of additives of flour from legumes on the biological value and structural and mechanical properties of wheat dough. T.A. Ryzhova, M.Yu. Tretyakov, V.P. Netsvetaev, Yu.N. Kurkina, A.N. Chulkov. *Bakery industry in Russia*, 2012, no. 2, pp. 24-25.

9. Samsonova E.D., Krasnoshtanova A.A. Improving the nutritional value and useful properties of products using oatmeal. *Advances in chemistry and chemical technology*, 2020, no. 11 (234), pp. 16-18.

10. Skurikhin I M., Tutelyan V.A. Tables of chemical composition and caloric content of Russian food products. Moscow: Delhi Print Publ., 2007. 275 p.

11. Fedorova R.A., Golovinskaya O.V. Functional bread with the addition of kombucha infusion. *Bakery of Russia.* 2011. No. 6. Pp. 22-23.

12. Pashchenko L.P., Zharkova I.M. Technology of bakery production: textbook / edited by N.A. Smetanina. - St. Petersburg: Lan Publ., 2014. 672 p.

13. Chaldae P.A., Shevchenko A.F., Zimichev A.V. Ways to improve the quality of wheat and oat bakery products // *Bakery of Russia.* 2010. No. 1. Pp. 20 - 21.

14. Handbook for workers of laboratories of bakery enterprises / K.N. Chizhova, T.I. Shkvarkina, N.P. Volkova, A.M. Chinchuk. Moscow: Food industry Publ., 1978. 191 p.

15. Shevchenko A.F., Zipaev D.V., Valiulina D.F. Bread with biomass of kefir fungi // *Bakery industry in Russia*, 2011, no. 4, pp. 11-13.

16. Amoriello T., Mellara F., Galli V., Amoriello M., Ciccoritti R. Technological properties and consumer acceptability of bakery products enriched with brewers' spent grains. *Foods*, 2020, 9:1492.

17. Reis, S. F., Rai, D. K., and Abu Ghannam, N. Apple pomace as a potential ingredient for the development of new functional foods. *International Journal of Food Science & Technology*, 2014, 49(7), 1743-1750.

18. Rokayya, S.; Li, C.; Zhao, Y.; Li, Y.; Sun, C. Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) Phytochemicals with antioxidant and anti-inflammatory potential. *Asian Pac. J. Cancer Prev*, 2013, 14, 6657-6662.

19. Sahni P. and Shere D.M. Comparative evaluation of physico-chemical and functional properties of apple, carrot and beetroot pomace powders. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 2017, 7(2): 317-323.

20. Tolve, R.; Simonato, B.; Rainero, G.; Bianchi, F.; Rizzi, K.; Cervini, M.; Giuberti, G. Enrichment of wheat bread with grape pomace powder: nutritional, technological, antioxidant and organoleptic properties. *Foods*, 2021. 10p.

Информация об авторах

Т.И. Гусева – старший преподаватель кафедры менеджмента и предпринимательства.

Information about the authors

T.I.Guseva – Senior Lecturer of the Department of Management and Entrepreneurship.

Научная статья

УДК: 664.661:615.451.16.012:634.18

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-33-39

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА, ОБОГАЩЕННОГО ГЛИЦЕРИНОВЫМ ЭКСТРАКТОМ ПЛОДОВ РЯБИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

*Брыксина Кристина Вячеславовна¹, Миронов Алексей Михайлович²,
Данилин Сергей Иванович³, Троянов Алексей Григорьевич⁴,
Кольцов Владимир Александрович⁵*

^{1,3,4}Мичуринский государственный аграрный университет, Тамбовская обл., Мичуринск,
Россия

^{2,5}Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина, Тамбовская обл., Мичуринск, Россия

¹kristinaparusova91@gmail.com

²sigurd32@gmail.com

³danilin.7022009@mail.ru

⁴troyanov-48@mail.ru

⁵kolcov.mich@mai.ru✉

Аннотация. Внедрение в рецептуру хлебобулочных изделий функциональных ингредиентов позволит создать массовый продукт с высокой пищевой плотностью. В качестве объектов исследований была взята рецептура пшеничного хлеба и глицериновый экстракт плодов рябины обыкновенной. Содержание хлорогеновой и неохорогеновой кислоты определяли методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии. Кислотность мякиша хлебобулочного изделия определяли методом титрования, пористость мякиша – методом Завьялова, влажность мякиша – весовым методом. Увеличение доли замены воды глицериновым экстрактом плодов рябины обыкновенной привело к значительному снижению пористости до 54,56 %. С увеличением замены воды глицериновым экстрактом наблюдали увеличение кислотности мякиша. Превышение порогового значения по кислотности мякиша наступало после внесения 40 % от объема воды экстракта. Внесение выше 80% от объема воды глицеринового экстракта приводило к превышению порогового значения содержания влаги в мякише. Высокую дегустационную оценку получили хлебобулочные изделия с заменой на 20 % и 40 % воды глицериновым экстрактом. Согласно полученным данным установлено, что 100 % замена воды на глицериновый экстракт рябины обыкновенной повлекла ухудшение внешнего вида хлебобулочного изделия и потемнение мякиша. Наибольшее содержание хлорогеновой и неохлорогеновой кислоты установлено при 100 % замене воды на глицериновый экстракт - 13,9 мг/100 г и 12,15 мг/100 г соответственно. Оптимальная доля замены воды глицериновым экстрактом составила 40 %, при которой физико-химические показатели хлебобулочного изделия соответствовали нормативным актам, а сенсорные показатели имели высокие значения. Содержание хлорогеновой кислоты составило 6,15 мг/100 г, а неохлорогеновой – 5,45 мг/100 г.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, глицериновый экстракт, обогащение, *Sorbus aucuparia* L., гидроксикоричные кислоты, пористость, влажность, кислотность.

Для цитирования: Оценка показателей качества пшеничного хлеба, обогащенного глицериновым экстрактом плодов рябины обыкновенной / К.В. Брыксина, А.М. Миронов, С.И. Данилин, А.Г. Троянов, В.А. Кольцов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. №3(29). С. 33-39. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-33-39>.

Original article

EVALUATION OF QUALITY PARAMETERS OF WHEAT BREAD, ENRICHED WITH GLYCERIN EXTRACT OF COMMON MOUNTAIN ASH FRUIT

*Bryksina Kristina Vyacheslavovna*¹, *Mironov Alexei Mikhailovich*², *Danilin Sergey Ivanovich*³,
*Troyanov Alexey Grigorievich*⁴, *Koltsov Vladimir Aleksandrovich*⁵

^{1,3,4}Michurinsk State Agrarian University, Tambov Region, Michurinsk, Russia

^{2,5}I.V. Michurin Federal Scientific Center, Tambov Region, Michurinsk, Russia

¹kristinaparusova91@gmail.com

²sigurd32@gmail.com

³danilin.7022009@mail.ru

⁴troyanov-48@mail.ru

⁵kolcov.mich@mail.ru

Abstract. *The introduction of functional ingredients in the formulation of bakery products will create a mass product with high nutritional density. The wheat bread formulation and glycerin extract of common mountain ash fruit were taken as objects of research. The content of chlorogenic and neochlorogenic acid was determined by reverse-phase high-performance liquid chromatography. Acidity of bakery product crumb was determined by titration method, crumb porosity by Zavyalov's method, and crumb moisture content by weight method. Increasing the proportion of glycerin extract of common mountain ash fruit led to a significant reduction in porosity to 54.56%. An increase in the proportion of glycerol extract was observed in the acidity of the crumb. The threshold value of crumb acidity was exceeded after 40% of the extract. Adding more than 80% of the glycerol extract resulted in exceeding the threshold value of the moisture content in the pulp. The high tasting score was given to the baked goods with 20 % and 40 % water replacement with the glycerin extract. According to the data obtained it was found that 100% replacement of water with glycerine extract of common mountain ash caused deterioration of bakery products appearance and darkening of crumb. The highest content of chlorogenic and non-chlorogenic acids was found at 100% replacement of water with glycerol extract 13.9 mg/100 g and 12.15 mg/100 g respectively. The optimum percentage of water replacement with glycerol extract was 40%, at which the physico-chemical parameters of the baked product corresponded to the normative acts, and the sensory indices had high values. Chlorogenic acid content was 6.15 mg/100 g and non-chlorogenic acid content was 5.45 mg/100 g.*

Keywords: *bakery products, glycerol extract, enrichment, Sorbus aucuparia L., hydroxycinnamic acids, porosity, moisture, acidity.*

For citation: *Evaluation of quality parameters of wheat bread, enriched with glycerin extract of common mountain ash fruit. K.V. Bryksina, A.M. Mironov, S.I. Danilin, A.G. Troyanov, V.A. Koltsov. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no 3(29), pp. 33-39. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-33-39>.*

Введение

Для решения задачи повышения качества и совершенствования структуры питания актуальным является обеспечение населения экономически доступными и безопасными пищевыми продуктами с высоким содержанием микронутриентов [8]. Хлебобулочные изделия являются продукцией ежедневного потребления всех слоев населения. В структуре потребления населением хлебобулочных изделий преобладает продукция из пшеничной муки высшего сорта, доля которой составляет более 40 % от общей массы. Внедрение в рецептуру хлебобулочных изделий функциональных ингредиентов позволит создать массовый продукт с высокой пищевой плотностью [2, 6]. С целью обогащения хлебобулочных изделий используют растительные экстракты, овощные и фруктовые порошки и пюре, а также различные зерновые смеси [7, 9].

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia L.*) произрастает повсеместно в диком и культурном виде, отличается достаточно высокой скороплодностью, иммунитетом, высоким потенциалом продуктивности, накоплением в плодах высокого уровня биологически активных соединений. Плоды рябины обыкновенной являются ценным источником гидроксикоричных кислот, содержание которых в зависимости от сорта и ареала произрастания варьирует в пределах 44 – 156 мг/100 г [3, 10]. Основными гидроксикоричными кислотами, содержащи-

мися в плодах рябины обыкновенной, являются хлорогеновая и неохлорогеновая кислота [10, 11]. Глицерин - это трехгидроксильный спирт, нетоксичный, характеризуется сладким вкусом и низким гликемическим индексом, обладает консервирующими свойствами, и который нашел широкое применение в производстве хлебобулочных изделий и производстве экстрактов из растительного сырья [12].

Цель исследований состояла в изучении физико-химических показателей обогащенного хлебобулочного изделия глицериновым экстрактом плодов рябины обыкновенной.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2021-2023 гг. на базе лаборатории Мичуринского государственного аграрного университета. В качестве объектов исследований была взята рецептура пшеничного хлеба [1] (табл.1).

Таблица 1. Рецептура пшеничного хлеба, на 100 кг муки

Ингредиенты	Количество, кг
мука	100,0
дрожжи прессованные	1,5
соль	1,5
сахар	2,0
масло растительное	2,0
вода	по расчету

В качестве функциональной добавки использовали глицериновый экстракт плодов рябины обыкновенной. В качестве растворителя использовали смесь воды и глицерина в соотношении 1:1. Экстракцию проводили на ультразвуковой установке УЗДН-1 при частоте ультразвукового излучения 44 кГц и мощности 100 Вт из сушеных измельченных плодов рябины ($d= 1-1,5$ мм) при соотношении растительного сырья и растворителя 1:20 в течение 40 минут. Замену в рецептуре воды на глицериновый экстракт проводили в диапазоне от 0 до 100 % с шагом в 20 %. В качестве контроля использовали пшеничный хлеб, приготовленный по классической рецептуре.

Содержание хлорогеновой и неохрогеновой кислоты определяли методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ОФ ВЭЖХ) на хроматографе Thermo Ultimate 3000 с диодно-матричным детектором DAD-3000 [5]. Разделение компонентов производили на колонке Hypersil Gold C18 (4,6 x 250 мм, 5 μ m). Использовали бинарный градиент подвижной фазы – фосфатного буфера (А) и ацетонитрила (В), соотношение которых изменялось в следующих пропорциях: 0-10 мин – 5 % В, 18 мин – 23 % В, 30 мин – 30 % В, 35-45 мин – 40 % В, 55 мин – 5% В, 60 мин – 5 % В. Фосфатный буфер представлял собой 0,0073М раствор $\text{KН}_2\text{PО}_4$, подкисленный ортофосфорной кислотой до рН 2,5. Детектирование сигнала производили при длине волны 330 нм. Скорость подачи подвижной фазы – 1мл/мин, температура колонки – 30 $^{\circ}$ С, объем инъекции – 20 μ л. В качестве стандартов использовали хлорогеновую кислоту (Fluka) и неохлорогеновую кислоту (Fluka). Обработку полученных результатов проводили с помощью программного обеспечения Chromeleon 7.2.8.

Кислотность мякиша хлебобулочного изделия определяли методом титрования, пористость мякиша – методом Завьялова, влажность мякиша – весовым методом [6]. Органолептическую оценку хлебобулочных изделий проводили согласно ГОСТ 31986-2012.

Математическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel 2010.

Результаты исследований и их обсуждение

Внесение функциональных ингредиентов в рецептуру производства хлебобулочных изделий не должно ухудшать показатели исходного изделия. Физико-химические показатели исследуемых хлебобулочных изделий представлены в таблице 2.

Таблица 2. Физико-химические показатели хлебобулочных изделий

Показатели	ГОСТ Р 58233-2018	контроль	Внесение глицеринового экстракта плодов рябины обыкновенной, %				
			20	40	60	80	100
Пористость, %	≥ 70	72,89	73,10 $\pm 1,75$	71,21 $\pm 1,89$	69,88 $\pm 1,56$	64,32 $\pm 1,58$	54,56 $\pm 1,87$
Кислотность, град	≤ 3	2,25	2,77 $\pm 0,24$	2,89 $\pm 0,23$	3,22 $\pm 0,20$	3,55 $\pm 0,31$	4,07 $\pm 0,28$
Влажность, %	≤ 44	36,71	40,15 $\pm 1,63$	41,22 $\pm 2,09$	42,36 $\pm 1,85$	44,36 $\pm 2,01$	52,56 $\pm 1,98$

Пористость мякиша влияет на усвояемость хлебобулочных изделий человеческим организмом, чем выше пористость, тем выше усвояемость [4]. Увеличение доли замены воды глицериновым экстрактом плодов рябины обыкновенной привело к значительному снижению пористости до 54,56 %. Внесение глицеринового экстракта на уровне 20% от объема воды позволило незначительно увеличить пористость изделия до 73,10 %. Согласно требованиям, представленным в ГОСТ Р 58233-2018 к показателям качества пшеничного хлеба, внесение глицеринового экстракта до 40 % от объема воды не превысило порогового значения пористости мякиша.

Известно, что глицерин в пищевых продуктах выступает как влагоудерживающий агент [12]. С увеличением доли внесения глицеринового экстракта наблюдали повышение влажность мякиша изделия. Внесение доли глицеринового экстракта выше 80% объема воды приводило к превышению порогового значения содержания влаги в пшеничном хлебе. Аналогичные тенденции установлены с изменением кислотности мякиша. С увеличением внесения доли глицеринового экстракта от объема воды наблюдали увеличение кислотности мякиша. Превышение порогового значения по кислотности мякиша наступало после внесения 40 % от объема воды экстракта. Это можно объяснить высоким содержанием органических кислот в глицериновом экстракте плодов рябины обыкновенной.

Согласно полученным данным установлено, что 100 % замена воды на глицериновый экстракт рябины обыкновенной повлекло ухудшение внешнего вида хлебобулочного изделия и потемнению мякиша (рис. 1).

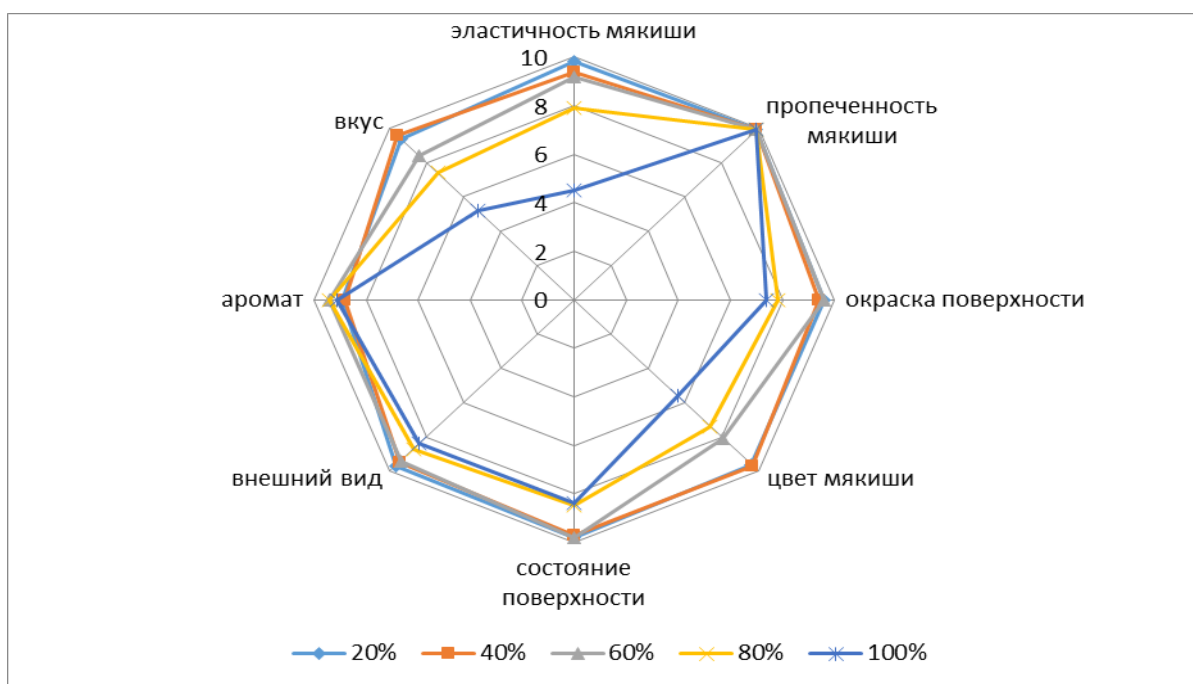


Рисунок 1. Органолептическая оценка обогащенного пшеничного хлеба

С увеличением доли внесения глицеринового экстракта наблюдали усиление аромата изделия, и проявлялись вкусовые терпкие нотки плодов рябины обыкновенной. Высокую дегустационную оценку получили хлебобулочные изделия с заменой воды на 20 % и 40 % глицериновым экстрактом.

С увеличением доли внесения глицеринового экстракта наблюдали повышение содержания гидроксикоричных кислот в мякише (рис.2). Наибольшее содержание хлорогеновой и неохлорогеновой кислоты установлено при 100 % замене воды на глицериновой экстракт - 13,9 мг/100 г и 12,15 мг/100 г соответственно.

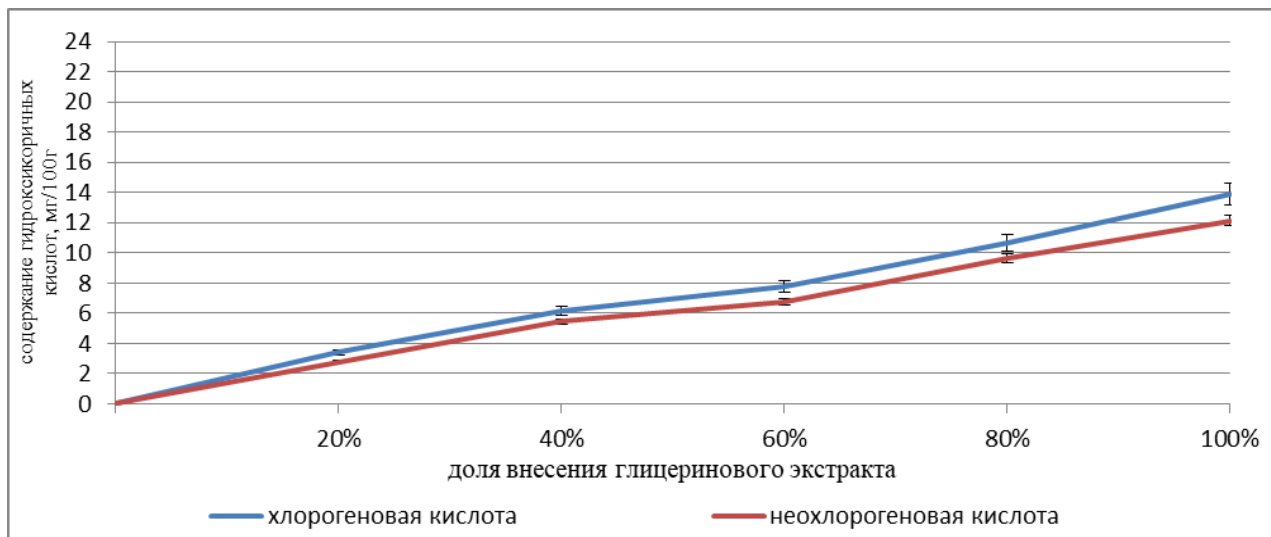


Рисунок 2. Содержание гидроксикоричных кислот в мякише обогащенного пшеничного хлеба

Исходя из полученных данных по физико-химическим показателям и органолептической оценки обогащенного пшеничного хлеба, установили норму внесения глицеринового экстракта на уровне 40% от объема воды. При данной концентрации глицеринового экстракта в рецептуре физико-химические показатели хлебобулочного изделия соответствовали нормативным актам, а сенсорные показатели имели высокие значения. Содержание хлорогеновой кислоты составило 6,15 мг/100 г, а неохлорогеновой – 5,45 мг/100 г.

Суточная норма потребления человеческим организмом гидроксикоричных кислот, согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.0253-21, составляет 200 мг. Употребление одной порции (200 г) обогащенного пшеничного хлеба глицериновым экстрактом позволит удовлетворить суточную потребность человеческого организма в гидроксикоричных кислотах на 10 %.

Выводы

1. Увеличение доли внесения глицеринового экстракта в рецептуру пшеничного хлеба способствовало снижению пористости и увеличению кислотности и влажности мякиша. Замена более 80% воды на глицериновый экстракт повысила влажность мякиша выше порогового значения, замена более 40% - повысила кислотность выше порогового значения и снизила пористость мякиша ниже порогового значения.

2. Высокую дегустационную оценку получили хлебобулочные изделия с заменой 20 % и 40 % воды на глицериновый экстракт.

3. Наибольшее содержание хлорогеновой и неохлорогеновой кислоты установлено при 100 % замене воды на глицериновой экстракт - 13,9 мг/100 г и 12,15 мг/100 г соответственно.

4. Оптимальная доля замены воды глицериновым экстрактом составила 40 %, при которой физико-химические показатели хлебобулочного изделия соответствовали нормативным актам, а сенсорные показатели имели высокие значения. Содержание хлорогеновой кислоты составило 6,15 мг/100 г, а неохлорогеновой – 5,45 мг/100 г.

Список источников

1. Ершов П.С. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1998. 190 с.
2. Изакова Н.Б., Елькина К.С. Разработка коммуникационной политики хлебопроизводителей на основе маркетингового исследования предпочтений потребителей // Маркетинг и маркетинговые исследования. 2022. № 1. С. 76-82.
3. Каротиноиды, хлорогеновые кислоты и другие природные соединения плодов рябины / И.А. Гостищев, В.И. Дейнека, И.П. Анисимович и др. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2010. № 3 (74). С. 83-92.
4. Корячкина С.Я., Березина Н.А., Хмелева Е.В. Методы исследования качества хлебобулочных изделий: учебно-методическое пособ. для вузов. Орел: ОрелГТУ, 2010. 166 с.
5. Методы анализа минорных биологически активных веществ пищи / под ред. В.А. Тутельяна и К.И. Эллера. Москва: Династия, 2010. С. 180.
6. О результатах производственно-экономической деятельности лидеров рынка хлебобулочных изделий РФ / З.И. Латышева, О.В. Власова, М.Н. Наджафова и др. // Вестник НГИЭИ. 2023. № 3 (143). С. 71-83.
7. Тимакова Р.Т. Оценка качества пшеничного хлеба, обогащенного натуральным яблочным сырьем // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2020. № 2 (44). С. 22-28.
8. Тутельян В.А. Здоровое питание для общественного здоровья // Общественное здоровье. 2021. Т. 1. № 1. С. 56-64.
9. Характеристика потребительских свойств хлеба из пшеничной муки, обогащенного функциональными ингредиентами муки киноа / Л.Г. Елисеева, Д.С. Кокорина, Е.В. Невская и др. // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020. № 3 (62). С. 67-74.
10. Erbil N. Potential antibacterial effect and l-ascorbic acid and phenolic content profiles of wild rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) // Erwerbs-Obstbau. 2022. Vol. 64. Pp. 725-732.
11. Gil-Izquierdo A., Mellenthin A. Identification and quantitation of flavonols in rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) juice // European Food Research and Technology. 2001. Vol. 213. Pp. 12-17.
12. Quispe C.A., Coronado C.J., Carvalho Jr J.A. Glycerol: Production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. No. 27. Pp. 475-493.

References

1. Ershov P.S. Collection of recipes for bread and bakery products. SPb: Gidrometeoizdat Publ., 1986. 191 p.
2. Izakova N.B., Elkina K.S. Development of communication policy of bread producers on the basis of marketing research of consumer preferences. Marketing and marketing research, 2022, no. 1, pp. 76-82.
3. Carotenoids, chlorogenic acids and other natural compounds of mountain ash fruit. I.A. Gostischev, V.I. Deineka, I.P. Anisimovich et al. Scientific journal of Belgorod State University. Series: Natural Sciences, 2010, no. 3 (74), pp. 83-92.
4. Koryachkina S.Y., Berezina N.A., Khmeleva E.V. Methods of research of quality of bakery products: educational-methodical manual for universities. Orel: Orel State Technical University Publ., 2010. 166 p.
5. Methods of analysis of minor biologically active substances of foo. ed. by V.A. Tuteljan and K.I. Eller. Moscow: Dynasty Publ., 2010. 180 p.
6. About the results of production and economic activity of the leaders of the bakery products market of the Russian Federation. Latysheva Z. I., Vlasova O. V. , Nadzhafova M. N. et al. Bulletin NGIEI, 2023, no. 3 (143), pp. 71-83.

7. Timakova RT Evaluation of the quality of wheat bread enriched with natural apple raw materials. Processes and food production equipment, 2020, no. 2 (44), pp. 22-28.
8. Tutelyan V.A. Healthy food for public health. Public health, 2021, vol. 1, no. 1, pp. 56-64.
9. Characteristics of consumer properties of wheat flour bread enriched with functional ingredients of quinoa flour. L.G. Eliseeva, D.S. Kokorina, E.V. Nevskaya et al. Technology and merchandising of innovative food products, 2020, no. 3 (62), pp. 67-74.
10. Erbil N. Potential antibacterial effect and l-ascorbic acid and phenolic content profiles of wild rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.). Erwerbs-Obstbau, 2022, vol. 64, pp 725-732.
11. Gil-Izquierdo A., Mellenthin A. Identification and quantitation of flavonols in rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) juice. European Food Research and Technology, 2001, vol. 213, pp 12-17.
12. Quispe C.A., Coronado C.J., Carvalho Jr. J.A. Glycerol: Production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, no. 27, pp. 475-493.

Информация об авторах

К.В. Брыксина – старший преподаватель кафедры продуктов питания, товароведения и технологии переработки продукции животноводства;

А.М. Миронов - младший научный сотрудник лаборатории передовых послеуборочных технологий;

С.И. Данилин – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства;

А.Г. Троянов - аспирант кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства;

В.А. Кольцов - кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории передовых послеуборочных технологий.

Information about the authors

K.V. Bryksina - Senior Lecturer of the Department of Food, Commodity Science and technology of processing animal products;

A.M. Mironov - Junior Researcher at the Laboratory of Advanced Post-harvest Technologies;

S.I. Danilin - Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Production Technology, Storage and Processing of Crop Production;

A.G. Troyanov - Postgraduate Student of the Department Of Production Technology, Storage and Processing Of Crop Production;

V.A. Koltsov - Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Advanced Post-Harvest Technologies.

Научная статья

УДК 637.146: 636.2

DOI DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-40-48

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОСТОКВАШИ ИЗ МОЛОКА КОРОВ РАЗНЫХ ПОРОД В ЗИМНИЙ И ЛЕТНИЙ ПЕРИОДЫ

Захаров Вячеслав Леонидович^{1✉}, Щегольков Николай Фёдорович²,
Шубкин Сергей Юрьевич³, Пащенко Ольга Васильевна⁴

^{1,3} Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

^{2,4} Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, Московская обл., Пушкино, Россия

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²nikfed50@bk.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴olgapaschenko.55@mail.ru

Аннотация. Целью работы было провести сравнительную оценку качества простокваши, приготовленной из молока трёх пород коров (красно-пёстрой, чёрно-пёстрой и симментальской) в разные сезоны года: в начале декабря (в зимне-стойловый период) и в середине лета (в пастбищный период). Молоко коров симментальской породы в зимне-стойловый период обладало более благоприятными физико-химическими параметрами, но имело менее благоприятные микробиологические показатели по сравнению с молоком чёрно-пёстрой и красно-пёстрой пород коров. В пастбищный период различия по физико-химическим показателям молока между всеми тремя породами сгладились и стали менее значительными. В этот период только молоко чёрно-пёстрой породы коров имело менее благоприятные микробиологические показатели. Свёртываемость молока всех трёх пород была выше в пастбищный период. В пастбищный период простокваша отличалась меньшей жирностью, большей плотностью и кислотностью, чем в зимне-стойловый период. В этот период порода коров повлияла на физико-химические свойства простокваши намного слабее, чем в зимне-стойловый период. Качество молочной продукции крупного рогатого скота зависит как от породного потенциала животного, так и от сезона года. В зимне-стойловый период наилучшими физико-химическими показателями обладала простокваша из молока коров красно-пёстрой и симментальской пород, а в пастбищный период только из молока коров симментальской породы.

Ключевые слова: молоко, порода коров, качество молока, качество простокваши, сезоны года.

Для цитирования: Показатели качества простокваши из молока коров разных пород в зимний и летний периоды / В.Л. Захаров, Н.Ф. Щегольков, С.Ю. Шубкин, О.В. Пащенко // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С.40-48. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-40-48>.

Original article

INDICATORS OF THE QUALITY OF CURDLED MILK FROM COWS OF DIFFERENT BREEDS IN WINTER AND SUMMER

Vyacheslav L. Zakharov^{1✉}, Nikolaj F. Shchegolkov², Sergey Yu. Shubkin³,
Olga V. Pashchenko⁴

¹zaxarov7979@mail.ru✉

²nikfed50@bk.ru

³shubkin.92@mail.ru

⁴olgapaschenko.55@mail.ru

Abstract. The aim of the work was to conduct a comparative assessment of the quality of yogurt made from the milk of three breeds of cows (red-mottled, black-mottled and Simmental) in different seasons of the

year: in early December (in the winter-stall period) and in mid-summer (in the pasture period). Milk of Simmental cows in the winter-stall period had more favorable physico-chemical parameters, but had less favorable microbiological indicators compared to milk of black-mottled and red-mottled breeds of cows. During the pasture period, the differences in the physico-chemical parameters of milk between all three breeds smoothed out and became less significant. During this period, only the milk of the black-and-white breed of cows had less favorable microbiological indicators. The coagulability of milk of all three breeds was higher in the pasture period. In the pasture period, yogurt was characterized by lower fat content, higher density and acidity than in the winter-stall period. During this period, the breed of cows affected the physico-chemical properties of yogurt much less than in the winter-stall period. The quality of dairy products of cattle depends both on the breed potential of the animal and on the season of the year. In the winter-stall period, the best physico-chemical indicators were obtained from the milk of cows of the red-mottled and Simmental breeds, and in the pasture period only from the milk of cows of the Simmental breed.

Keywords: milk, breed of cows, quality of milk, quality of curdled milk, seasons of the year.

For citation: Indicators of the quality of curdled milk from cows of different breeds in winter and summer. V.L. Zakharov, N.F. Shchegolkov, S.Yu. Shubkin, O.V. Pashchenko. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 3(29), pp. 40-48. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-40-48>

Введение

Наиболее популярной на рынке является простокваша с жирностью 3,2% [3]. В настоящее время вызывает интерес использование микропартикулятов денатурированных сывороточных белков, которые стабилизируют и упрочняют структуру кисломолочного сгустка, а также значительно улучшают органолептические свойства простокваши [17]. Внесение в простоквашу солодовой муки в дозе 50 кг/т и заквасочной культуры в дозе 70 г/т приводит к увеличению содержания белка на 5%, жира на 1%, углеводов на 35,5% и энергетической ценности на 171,1 ккал по сравнению с простоквашей, выработанной по традиционной технологии [15]. Технологические свойства молока при выработке кисломолочных продуктов также зависят от использования в рационах коров разных видов силоса: суданкового, кукурузного, суданково-люцернового [2]. Ещё более сильное влияние на свойства простокваши оказывает вид животных. Так, в научной литературе приводятся данные о качестве простокваши из молока различных видов животных - верблюжьего, козьего и коровьего. Установлено, что готовый продукт вызывает разную аллергенную реакцию у человека [20].

В данное время совершенствование популяций молочных пород по продуктивным признакам необходимо вести с учетом получаемых результатов исследований по уровню прилипания крови животных голштинской породы с целью повышения количественных признаков и сохранения качественных свойств молока коров отечественных пород [21]. В современных условиях разведения молочных пород крупного рогатого скота важным элементом исследований является влияние породной принадлежности на качественные показатели молока с учетом сезона года [1]. На качество молока коров влияет порода, срок лактации и сезон года, это автоматически передаётся на свойства простокваши. Увеличение содержания молочного белка, казеина, казеиновых фракций и казеинового числа в молоке ускоряет образование простокваши [24]. В некоторых исследованиях было показано, что наиболее питательное молоко было получено от инбредных коров с умеренным уровнем инбридинга [23]. При сравнении качества молока двух пород коров - джерсейской и фризской - были установлены различия по качеству жира. Молочный жир фризской породы содержал больше конъюгированной линолевой кислоты, чем жир джерсейской породы. Молоко джерсейской породы сворачивалось быстрее [22].

Ученые, уделяющие внимание исследованиям вопросов качества молока и молочной продукции разных пород крупного рогатого скота, убеждены в том, что породная принадлежность животных вносит определяющий вклад не только в их молочную продуктивность, но и в большей степени оказывает значительное влияние на качество вырабатываемых из этого молока кисломолочных продуктов [4, 14, 19]. В своих предыдущих исследованиях мы установили, что порода коров проявила себя как один из основных факторов влияния на тех-

нологические свойства молока и качество вырабатываемых из него отдельных кисломолочных продуктов [3, 13, 16].

Целью исследований было выяснение влияния сезона года в зависимости от смены уровня и типа кормления, изменений в питательности кормов (с учетом их химического состава) на качество простокваши на примере трёх пород крупного рогатого скота при идентичных условиях их кормления, содержания и ухода.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования было молоко вечерних удоев от трёх пород коров: красно-пёстрой, чёрно-пёстрой и симментальской. Исследования проводились на базе лаборатории кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

Отбор молока осуществлялся в два срока: в начале декабря - в зимне-стойловый период и в середине лета - в пастбищный. Молоко было доставлено из близлежащего крестьянско-фермерского хозяйства, в котором упомянутые породы коров находятся при одинаковых условиях кормления и содержания. При температуре 22°C молоко было проанализировано по основным показателям технотехнического контроля: кислотность – титриметрическим методом по ГОСТ Р 54669-2011 «Методы определения кислотности» [7], содержание органических кислот в пересчёте на молочную кислоту – титриметрическим методом по ГОСТ 25555.0-82 «Методы определения титруемой кислотности» [10], плотность – ареометрическим методом [6], жирность – бутирометрическим методом [12], количество соматических клеток – вискозиметрическим методом на анализаторе молока «Соматос мини» [9], рН – ионометрическим методом [11] на рН-метре-иономере «Эксперт-001», редуцтазная проба – с 5% раствором сульфата меди, сычужная проба – с 1% раствором микробиального препарата «meito» [5].

Содержание в молоке белка, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), жира и плотности определяли на анализаторе молока «Клевер-2». За истинное значение брали среднее арифметическое между данными, полученными химическими анализами и экспресс-анализом.

В течение 2 суток молоко подверглось естественному сквашиванию. Количество молока, взятого для проведения опыта по каждой породе, составляло 15 литров. Простокваша хранилась при температуре +4°C в холодильнике. На следующий день после изготовления простокваши она была проанализирована на плотность – весовым методом, рН – ионометрическим методом [11], кислотность – по ГОСТ Р 54669-2011 [7] в динамике ежедневно до момента выхода ее кислотности за рамки, предусмотренные стандартом. Содержание жира определялось по ГОСТ 5867-90 [12], содержание органических кислот определялось титриметрическим методом в пересчёте на молочную кислоту [10].

Результаты исследований и их обсуждение

В наших исследованиях молоко, полученное от коров разных пород, заметно различалось по своим физико-химическим свойствам. Согласно рН, кислотности и содержанию органических кислот молоко симментальской породы коров в зимне-стойловый период имело меньшую кислотность и более высокую жирность, чем молоко животных красно-пёстрой и черно-пестрой пород. По плотности, содержанию сухого обезжиренного остатка и белка молока различия оказались не слишком существенными. В летний пастбищный период молоко коров симментальской породы было наоборот более кислым, более плотным, с более высоким содержанием белка и сухого обезжиренного молочного остатка при одинаковых показателях жира. Молоко животных черно-пестрой породы, по сравнению с двумя другими, имело более низкие показатели как по процентному содержанию жира, так и белка (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химические свойства молока разных пород коров в зависимости от сезона года

Порода	Кислотность, °Т	Органические кислоты, %	pH	Жир, %	Белок, %	Плотность, г/см ³	СОМО, %
в зимне-стойловый период							
красно-пёстрая	20,1	0,4	6,6	4,4	3,5	1,030	9,0
симментальская	18,3	0,35	6,8	4,8	3,6	1,029	8,9
чёрно-пёстрая	21,9	0,4	6,6	3,9	3,3	1,030	8,8
в пастбищный период							
красно-пёстрая	21,2	0,40	5,8	3,8	3,2	1,028	8,3
симментальская	21,8	0,45	5,3	3,8	3,3	1,030	8,6
чёрно-пёстрая	21,6	0,41	5,4	3,6	3,1	1,028	8,4

В целом молоко коров всех трех пород в летне-пастбищный период было с более высокой кислотностью, менее жирным, с меньшим количеством белка и СОМО, чем в зимне-стойловый период.

Сычужная проба молока всех пород как в зимне-стойловый период, так и в пастбищный составила менее 15 минут, что указывает на ее хорошую свёртываемость. Следует отметить, что летом свёртываемость молока была более высокая, чем в зимне-стойловый период. Молоко красно-пёстрой породы коров всегда свёртывалось относительно быстрее (табл. 2).

Таблица 2. Микробиологические показатели молока разных пород коров

Порода	Соматические клетки, тыс. клеток/мл	Сычужная проба, минут	Редуктазная проба в пробирках, часов
в зимне-стойловый период			
красно-пёстрая	146	0,5	2
симментальская	583	5,5	5
чёрно-пёстрая	153	0,5	2
в пастбищный период			
красно-пёстрая	268	0,1	8,5
симментальская	300	1,0	10,5
чёрно-пёстрая	270	5,0	4,5

Согласно результатам редуктазной пробы зимнее молоко всех трёх пород, а также летнее молоко чёрно-пёстрой породы имеет удовлетворительное качество и относится ко 2 классу, а летнее молоко коров красно-пёстрой и симментальской пород, имея отличные качественные показатели, относится к 1 классу. По этому тесту молоко симментальской породы коров независимо от сезона года являлось более качественным, по сравнению с молоком остальных двух пород.

Молоко симменталов всегда отличалось более высоким содержанием соматических клеток. В зимне-стойловый период оно по этому показателю превышало норму на 83 тыс. клеток/мл, а летом - не превышало норму.

По своим органолептическим показателям полученная простокваша соответствовала ГОСТ 31456-2013 [8]. Варианты отличались по консистенции: самой жидкой была простокваша из молока коров чёрно-пёстрой породы, самой густой – из молока красно-пёстрой, а из молока животных-симменталов она занимала промежуточное положение. Это отмечено как в зимний, так и в пастбищный период. В зимне-стойловый период менее плотной, но более жирной оказалась простокваша из молока красно-пёстрой породы, а самой плотной и мало-жирной – из молока чёрно-пёстрой породы. Простокваша из молока коров симментальской породы занимала промежуточное положение. В этот период наиболее кислой была простокваша из молока особей чёрно-пёстрой породы, а менее кислой – из молока коров симмен-

тальской породы. Простокваша из молока коров красно-пёстрой породы занимала промежуточное положение по кислотности. Об этом свидетельствует содержание органических кислот, кислотность и рН (табл. 3).

Таблица 3. Физико-химические свойства простокваши из молока разных пород крупного рогатого скота в зависимости от сезона года

Порода	Плотность, г/см ³	Содержание органических кислот, %	Кислотность, °Т	рН	Жир, %
в зимне-стойловый период					
красно-пёстрая	0,994	1,06	126,0	4,62	4,8
симментальская	1,017	1,0	121,0	4,68	4,4
чёрно-пёстрая	1,035	1,12	129,0	4,48	3,9
в пастбищный период					
красно-пёстрая	1,037	1,3	130,0	3,8	3,8
симментальская	1,035	1,2	128,0	4,0	3,9
чёрно-пёстрая	1,038	1,3	130,0	3,8	3,6

В пастбищный период простокваша из молока всех пород была более плотной, менее жирной и более кислой, чем в зимне-стойловый период. В этот период влияние породности животных на физико-химические свойства (плотность, кислотность и жирность) простокваши оказалось намного слабее, чем в зимне-стойловый период. Однако в пастбищный период простокваша из молока коров симментальской породы, как и в зимне-стойловый период, имела более качественные показатели (была менее плотной, менее кислой и более жирной), по сравнению с простоквашей из молока животных остальных двух пород. Кислотность простокваши не превышала своего порогового значения, предусмотренного ГОСТ 31456-2013 [8].

Выводы

1. Молоко коров симментальской породы в зимне-стойловый период обладало более благоприятными физико-химическими параметрами, но имело менее благоприятные микробиологические показатели (превышение соматических клеток), по сравнению с молоком животных чёрно-пёстрой и красно-пёстрой пород.
2. В пастбищный период различия по физико-химическим показателям молока между всеми тремя породами коров сгладились и стали менее значительными. В этот период только молоко особей чёрно-пёстрой породы имело менее благоприятные микробиологические показатели (редуктазная проба).
3. Свёртываемость молока всех трёх пород коров была выше в летне-пастбищный период.
4. В пастбищный период простокваша сравниваемых всех трех вариантов отличалась меньшей жирностью, большей плотностью и большей кислотностью, чем полученная продукция в зимне-стойловый период. В летне-пастбищный период порода крупного рогатого скота повлияла на физико-химические свойства простокваши не так значительно, как в зимне-стойловый период.
5. Качество молочной продукции крупного рогатого скота зависит как от сезона года, так и, в основном, от породного потенциала животного. В зимне-стойловый период наилучшими физико-химическими показателями обладала простокваша из молока коров красно-пёстрой и симментальской пород, а в пастбищный период – из молока животных симментальской породы.

Список источников

1. Абрамова Н.И., Иванова Д.А. Влияние породной принадлежности коров на качественные показатели молока // Молочно-хозяйственный вестник. 2020. № 3. С. 12-21.
2. Андреев А.И., Менькова А.А., Шилов В.Н. Технологические свойства молока при использовании в рационах коров разных видов силоса // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2018. Т. 234, № 2. С. 17-21.
3. Влияние породы крупного рогатого скота на технологические качества молока и выработанного из него сыра для гриля / В.Л. Захаров, Н.Ф. Щегольков, Т.В. Зубкова, И.М. Волохов // Вестник КрасГАУ. 2022. № 3. С. 171-181.
4. Волкова У.А. Сыропригодность молока в зависимости от породы коров // Вестник студенческого научного общества. 2017. №1. С. 168-170.
5. ГОСТ Р 53430-2009 Молоко и продукты переработки молока. Методы микробиологического анализа. Разработан Государственным научным учреждением Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук. М.: Стандартинформ, 2011. 27 с.
6. ГОСТ 54758-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности. Разработан Государственным научным учреждением Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук. М.: Стандартинформ, 2012. 19 с.
7. ГОСТ Р 54669-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности. Разработан Государственным научным учреждением Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.
8. ГОСТ 31456-2013 Простокваша. Технические условия. Разработан Государственным научным учреждением Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук. М.: Стандартинформ, 2019. 7 с.
9. ГОСТ 23453-2014 Молоко сырое. Методы определения соматических клеток. Разработан Государственным научным учреждением Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Российской академии сельскохозяйственных наук. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.
10. ГОСТ 25555.0-82 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности. Разработан и внесён Министерством плодоовощного хозяйства СССР. М.: Стандартинформ, 2010. 4 с.
11. ГОСТ 26188-84 Продукты переработки плодов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Метод определения pH. Введен в действие 1.07.1985 г. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10.05.1984 г. № 1601. М.: Стандартинформ, 2010. 3 с.
12. ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 26.07.90 г. № 2293. М.: Стандартинформ, 2009. 13 с.
13. Захаров В.Л., Щегольков Н.Ф., Захаров В.М. Качество простокваши в зависимости от породы крупного рогатого скота // Агропромышленные технологии Центральной России. 2022. № 2(24). С. 10-20.
14. Кармаева А.С., Соболева Н.В., Кармаев С.В. Влияние породы на сыропригодность молока и качество сыра // Молочное и мясное скотоводство. 2018. №5. С. 34-38.
15. Лисенкова Е.Ю., Мансуров А.П. Влияние солодовой муки и заквасочной культуры Лиофаст SA на качество простокваши // Перспективы развития сельскохозяйственного производства: Сб. тр. студ., аспирантов и молодых ученых, посвящ. 85-летию Нижегородской ГСХА, Нижний Новгород, 01 сентября 2014 года – 31 августа 2015 года. Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. С. 136-139.

16. Порода как основополагающий фактор, оказывающий непосредственное влияние на качество кисломолочных продуктов / Н.Ф. Щегольков, В.Л. Захаров, Н.Я. Нальвадаев, И.М. Волохов, Д.В. Машталер // Перспективы эффективного развития племенного животноводства и кормопроизводства в Российской Федерации: Сб. матер. XIII Всерос. (национ.) науч.-практ. конф. Тверь, 2022. С. 48-50.
17. Реологические свойства простокваши с сывороточными белками / И.А. Смирнова, А.Н. Пирогов, С.В. Манылов, А.В. Шилов, В.Е. Поселенов // Молочная промышленность. 2008. №12. С. 65-66.
18. Сухарева Т.Н. Экспертиза качества простокваши // Агробиотехнология-2021: Сборник статей международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. С. 1176-1178.
19. Бабушкин В.А. и др. Сыропригодность молока, полученного от коров Воронежского типа красно-пестрой породы / В.А. Бабушкин, Я.В. Авдалян, И.В. Зизюков, Н.Ф. Щегольков // Вестник МичГАУ. 2012. №4. С. 66-68.
20. Факторы аллергенности простокваши из молока животных разных видов / А.С. Шуварики, О.Н. Пастух, В.А. Цветкова, Е.А. Юрова // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 1. С. 31-33.
21. Хромова О.Л., Абрамова Н.И. Влияние генотипа на продуктивные признаки коров молочных пород // Агробиотехнология. 2020. №3. С. 1-11.
22. Auld M., Johnston K., White N., Fitzsimons W., & Boland M. A comparison of the composition, coagulation characteristics and cheesemaking capacity of milk from Friesian and Jersey dairy cows // Journal of Dairy Research. 2004. Vol. 71(1). Pp. 51-57.
23. Gorelik O.V., Lihodeevskaya O.E., Zezin N.N., Sevostyanov M.Ya., Leshonok O.I. Assessment of the effect of inbreeding on the productive longevity of dairy cattle // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Innovative Development of Agri-Food Technology. 2020. Vol. 548. Pp. 1-7.
24. Jõudu I., Henno M., Kaart T., Püssa T., Kärt O. The effect of milk protein contents on the rennet coagulation properties of milk from individual dairy cows // International Dairy Journal. 2008. Vol. 18. Issue 9. Pp. 964-967.

References

1. Abramova N.I., Ivanova D.A. The influence of the breed affiliation of cows on the quality indicators of milk. Dairy and economic Bulletin, 2020, no. 3, pp. 12-21.
2. Andreev A.I., Men'kova A.A., Shilov V.N. Technological properties of milk when used in the diets of cows of different types of silage. Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, 2018, vol. 234, no. 2, pp. 17-21.
3. The influence of cattle breeds on the technological qualities of milk and grilled cheese made from it. V.L. Zakharov, N.F. Shchegol'kov, T.V. Zubkova, I.M. Volohov. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University, 2022, no. 3, pp. 171-181.
4. Volkova U.A. The cheese suitability of milk depending on the breed of cows. Bulletin of the Student Scientific Society, 2017, no. 1, pp. 168-170.
5. State standard R 53430-2009 Milk and milk processing products. Methods of microbiological analysis. Developed by the state scientific institution All-Russian Research Institute of Dairy Industry of the Russian Academy of Agricultural Sciences. M.: Standartinform Publ., 2011. 27 p.
6. State standard 54758-2011 Milk and milk processing products. Methods for determining density. Developed by the state scientific institution All-Russian Research Institute of Dairy Industry of the Russian Academy of Agricultural Sciences. M.: Standartinform Publ., 2012. 19 p.
7. State standard R 54669-2011 Milk and milk processing products. Methods for determining acidity. Developed by the state scientific institution All-Russian Research Institute of Dairy Industry of the Russian Academy of Agricultural Sciences. Introduced by the Technical Committee for

standardization TC 470 "Milk and milk processing products". Approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated 13.12.2011 No. 826-art. M.: Standartinform Publ., 2019. 12 p.

8. State standard 31456-2013 Curdled milk. Technical conditions. Developed by the state scientific institution All-Russian Research Institute of Dairy Industry of the Russian Academy of Agricultural Sciences. M.: Standartinform Publ., 2019. 7 p.

9. State standard 23453-2014 Raw milk. Methods for the determination of somatic cells. Prepared by the state scientific institution All-Russian Research Institute of Butter and Cheese Making of the Russian Academy of Agricultural Sciences. M.: Standartinform Publ., 2015. 16 p.

10. State standard 25555.0-82 Fruit and vegetable processing products. Methods for determining titrated acidity. Developed and introduced by the Ministry of Fruit and Vegetable Economy of the USSR. M.: Standartinform Publ., 2010. 4 p.

11. State standard 26188-84 Fruit and vegetable processing products, canned meat and meat-growing. pH determination method. Introduced on 1.07.1985 by the Resolution of the USSR State Committee for Standards dated 10.05.1984. No. 1601. M.: Standartinform Publ., 2010. 3 p.

12. State standard 5867-90 Milk and dairy products. Methods for determining fat. Approved and put into effect by the Resolution of the USSR State Committee for Product Quality Management and Standards dated 26.07.90. No. 2293. M.: Standartinform Publ., 2009. 13 p.

13. Zakharov V.L., Shchegol'kov N.F., Zakharov V.M. The quality of yogurt depending on the breed of cattle. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2022, no. 2(24), pp. 10-20.

14. Karamaeva A.S., Soboleva N.V., Karamaev S.V. The influence of the breed on the cheese suitability of milk and the quality of cheese. *Dairy and meat cattle breeding*, 2018, no. 5, pp. 34-38.

15. Lisenkova E.Yu., Mansurov A.P. The influence of malt flour and sourdough culture of Lyofast SA on the quality of curdled milk. Prospects for the development of agricultural production: Collection of works of students, postgraduates and young scientists dedicated to the 85th anniversary of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, September 01, 2014 – August 31, 2015. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy Publ., 2015, pp. 136-139.

16. Breed as a fundamental factor that has a direct impact on the quality of fermented milk products. N.F. Shchegol'kov, V.L. Zakharov, N.Ya. Nal'vadaev, I.M. Volohov, D.V. Mashtaler. Prospects for the effective development of livestock breeding and feed production in the Russian Federation: Collection of materials of the XIII All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. Tver, 2022, pp. 48-50.

17. Rheological properties of yogurt with whey proteins. I.A. Smirnova, A.N. Pirogov, S.V. Manylov, A.V. Shilov, V.E. Poselenov. *Dairy industry*, 2008, no. 12, pp. 65-66.

18. Suhareva T.N. Examination of the quality of yogurt. *Agrobiotechnology-2021: Collection of articles of the international scientific conference, Moscow, November 24-25, 2021*. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Publ., 2021. pp. 1176-1178.

19. The cheese suitability of milk obtained from Voronezh-type cows of the red-mottled breed. V.A. Babushkin, Ya.V. Avdalyan, I.V. Zizyukov, N.F. Shchegol'kov. *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*, 2012, no. 4, pp. 66-68.

20. Allergenic factors of curdled milk from different animal species. A.S. Shuvarikov, O.N. Pastuh, V.A. Cvetkova, E.A. Yurova. *Sheep, goats, wool business*, 2015, no. 1, pp. 31-33.

21. Hromova O.L., Abramova N.I. The influence of the genotype on the productive characteristics of dairy cows. *Agrozootechniks*, 2020, no. 3, pp. 1-11.

22. Auldust M., Johnston K., White N., Fitzsimons W., & Boland M. A comparison of the composition, coagulation characteristics and cheesemaking capacity of milk from Friesian and Jersey dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 2004, vol. 71(1), pp. 51-57.

23. Gorelik O.V., Lihodeevskaya O.E., Zezin N.N., Sevostyanov M.Ya., Leshonok O.I. Assessment of the effect of inbreeding on the productive longevity of dairy cattle. *IOP Conference Se-*

ries: Earth and Environmental Science. Innovative Development of Agri-Food Technology, 2020, vol. 548, pp. 1-7.

24. Jõudu I., Henno M., Kaart T., Püssa T., Kärt O. The effect of milk protein contents on the rennet coagulation properties of milk from individual dairy cows. International Dairy Journal, 2008, vol. 18, Issue 9, pp. 964-967.

Информация об авторах

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агро-технологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

Н.Ф. Щегольков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник Липецкой лаборатории разведения крупного рогатого скота;

С.Ю. Шубкин – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии;

О.В. Пашенко – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Липецкой лаборатории разведения крупного рогатого скота.

Information about the authors

V. L. Zakharov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products;

N.F. Shchegol'kov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, leading researcher of the Lipetsk Laboratory of Cattle Breeding;

S.Yu. Shubkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering;

O.V. Pashchenko – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Lipetsk Laboratory of Cattle Breeding.

Научная статья

УДК 619:576.8:616.9:637.5

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-49-58

ПРОИЗВОДСТВО МЯСОРАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ШЕЛУХОЙ СЕМЯН ПОДРОЖНИКА

Курако Ульяна Михайловна^{1✉}, Левина Татьяна Юрьевна²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

¹kum13@rambler.ru✉

²lyucheva.tatyana@mail.ru

Аннотация. В статье отображены результаты исследований по разработке рецептуры и технологии голубцов из мяса кролика, обогащенного порошком псиллиума. В контрольной рецептуре мясорастительного полуфабриката была произведена замена свинины в мясном фарше на мясо кролика и части риса на 1 % порошка псиллиума. Витаминно-минеральный состав мяса кроликов значительно превосходит другие виды мяса. Крольчатина богата витаминами B6, B12, PP, содержит много железа, фосфора, кобальта, марганца, фтора и калия. Мышечная ткань кролика имеет пониженное содержание солей натрия, что делает крольчатину низкокалорийным продуктом. Мясо кролика придает продукту диетические свойства, а при обогащении продукта порошком псиллиума его полезные свойства возрастают вдвойне. Псиллиум содержит большое количество органической клетчатки, он является энтеросорбентом, пребиотиком, обладающим адсорбирующими свойствами. Псиллиум также положительно влияет на микрофлору желудочно-кишечного тракта, увеличивая численность полезных бактерий *Lachnospira*, *Roseburia* и *Faecalibacterium*, продуцентов, необходимой кишечнику масляной кислоты. Употребление продуктов, содержащих шелуху подорожника, снижает уровень холестерина и улучшает артериальное давление, так как псиллиум поглощает жиры и выводит их из организма. Считаем, что мясной продукт, обогащенный порошком псиллиума, является актуальным для рациона людей, страдающих от «плохого» холестерина, ожирения, проблем с желудочно-кишечным трактом, а также для рациона людей с сахарным диабетом и спортсменов.

Ключевые слова: шелуха подорожника, псиллиум, мясо кролика, мясные полуфабрикаты.

Для цитирования: Курако У.М., Левина Т.Ю. Производство мясорастительных полуфабрикатов, обогащённых шелухой семян подсолнечника // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С. 49-58. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-49-58>.

Original article

PRODUCTION OF MEAT-GROWING SEMI-FINISHED PRODUCTS ENRICHED WITH PSYLLIUM SEED HUSKS

Ulyana M. Kurako^{1✉}, Tatiana Yu. Levina²

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov,

Russia

¹kum13@rambler.ru✉

²lyucheva.tatyana@mail.ru

Abstract. The article shows the results of research on the development of the formulation and technology of stuffed rabbit meat enriched with psyllium powder. In the control recipe of the meat-growing semi-finished product, pork in minced meat was replaced with rabbit meat and part of rice with 1% psyllium powder. The vitamin and mineral composition of rabbit meat is significantly superior to other types of meat. Rabbit meat is rich in vitamins B6, B12, PP, contains a lot of iron, phosphorus, cobalt, manganese, fluorine and potassium. Rabbit muscle tissue has a low content of sodium salts, which makes rabbit meat a low-

calorie product. Rabbit meat gives the product dietary properties, and when the product is enriched with psyllium powder, its beneficial properties increase doubly. Psyllium contains a large amount of organic fiber, it is an enterosorbent, a prebiotic with adsorbing properties. Psyllium also has a positive effect on the microflora of the gastrointestinal tract, increasing the number of beneficial bacteria Lachnospira, Roseburia and Faecalibacterium, producers of essential intestinal butyric acid. Eating foods containing psyllium husks lowers cholesterol and improves blood pressure, as psyllium absorbs fats and removes them from the body. We believe that a meat product enriched with psyllium powder is relevant for the diet of people suffering from "bad" cholesterol, obesity, problems with the gastrointestinal tract, as well as for the diet of people with diabetes and athletes.

Keywords: *plantain husk, psyllium, rabbit meat, meat semi-finished products.*

For citation: *Kurako U.M., Levina T.Yu. Production of meat-growing semi-finished products enriched with psyllium seed husks. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no. 3(29), pp. 49-58. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-49-58>.*

Введение

Сегмент мясных изделий функциональной направленности считается недостаточно развитым в европейских странах, в том числе и в России [13]. Предприятия мясной промышленности, освоившие этот сегмент, смогут стать более востребованными и повысить свою прибыль. В настоящее время разработка инновационных мясных изделий с направленными функциональными свойствами или повышенными лечебно-профилактическими характеристиками набирает обороты [1].

С каждым годом мясные продукты с функциональными свойствами пользуются большей популярностью, что, в свою очередь, предполагает использование качественных, натуральных, экологических и безопасных добавок [13]. Производители добавок должны своевременно расширять ассортимент пищевых ингредиентов, разрабатывать новые технологии и рецептуры.

При создании продуктов с набором специальных свойств и направленностей, чаще всего добавляют растительные масла, витамины и минеральные вещества, пищевые волокна и жирные кислоты. Если в рационе питания человека отсутствуют пищевые волокна, в организме возникают следующие проблемы: с пищеварительной системой (непроходимость, запоры); ожирение; диабет; повышение уровня холестерина; сердечно-сосудистые заболевания и т.д. Растительное волокно можно вносить в различные продукты питания: мясные, рыбные, хлебобулочные, макаронные и кондитерские изделия [14].

Увеличение разработки и производства специализированных функциональных мясных изделий возможно благодаря результатам научной деятельности в мясной индустрии: уменьшение калорийности мясных полуфабрикатов и колбас; получение продуктов с высокой биологической ценностью; мясопродуктов с легкоусвояемыми растительными жирами; продукты для спортивного и диетического рациона [8].

Крольчатина является диетическим мясом с высоким содержанием белковых веществ, незаменимых и протеиногенных аминокислот, незаменимых и ненасыщенных жирных кислот, минеральных веществ. Мясо кролика хорошо усваивается в организме человека, поэтому такое мясо можно использовать в качестве основного сырья для производства диетических, функциональных и специализированных мясных изделий [2,3].

Мясо кролика - это мясо, не вызывающее аллергию у большинства людей любого возраста, поэтому крольчатину можно вводить в прикорм детей первого года жизни, в рацион питания людей с проблемами органов пищеварения [2].

Если сравнивать мясо кролика с другими видами мяса, то ближе всего по характеристикам будет мясо грудки индейки, так как оно также богато белком, мало содержит жира и сходно по химическому составу [10].

Псиллиум – это отруби из шелухи семян травянистого растения подорожника блошно-го. Мука подорожника содержит более 80 % клетчатки, из них более 70 % растворимой клетчатки, необходимой для жизнедеятельности нормальной микрофлоры желудочно-кишечного

тракта [7]. В воде он способен увеличиваться в 16 раз больше своего объема. При смешивании с водой псиллиум образует гелевую систему, которая замедляет процесс продвижения и переваривания пищевого комка, всасывание глюкозы в кровь, что важно при диетическом питании людей, контролирующих вес и сахар в крови. Мука из подорожника помогает в борьбе с заболеваниями сердца, снижая уровень триглицеридов и повышая уровень холестерина ЛПВП [5,6].

Шелуха семян подорожника богата полисахаридами, жирными кислотами и аминокислотами. Непосредственно оболочка, которую применяют для производства пищевой добавки – кладовая растительной клетчатки (80%). На долю растворимой приходится целых 70% и только 10% являются нерастворимой [4].

Калорийность псиллиума — 42 ккал на 100 г, из них: пищевые волокна — 70 г; белки — 2.9 г; жиры — 0.1 г; углеводы — 7.3 г; натрий – 5 мг; железо – 0,9 мг; остальное — зольные вещества и органика [12].

Единичные случаи применения псиллиума в мясной промышленности имели только положительные результаты. В качестве примера можно привести патент на изготовление вареных колбас с добавлением шелухи семян подорожника [8]. По данным патента, такая научная разработка позволяет получать функциональный низкокалорийный продукт с высокой пищевой и биологической ценностью, качественными вкусовыми характеристиками и свойствами [6, 11].

Сейчас технологи мясной промышленности не стремятся заменять основное мясное сырье и ингредиенты более дешевыми, в первую очередь смотрят на полезные свойства и качество готовых изделий [9].

В качестве контроля была выбрана рецептура мясорастительного полуфабриката – голубцы «Сельские» ГОСТ 32951-2014. В неё входит свинина, шпик, капуста белокочанная и рис, часть которого мы заменили на порошок псиллиума. В рецептуре заменили свинину на мясо кролика, уменьшили количество шпика с целью придания полезных свойств готовым голубцам.

Целью исследования является разработка рецептуры мясорастительного полуфабриката с направленными свойствами.

Поставлены следующие задачи:

- проведение органолептического и физико-химического анализов готового мясного изделия;
- определение доли внесённой муки подорожника для увеличения качественных характеристик продукта;
- анализ и корректировка рецептуры голубцов из мяса кролика методом обогащения порошком из семян шелухи подорожника;
- определение длительности хранения мясорастительных полуфабрикатов;
- расчет экономических показателей мясного изделия.

Материалы и методы исследований

Объекты исследований и схема эксперимента были выбраны согласно цели исследования, поставленных задач и условий проведения научных экспериментов.

Необходимые исследуемые показатели:

1. Органолептические показатели – по ГОСТ Р 55334-2012.
2. Определение влагосвязывающей способности по Грау-Хамму в модификации Воловской-Кельман.
3. Массовая доля влаги методом высушивания определялась на анализаторе МХ-50 (AnD, Япония) по стандартной методике при 180 °С.
4. Определение активной кислотности потенциометрическим методом, посредством микропроцессорного рН-метра HI 213 (Hanna Instruments, Германия).

5. Микробиологические исследования проводили согласно государственным стандартам: ГОСТ 29185-91, ГОСТ 10444.15-94; ГОСТ Р 50474-93; ГОСТ 9958-81, ГОСТ 10444.2-94, ГОСТ Р 50480-93, на базе лабораторий кафедры микробиологии и биотехнологии Вавиловского университета; в соответствии с СанПиНом 2.3.2.1078-01.

Была разработана рецептура голубцов с мясом кролика, обогащенного порошком псиллиума. Органолептическая оценка проводилась по 5 бальной шкале с преподавателями кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства Вавиловского университета.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты органолептических исследований свидетельствуют о высоком потребительском качестве представленных образцов. Органолептическая оценка образцов готовых голубцов показала, что у контрольного образца чувствовался салыный вкус и яркий запах свиного фарша. У образца №1 отметили большую влажность фарша, слабый вкус и аромат крольчатины. Образец №2 отмечен сочностью, приятным вкусом и ароматом, а у образца №3 дегустаторы выявили слишком большую крошливость, яркий вкус псиллиума (табл. 1).

Таблица 1. Результаты органолептических исследований

№ п/п	Внешний вид образцов	Консистенция образцов	Вкус образцов	Запах образцов	Цвет образцов	Итоговая оценка
Контроль	4,8	4,6	4,5	4,3	4,4	4,5
1	4,7	4,7	4,8	4,4	4,6	4,6
2	5	5	5	5	5	5
3	4,6	4,8	4,5	4,7	4,9	4,7

Большее количество баллов получил образец 2, с содержанием порошка псиллиума 1 % (табл. 1).

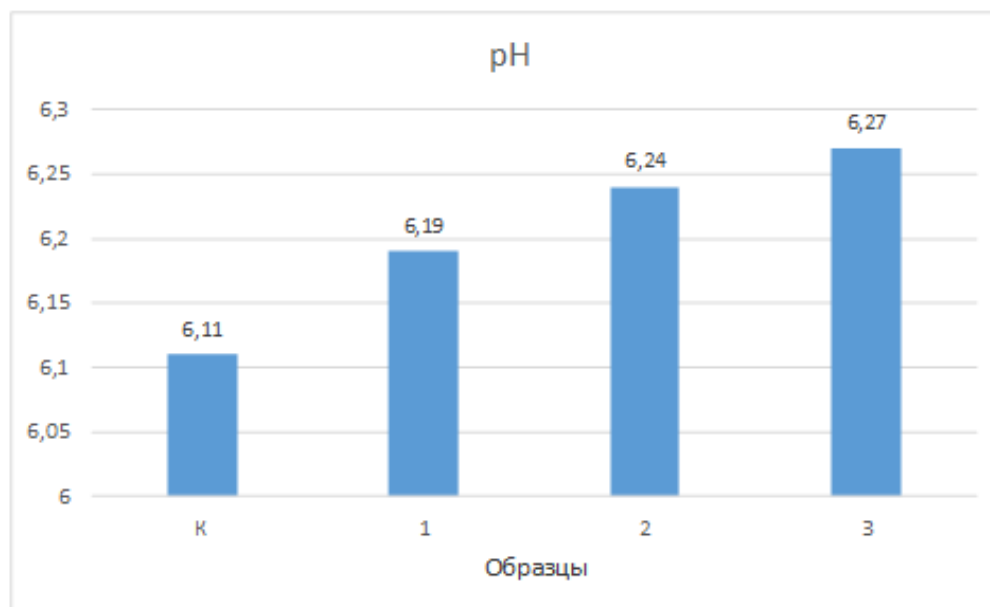


Рисунок 1. Показатели pH

Исходя из данных исследования, рН 1 – 3 образцов немного увеличилась, что говорит о том, что увеличивается устойчивость голубцов к действию гнилостных микроорганизмов (рис. 1).

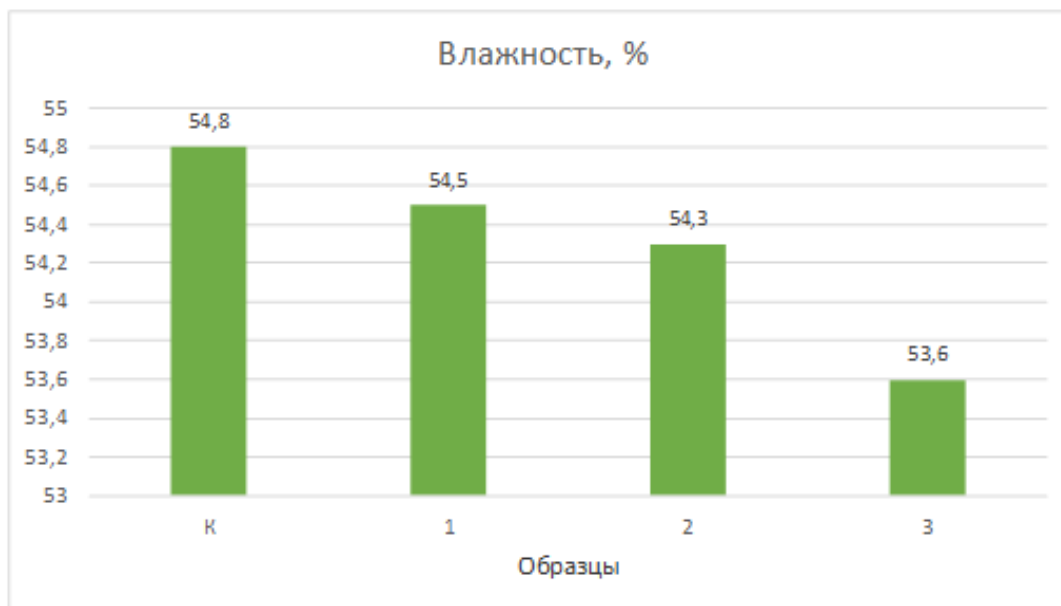


Рисунок 2. Показатели влажности

По результатам исследования мы видим, что влажность у 2 и 3 образцов повысилась, но все равно в продукте нет избытка влажности, который способствует развитию микроорганизмов (рис. 2).

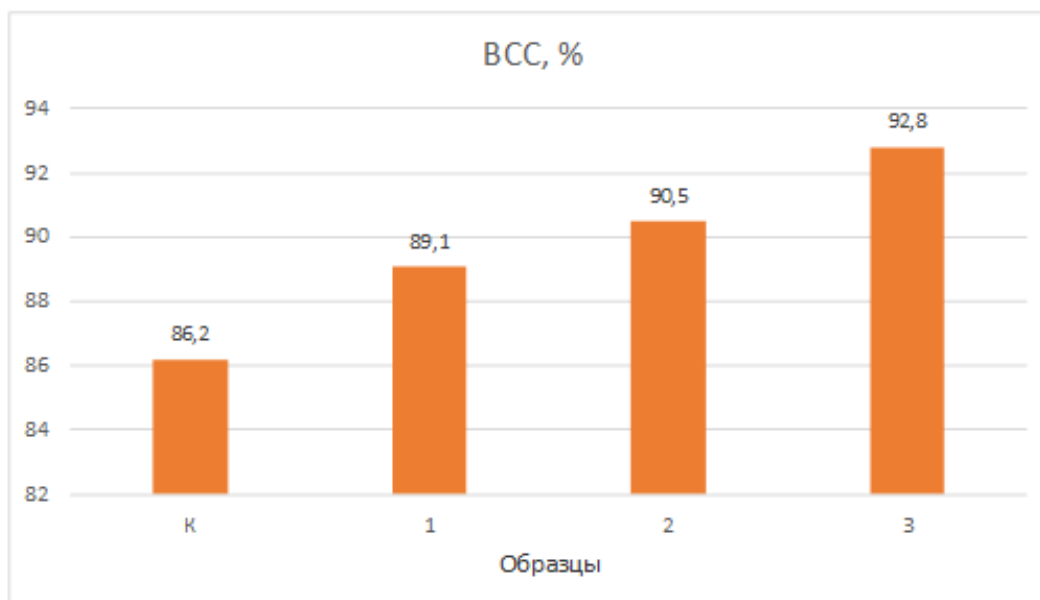


Рисунок 3. Показатели влагосвязывающей способности (ВСС)

Данные, полученные в ходе научных исследований всех образцов голубцов, показывают, что содержание порошка псиллиума в первом, втором и третьем опытных образцах голубцов увеличивает влагосвязывающую способность готового продукта, что положительно влияет на его технологические свойства и приводит к меньшей потере влаги (рис. 3).

Таблица 2. Данные микробиологического анализа всех образцов голубцов

Наименование показателей исследования, ед. изм.	Результаты испытаний (измерений) образцов	Нормы по НД	Нормативные документы на методы испытаний (измерений) образцов
Опытный образец 1 (0,5 %)			
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, (КОЕ/г)	4*10 ²	Не более 1x10 ³	ГОСТ 10444.15-94
БГКП (колиформы)	Не обнаружены в 1,0 г образца	Не допускаются в 1,0г образца	ГОСТ 31747-2012
Сульфитредуцирующие клостридии	Не обнаружены в 0,1 г образца	Не допускаются в 0,1г образца	ГОСТ 10444.12-2013
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не обнаружено в 25 г образца	Не допускаются в 25г образца	ГОСТ 31659-2012
<i>L. monocytogenes</i>	Не обнаружено в 25 г образца	Не допускаются в 25г образца	ГОСТ 32031-2012
Опытный образец 2 (1 %)			
Микробиология КМА-ФАнМ, (КОЕ/г)	2*10 ²	Не более 1x10 ³	ГОСТ 10444.15-94
БГКП (колиформы)	Не обнаружены в 1,0 г образца	Не допускаются в 1,0г образца	ГОСТ 31747-2012
Сульфитредуцирующие клостридии	Не обнаружены в 0,1 г образца	Не допускаются в 0,1г образца	ГОСТ 10444.12-2013
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не обнаружено в 25 г образца	Не допускаются в 25г образца	ГОСТ 31659-2012
<i>L. monocytogenes</i>	Не обнаружено в 25 г образца	Не допускаются в 25г образца	ГОСТ 32031-2012
Опытный образец 3 (1,5 %)			
Микробиология КМА-ФАнМ, (КОЕ/г)	2*10 ²	Не более 1x10 ³	ГОСТ 10444.15-94
БГКП (колиформы)	Не обнаружены в 1,0 г образца	Не допускаются в 1,0г образца	ГОСТ 31747-2012
Клостридии (СЛК)	Не обнаружены в 0,1 г образца	Не допускаются в 0,1г образца	ГОСТ 10444.12-2013
Патогенные микроорганизмы	Не обнаружено в 25 г образца	Не допускаются в 25г образца	ГОСТ 31659-2012
<i>L. monocytogenes</i>	Не обнаружено в 25 г образца	Не допускаются в 25г образца	ГОСТ 32031-2012

Провели расчет выхода готового продукта (X) всех опытных образцов по формуле 1:

$$X = M_1 / M_2 \cdot 100\% , \quad (1)$$

где M_1 – масса мяса после термической обработки, г; M_2 – масса мяса до термической обработки, г.

Выход готового продукта для образца № 1 с 0,5 % содержанием порошка псиллиума составил: $180/163 \cdot 100\% = 110\%$. Выход готового продукта для образца № 2 с 1 % содержанием порошка псиллиума составил: $180/165 \cdot 100\% = 109\%$. Выход готового продукта для образца № 3 с 1,5 % содержанием порошка псиллиума составил: $180/165 \cdot 100\% = 109\%$.

Показатели микробиологического анализа всех образцов голубцов представлены в таблице 2.

По результатам выработки опытных образцов продукта лучшим был выбран образец с содержанием муки подорожника в количестве 1% (таблица 3).

Таблица 3. Новая рецептура мясорастительного полуфабриката – голубцы «Удачные»

№ п/п	Наименование основного сырья и материалов	кг на 100 кг
1	Мясо кроликов	35,0
2	Капуста белокочанная	35,0
3	Вода охлажденная питьевая	10,7
4	Рис белый бланшированный	8
5	Лук репчатый свежий	6,0
6	Свиной шпик, боковой	3,0
7	Соль поваренная	1,2
8	Порошок псиллиума	1
9	Перец черный молотый	0,1

Новому образцу присвоили название – голубцы «Удачные», так как считаем продукт достаточно актуальным для реализации в розничной сети и полезным для употребления людьми любого возраста, в независимости от сезонности, образа жизни и пищевых предпочтений.

Была разработана технология производства голубцов с порошком псиллиума, представленная на рисунке 4 [4,11].

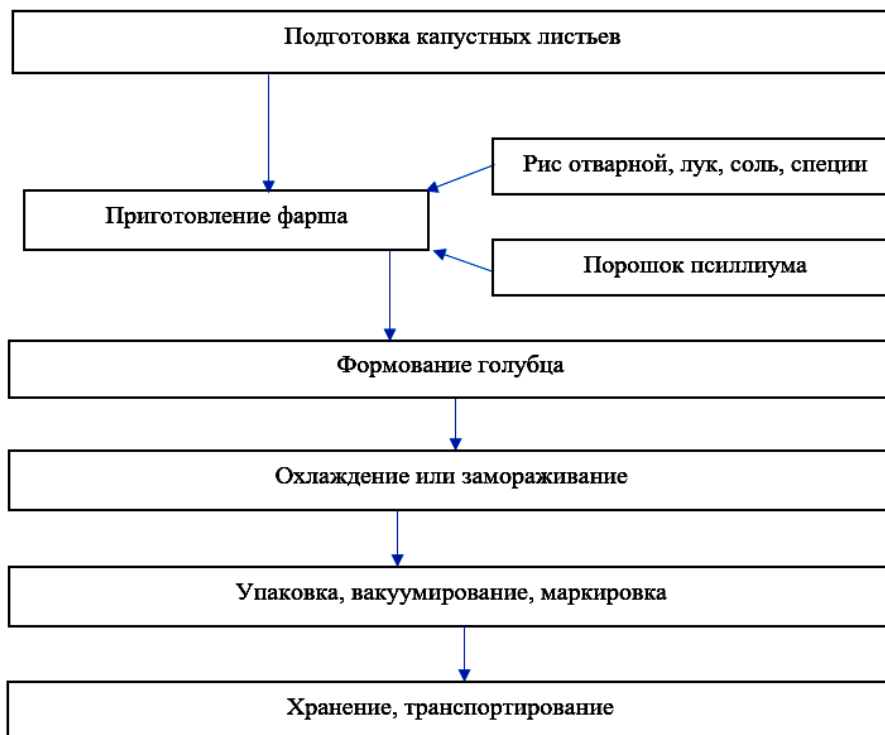


Рисунок 4. Технологическая схема получения голубцов с добавлением муки

из семян подорожника

После проведения дегустации, органолептического анализа, получения результатов физико-химических исследований и микробиологических испытаний определили, что образец с 1 % содержанием муки подорожника является оптимальным. Данный образец обладал высокими вкусовыми и функционально-технологическими характеристиками.

Были проведены расчеты экономической эффективности контрольного образца и опытного (с 1 % содержанием муки подорожника). Отпускная цена упаковки голубцов 500 грамм, для контрольного образца, составила 162,84 руб., для опытного образца – 213,58 руб., так как при изготовлении опытного образца была произведена замена части свинины на большее количество мяса кролика, уменьшив содержание шпика, часть риса заменили порошком псиллиума. Отпускная цена одной упаковки голубцов опытного образца получилась на 50,74 руб. больше, чем отпускная цена упаковки контрольного образца, но при этом уменьшилась калорийность голубцов, пищевая ценность и вкусовые характеристики, в связи с этим можно отнести полуфабрикат к диетическим продуктам.

Выводы

1. Дегустация и результаты органолептического исследования показали, что вкус, консистенция и сочность образца с добавлением 1 % шелухи семян подорожника оптимальны. Физико-химические и микробиологические показатели данного образца были в норме.

2. Были проведены анализы сроков хранения приготовленных голубцов и голубцов, хранившихся при температуре – 10 °С тридцать дней. По истечении тридцати пяти суток качественные и микробиологические показатели продукта не снизились.

3. Голубцы «Сельские» ГОСТ 32951-2014 были выбраны в качестве опытной рецептуры мясорастительных полуфабрикатов – голубцы «Удачные», обогащенные порошком из семян псиллиума. В данной рецептуре заменили свинину на мясо кролика в большем количестве, уменьшив содержание шпика, часть риса заменили порошком псиллиума в количестве 1%.

4. Экономические расчеты показали, что производство мясного изделия – голубцы «Удачные» эффективно. Основные показатели голубцов: отпускная цена упаковки голубцов 500 грамм – 213 рублей 58 коп; розничная цена одной штуки голубцов замороженных – 40 рублей. Цена изделия делает голубцы «Удачные» привлекательными для людей с разными финансовыми возможностями.

5. Рекомендуем голубцы «Удачные» для питания людей с нарушениями пищеварения и для предотвращения возникновения болезней желудочно-кишечного тракта; для устранения симптомов аллергических реакций; для стабилизации уровня сахара в крови; для снижения уровня холестерина; для составления рациона питания спортсменов, пожилых людей, подростков и беременных женщин.

Список источников

1. Авылов Ч.К. Производство функциональных мясных продуктов нового поколения // Наука и техника Казахстана. 2023. № 2. С. 221-228.

2. Антипова Л.В., Попова Я.А., Черкасова А.В. Продукты из мяса кроликов для здорового питания: создание ассортиментных линеек, пищевая и биологическая ценность // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. № 1. С. 225-231.

3. Айрапетян А.А., Манжесов В.И. Применение растительных компонентов в технологии вареной колбасы // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2021. № 1. С. 89-94.

4. Бобренева И.В. Функциональные продукты питания и их разработка: монография. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 368 с.

5. Использование псиллиума в технологии производства йогурта функционального назначения / О.Е. Кротова, О.Н. Полозюк, Т.К. Тупольских [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 51. С. 182-187.
6. Использование псиллиума при производстве различных пищевых продуктов / А. П. Смольянова, М. О. Волошина, А. Н. Кудря, М. О. Деева // Заметки ученого. 2021. № 6-1. С. 241-244.
7. Кузнецова О.А., Москвичева Е.В., Тимошенкова И.А. Разработка рецептуры нового мучного изделия на основе ореховой муки и псиллиума // Пищевые технологии и биотехнологии. XVI Всероссийская конференция молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященная 150-ти летию периодической таблицы химических элементов (16-19 апреля 2019 г.): материалы конференции / составитель Л. Ю. Кошкина ; под редакцией А. С. Сироткина. Казань: КНИТУ, 2019. С. 213-216.
8. Патент № 2653727 С1 Российская Федерация, МПК А23L 13/60, А22С 11/00. Оптимальный состав колбасы варёной, обогащённой мукой из оболочек семян подорожника блошного *Plantago psyllium* L.: № 2017126913: заявл. 26.07.2017: опубл. 14.05.2018 / А. В. Алешков, А. С. Потоцкая, И. П. Кольцов, Н. В. Стрельникова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Дальневосточный государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО ДВГМУ Минздрава России).
9. Пищевые ингредиенты в продуктах питания: от науки к технологиям: монография / под редакцией В. А. Тутельяна [и др.]. 2-е изд., испр. и доп. Москва: МГУПП, 2021. 664 с.
10. Попова Я.А. Состояние и тенденции мирового развития кролиководства // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2019. № 2. С. 18-23.
11. Погосян Д. Г. Состояние и перспективы производства инновационных продуктов животного происхождения // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сборник статей XIV Международной научно-практической конференции, Пенза, 28–29 ноября 2019 года. Том 1. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2019. С. 266-270.
12. Физиология питания и здоровье населения / И.И. Потапов, С.В. Корешкова, И.А. Щетинина, А.Г. Юдин // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2016. № 10. С. 27-63.
13. Функциональные мясные продукты / Д.А. Скороходов, Ф.Ф. Якупов, Н.Г. Догарева, Я.М. Ребезов // Молодой ученый. 2017. № 9(143). С. 88-91.
14. Функциональные продукты из мяса: опыт внесения пищевых волокон в рубленые полуфабрикаты / Д.И. Шишкина, М.С. Бордунова, Е.Д. Звезгинцева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 1(91). С. 73-81.

References

1. Avylov S.K. Production of functional meat products of a new generation. Science and Technology of Kazakhstan, 2023, no. 2, pp. 221-228.
2. Antipova L.V., Popova Ya.A., Cherkasova A.V. Rabbit meat products for healthy nutrition: creation of assortment lines, nutritional and biological value. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2019, no. 1, pp. 225-231.
3. Airapetyan A.A., Manzhesov V.I. The use of plant components in the technology of boiled sausage. Technologies and commodity science of agricultural products, 2021, no. 1, pp. 89-94.
4. Bobreneva I.V. Functional food products and their development: monograph. St. Petersburg: Lan Publ., 2022. 368 p.
5. The use of psyllium in the technology of production of functional yogurt. O.E. Krotova, O.N. Polozyuk, T.K. Tupolskikh [et al.]. Problems of development of the agro-industrial complex of the region, 2022, no. 51, pp. 182-187.

6. The use of psyllium in the production of various food products. A.P. Smolyanova, M.O. Voloshina, A.N. Kudrya, M.O. Deeva. Notes of a scientist, 2021, no. 6-1, pp. 241-244.

7. Kuznetsova O.A., Moskvicheva E.V., Timoshenkova I.A. Development of a recipe for a new flour product based on walnut flour and psyllium. Food technologies and biotechnologies. XVI All-Russian Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students with International Participation, dedicated to the 150th anniversary of the Periodic Table of Chemical Elements (April 16-19, 2019): conference materials. compiled by L. Yu. Koshkina; edited by A. S. Sirotkin. Kazan: KNRTU Publ., 2019, pp. 213-216.

8. Patent No. 2653727 C1 Russian Federation, IPC A23L 13/60, A22C 11/00. The optimal composition of boiled sausage enriched with flour from the shells of the seeds of the psyllium plantago psyllium L: No. 2017126913: Appl. 07/26/2017: publ. May 14, 2018. A.V. Aleshkov, A.S. Pototskaya, I.P. Koltsov, N.V. Strelnikova; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Far Eastern State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation (Ministry of Health of Russia).

9. Food ingredients in food products: from science to technology: monograph. edited by V. A. Tutelyan [and others]. 2nd ed., corrected. and additional. Moscow: Moscow State University of Food Industry Publ., 2021. 664 p.

10. Popova Ya.A. The state and trends of the world development of rabbit breeding. Technologies and commodity science of agricultural products, 2019, no. 2, pp. 18-23.

11. Pogosyan D.G. State and prospects for the production of innovative products of animal origin. Agro-industrial complex: state, problems, prospects: collection of articles of the XIV International Scientific and Practical Conference, Penza, November 28–29, 2019, vol. 1. Penza: Penza State Agrarian University Publ., 2019, pp. 266-270.

12. Physiology of nutrition and health of the population. I.I. Potapov, S.V. Koreshkova, I.A. Shchetinina, A.G. Yudin. Problems of the environment and natural resources, 2016, no. 10, pp. 27-63.

13. Functional meat products. D.A. Skorokhodov, F.F. Yakupov, N.G. Dogareva, Ya.M. Rebezov. Young scientist, 2017, no. 9(143), pp. 88-91.

14. Functional meat products: the experience of introducing dietary fibers into chopped semi-finished products. D.I. Shishkina, M.S. Bordunova, E.D. Zvegintseva [et al.]. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies, 2022, vol. 84, no. 1(91), pp. 73-81.

Информация об авторах

У.М. Курако – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства;

Т.Ю. Левина – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства.

Information about the authors

U.M. Kurako – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products;

T.Y. Levina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Научная статья

УДК 631.51:632.51

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-59-67

УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ГЕРБИЦИДОВ

Дедова Елена Михайловна¹, Виноградов Дмитрий Валериевич²✉

^{1,2}Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,
Рязань, Россия

¹emdedova.75@mail.ru

²vdv-rz@rambler.ru✉

Аннотация. В исследованиях, проведенных в условиях Рязанской области на серой лесной почве, определена эффективность совместного использования видов почвенной обработки и гербицидов в посевах озимой пшеницы. Определены фитосанитарные, урожайные и экономические показатели в технологии производства зерна пшеницы в зависимости от факторов. По результатам был определен видовой состав сорняков в агроценозах озимой пшеницей, где выявлено 34 вида, среди которых 12 – наиболее часто встречаемые, из семейств маревые, капустные, злаковые, астровые, гречишные и другие. В опыте наиболее эффективным способом предпосевной обработки почвы определена культивация. Наибольшая прибавка урожайности и максимальный экономический эффект обеспечивает гербицид Пришанс, СЭ, в дозе 0,6 л/га, применяемый в начале фазы выхода в трубку пшеницы при условии обработки в ранние фазы развития сорной растительности. В среднем, по годам исследования, максимальное значение урожайности озимой пшеницы отмечено на вариантах с культивацией при обработке посевов гербицидами Пришанс, СЭ (43,2 ц/га) и Дианат, ВР (42,0 ц/га). Максимальная прибавка относительно контроля, в среднем за два года, составила 48,4% (+14,1 ц/га) на варианте Культивация + гербицид Пришанс, СЭ.

Ключевые слова: озимая пшеница, обработка почвы, гербицид, урожайность.

Для цитирования: Дедова Е.М., Виноградов Д.В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от обработки почвы и гербицидов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. №4. С. 59-67. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-59-67>.

Original article

WINTER WHEAT YIELD DEPENDING ON TILLAGE AND HERBICIDES

Elena M. Dedova¹, Dmitry V. Vinogradov²✉

^{1,2}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia

¹emdedova.75@mail.ru

²vdv-rz@rambler.ru✉

Abstract. In studies conducted in the conditions of the Ryazan region on gray forest soil, the effectiveness of the joint use of types of soil treatment and herbicides in winter wheat crops was determined. Phytosanitary, yield and economic indicators in the technology of wheat grain production, depending on factors, are determined. According to the results, the species composition of weeds in winter wheat agroecosystems was determined, where 34 species were identified, among which 12 are the most common, from the families of haze, cabbage, cereals, aster, buckwheat and others. In the experiment, the most effective way of pre-sowing tillage is determined by cultivation. The greatest increase in yield and the maximum economic effect is provided by the herbicide Prishans, SE, at a dose of 0.6 l / ha, used at the beginning of the phase of entering the

wheat tube, provided that it is processed in the early phases of weed vegetation development. On average, according to the years of the study, the maximum yield of winter wheat was noted on variants with cultivation during the treatment of crops with herbicides Prishans, SE (43.2 c/ha) and Dianat, BP (42.0 c/ha). The maximum increase relative to the control, on average for two years, was 48.4% (+14.1 c/ha) on the variant Cultivation + herbicide Prishans, SE.

Keywords: winter wheat, tillage, herbicide, yield.

For citation: Dedova E.M., Vinogradov D.V. Winter wheat yield depending on tillage and herbicides. *Agro-industrial Technologies of Central Russia*, 2023, no.4, pp. 59-67. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-59-67>.

Введение

Базовой отраслью сельского хозяйства, и в значительной степени экономики Российской Федерации в целом, является зернопроизводство. Основным компонентом зернового клина является озимая пшеница. Благодаря морфологическим особенностям строения эта культура меньше страдает от засухи, так как хорошо использует осеннюю и весеннюю влагу, имеет мощную корневую систему, что позволяет ей поглощать и усваивать питательные элементы из почвы [3, 5]. Кроме того, озимая пшеница является хорошим предшественником для таких культур, как подсолнечник, кукуруза, зернобобовые, картофель [9, 10].

Большое внимание возделыванию озимой пшеницы уделяется во многих регионах Российской Федерации, в том числе и в Рязанской области. В последние годы посевные площади озимой пшеницы по области ежегодно составляют около 320-340 тыс. гектаров, что составляет порядка 47 % площадей, засеянных и зернобобовыми культурами [1]. Валовой сбор озимой пшеницы составляет 50-55 % общего сбора зерна, и в последние годы наблюдается тенденция роста как площади посева, так и урожайности данной культуры. По итогам уборочной кампании 2022 года, урожайность озимой пшеницы во всех категориях хозяйств, в среднем, по Рязанской области составила в весе после доработки 47,3 ц/га, а в среднем по Российской Федерации - 44,5 ц/га.

Важным элементом в технологии производства любой сельскохозяйственной культуры является обработка почвы. Под системой обработки почвы принято понимать научно обоснованное сочетание последовательно выполняемых приемов основной и предпосевной подготовки с целью создания наилучшей среды для роста культурных растений и получения высоких урожаев. Обработка почвы позволяет регулировать ее плодородие и должна быть направлена на улучшение химических, физических и биологических свойств, влагообеспеченности растений, а также на борьбу с сорняками, болезнями и вредителями. Благодаря активизации аэробных микробиологических процессов рыхление почвы мобилизует потенциальное плодородие, успешно переводя органические питательные вещества в доступную для растений форму [7, 11].

Для получения максимальной продуктивности озимой пшеницы большое значение имеют меры защиты культуры от вредных организмов. Среди таких важные меры ограничения численности сорняков, которые могут быть причиной существенных потерь урожая пшеницы озимой. Борьба с сорняками должна быть направлена на максимальное их уничтожение и включает профилактические, химические и агротехнические методы, которые, как правило, применяются в комплексе [7, 12, 13].

Для ограничения численности сорняков химическим методом используются гербициды. В посевах озимой пшеницы гербициды традиционно применяются на разных этапах развития растения: осенью – от фазы двух листьев и в фазу окончания кущения, весной – от кущения до фазы выхода в трубку.

Для уничтожения или подавления сорняков, предотвращения их продуцирования в посевах озимой пшеницы важно не только применить гербицид в оптимальные сроки, но и выбрать самый эффективный в конкретных природно-хозяйственных условиях.

Практика передовых предприятий показывает, что максимальная эффективность в борьбе с сорной растительностью достигается при создании совокупности оптимальных ус-

ловий. Поэтому концепция защиты посевов озимой пшеницы должна включать все возможные варианты контроля и методы борьбы с сорной растительностью, учитывать погодные условия и производственный потенциал сельскохозяйственного предприятия [4].

Оптимизация технологических приемов при возделывании озимой пшеницы в конечном итоге должна отвечать главному критерию – росту экономической эффективности зерновой отрасли. Поэтому при выборе оптимальных факторов возделывания озимой пшеницы необходимо соотносить расходы, связанные с каждым вариантом, и соответствующие ему доходы. Элемент агротехники, обеспечивающий максимальную рентабельность производства зерна, и будет оптимальным в данных природных, хозяйственных и экономических условиях [2, 8].

Цель исследований – выявить эффективность видов обработки почвы в комплексе с гербицидной обработкой на урожайность озимой пшеницы в условиях Рязанской области.

Материалы и методы исследований

Данные исследования проведены в полевых условиях на опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО РГАТУ Рязанской области в 2021-2023 гг. Почва участков, где располагались опытные посеы озимой пшеницы – темно-серая лесная тяжелосуглинистая; гумус (по Тюрину) – 3,6-3,8%, подвижный фосфор и калий (по Кирсанову) – 150-156 мг/кг и 131-136 мг/кг соответственно, рН – 5,6. Изучаемая культура использовалась в звене севооборота: подсолнечник – горох на зерно – озимая пшеница. Объект исследований – пшеница сорта Этана. Норма высева семян пшеницы 5,1 млн. шт./га, срок посева – 28 августа, глубина заделки семян 3-4 см, посев проводился сеялкой СЗ-3,6. При посеве на всех вариантах в рядки вносили 1 ц аммофоски. Так же была проведена азотная подкормка аммиачной селитрой в фазу кущения – выход в трубку в дозе 35 кг д.в. /га в ранневесенний период с помощью РУН-1. Обработка почвы проводилась согласно схеме: 1) дискование БДП 6х4, 2) чизелевание Svarog ПЧ-4,5; 3) культивация КС-12М. В процессе исследований были проведены гербицидные обработки Шансти, ВДГ, 0,025 кг/га, с опрыскиванием посевов весной в фазе кущения; гербицид Пришанс, СЭ, 0,6 л/га применяли в начале фазы выхода в трубку культуры и в ранние фазы развития сорной растительности; обработку Дианат, ВР, 0,6 л/га в фазе кущения культуры, а также двух-четырёх листьев у однолетних и 15 см высоты у многолетних сорняков. Расход рабочей жидкости всех используемых в опыте гербицидов – 250 л/га. Полевые опыты закладывались по методике в изложении Доспехова [6]. Общая площадь делянки 120 м², учетная 80 м².

Результаты исследований и их обсуждение

Засорение озимой пшеницей в опыте в условиях Рязанской области происходило дважды, в осенний и весенний периоды. Осенью, в фазу кущения пшеницы, развивалась сорная растительность, которая приносила основное негативное влияние озимым. Из основных засорителей в опыте являлись зимующие и озимые, такие как ромашка непахучая, ярутка полевая, подмаренник цепкий; а также многолетние бодяк полевой и осот полевой. Эти сорняки с осени образовывали мощную корневую розетку, которая позволяла хорошо перезимовать и в весенний период, при отсутствии гербицидных обработок (на контроле), сорная растительность наносила существенный вред озимой пшенице. Данные виды сорняков в ранневесенний период начинали намного раньше вегетировать, чем яровые и существенно наносили ущерб агроценозам озимой пшеницы.

Наиболее вредоносными и трудноискоренимыми в опыте являлись: из малолетних двудольных – ромашка непахучая (*Matricaria inodora*), подмаренник цепкий (*Capsella bursa-pastoris*), марь белая (*Chenopodium album*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), из однолетних двудольных – куриное просо (*Echinochloa crus-galli*), виды щетинников (*Setaria viridis*), из многолетних корнеотпрысковых – бодяк полевой (*Cirsium arvense*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), осот полевой (*Sonchus arvensis*).

Видовой состав сорняков на опытных участках с озимой пшеницей был достаточно разнообразен, где встречалось их 34 вида, среди которых 12 – наиболее часто встречаемые (рисунок 1).

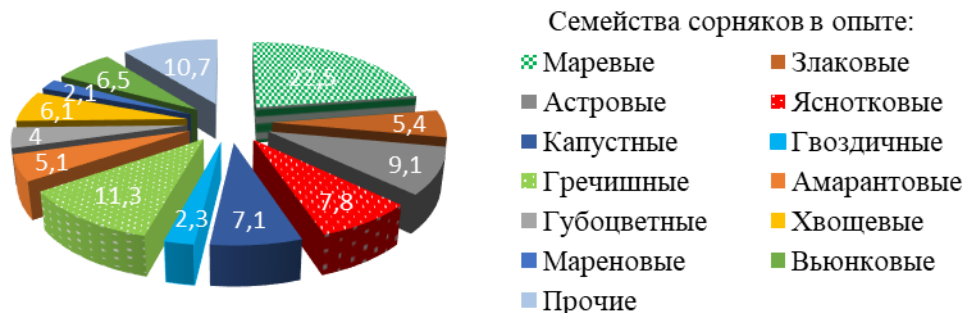


Рисунок 1. Распределение сорной растительности по семействам в опыте с озимой пшеницей, %

В исследованиях были выбраны гербициды, которые эффективно боролись с однолетними двудольными сорняками, в том числе устойчивым к 2,4-Д и 2М-4Х, и некоторыми многолетними двудольными, прежде всего, видами осота и бодяка. Препараты Шансти, ВДГ, Пришанс, СЭ, Дианат, ВР эффективно подавляли сорняки в начальные фазы развития, при высокой относительной влажности воздуха и температуре от +18°C до +24°C.

Гербицид Шансти, ВДГ, проникая в тканевые клетки растения через листо-стебельный аппарат, распределялся к точкам роста озимой пшеницы, где ингибировал синтез фермента сорного растения, препятствуя делению клеток, после чего сорняк переставал расти и потреблять питательные вещества.

Имея два действующих вещества, гербицид Пришанс, СЭ - 2,4-Д (2-этилгексильный эфир) и флорасулам быстро проникал по флоэме и ксилеме сорного растения, высокоэффективно действовал, в том числе против видов ромашки, а также осотов и подмаренника цепкого, показывая визуальные признаки действия путем обесцвечивания листостебельной массы сорняка на 3 сутки.

Действующее вещество Дикамба (Дианат) активно абсорбировалось тканями пшеницы, быстро перемещаясь по растению, подавляло точки роста, после чего сорняк погибал в течение 2-3 недель. В соответствии с методикой опыта перед проведением гербицидной обработки проводили определение уровня засоренности посевов однолетними и некоторыми многолетними двудольными сорняками. В среднем за вегетационный период озимой пшеницы численность сорной растительности менялась в пределах с 55,6 до 89,9 шт./м².

В результате применения исследуемых гербицидов в фазе кущения у гербицидов Шансти, ВДГ и Дианат, ВР, а также Пришанс, СЭ в фазу начала выхода в трубку установлена его высокая биологическая эффективность в отношении перечисленных представителей популяции сорной растительности как по сравнению с контролем, так и с вариантами без внесения гербицидов. В среднем по опыту, снижение уровня засоренности однолетними двудольными сорняками относительно контроля находилось на уровне 65,7-93,9%, многолетними – 55,4-98,5%. Отметим, что к моменту уборки отмечалось незначительное снижение биологической эффективности всех испытуемых вариантов гербицидов за счет появления новых всходов малолетних сорняков.

Снижение биомассы сорняков по однолетним двудольным сорнякам было в интервале 65,3-79,8%, по многолетним двудольным сорнякам – 61,1-90,0%. Все виды сорных растений, встречавшихся на опытных делянках, проявили к исследуемым гербицидам Шансти, ВДГ и Дианат, ВР, Пришанс, СЭ высокую чувствительность.

Максимальная засоренность сорняками получена на контрольном варианте на фоне дискования – 89,9 шт./м². Низкая засоренность зафиксирована на вариантах с культивацией (55,6 шт./м²) и чизелеванием (61,1 шт./м²) на фоне обработки гербицидом Пришанс, СЭ.

В опытах урожайность культуры зависела от варианта исследований и комплексного действия изучаемых факторов (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от изучаемых факторов, ц/га

Обработка почвы (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Урожайность, ц/га			Прибавка, %
		2022г.	2023г.	среднее	
Дискование	Контроль (без обработки)	26,7	31,6	29,1	-
	Шансти, ВДГ	31,6	36,1	33,8	+16,1
	Пришанс, СЭ	34,2	39,2	36,7	+26,1
	Дианат, ВР	35,1	36,2	35,6	+22,3
Культивация	Без обработки	32,4	35,0	33,7	+15,8
	Шансти, ВДГ	39,3	36,8	38,0	+30,5
	Пришанс, СЭ	41,9	44,5	43,2	+48,4
	Дианат, ВР	41,3	42,7	42,0	+44,3
Чизелевание	Без обработки	29,6	34,1	31,8	+9,3
	Шансти, ВДГ	36,5	38,5	37,5	+28,8
	Пришанс, СЭ	38,0	44,2	41,1	+41,2
	Дианат, ВР	39,9	41,5	40,7	+39,8

НСР₀₅, ц/га, 2022г.: по факторам А – 2,95; В – 3,41; АВ – 5,91; S_x – 2,05 S_d – 2,90; 2023г.: по факторам А – 3,12; В – 3,60; АВ – 6,23; S_x – 2,16; S_d – 3,05.

В среднем по годам исследования, максимальное значение урожайности озимой пшеницы отмечено на вариантах с культивацией при обработке посевов гербицидами Пришанс, СЭ и Дианат, ВР, соответственно 43,2 ц/га и 42 ц/га. Максимальная прибавка относительно контроля, в среднем за два года составила 48,4% (+14,1 ц/га) на варианте Культивация + гербицид Пришанс, СЭ. Также высокие значения прибавки урожайности получены на вариантах Культивация + Дианат, ВР (+12,9 ц/га), Чизелевание + Пришанс, СЭ (+12,0 ц/га), Чизелевание + Дианат, ВР (+11,6 ц/га). Зависимость среднего значения урожайности озимой пшеницы от способов обработки почвы и применяемых гербицидов графически отражена на рисунке 2.

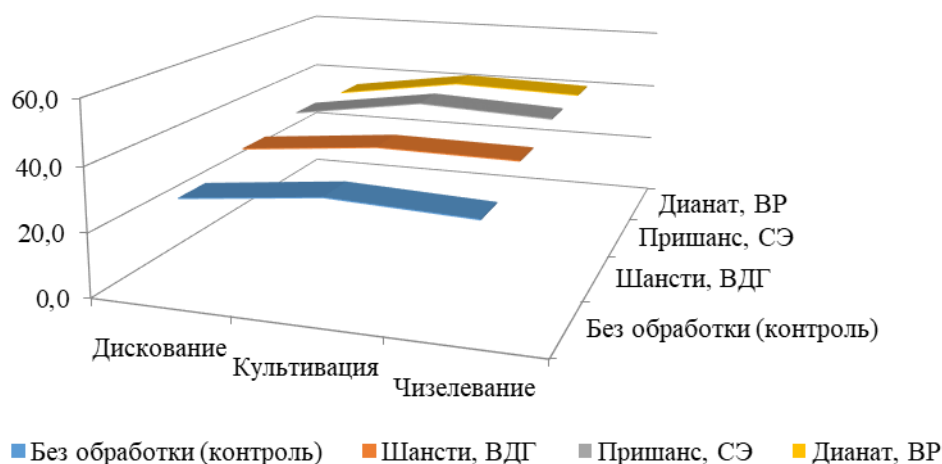


Рисунок 2. Зависимость среднего значения урожайности зерна озимой пшеницы от способов обработки почвы и применяемых гербицидов (в среднем по годам), ц/га

Прибавка урожайности озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и применяемых гербицидов графически отражена на рисунке 3.

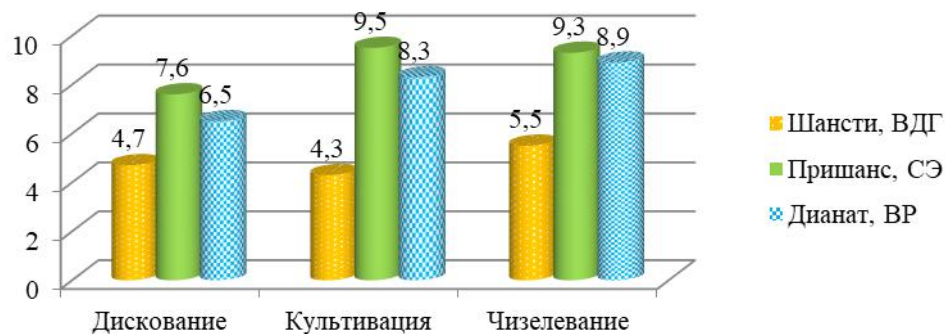


Рисунок 3. Прибавка урожая зерна озимой пшеницы в зависимости от разных способов обработки почвы на фоне разных применяемых гербицидов, ц/га, среднее за 2 года

Наибольшая прибавка урожая в опыте выявлена на варианте Культивация + Пришанс, СЭ (+9,5 ц/га), более низкая по варианту Культивация + Шансти, ВДГ. В целом, следует отметить, что все используемые в опыте гербициды оказались эффективней в варианте с чизелеванием. При всех способах обработки почвы лучшие результаты отмечаются при обработке инсектицидами посевов озимой пшеницы в начале фазы выхода в трубку, а также в ранние фазы роста сорняков препаратом Пришанс, СЭ, 0,6 л/га (рисунок 4).

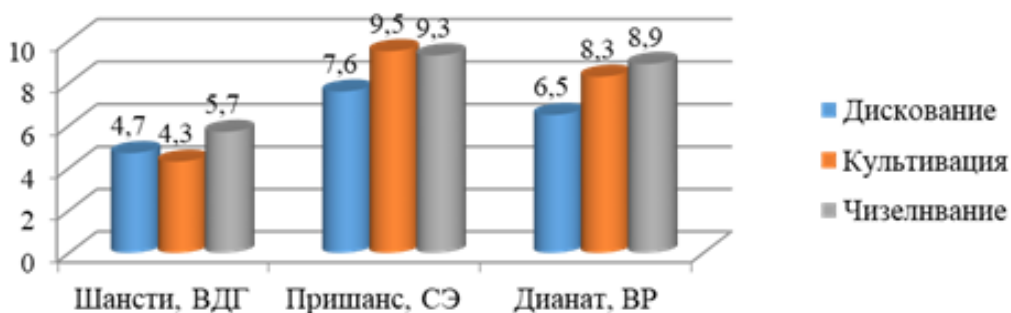


Рисунок 4. Прибавка урожая зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых гербицидов на фоне разных способов обработки почвы, ц/га, в среднем за 2 года.

Экономическая эффективность технологии возделывания озимой пшеницы в зависимости от обработки почвы и применяемых гербицидов рассмотрена в таблице 2.

Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от изучаемых факторов

Фактор А (обработка почвы)	Фактор В (гербицид)	Урожайность, ц/га	Затраты, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га
Дискование	Контроль	29,1	26300,00	42777,00	16477,00
	Шансти, ВДГ	33,8	27164,75	49686,00	22521,25
	Пришанс, СЭ	36,7	27017,00	53949,00	26932,00
	Дианат, ВР	35,6	27918,56	52332,00	24413,44
Культивация	Без обработки	33,7	26300,00	49539,00	23239,00
	Шансти, ВДГ	38,0	27164,75	55860,00	28695,25
	Пришанс, СЭ	43,2	27017,00	63504,00	36487,00
	Дианат, ВР	42,0	27918,56	61740,00	33821,44
Чизелевание	Без обработки	31,8	26300,00	46746,00	20446,00
	Шансти, ВДГ	37,5	27164,75	55125,00	27960,25
	Пришанс, СЭ	41,1	27017,00	60417,00	33400,00
	Дианат, ВР	40,7	27918,56	59829,00	31910,44

Расчеты показали, что максимальный уровень рентабельности производства озимой пшеницы достигается в опыте по варианту Культивация + Пришанс, СЭ (135,05%). Кроме того, при всех способах обработки почвы лучшие экономические результаты отмечаются при обработке посевов озимой пшеницы гербицидом Пришанс, СЭ, 0,6 л/га.

Рентабельность озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и применяемых гербицидов графически отражена на рис. 5.

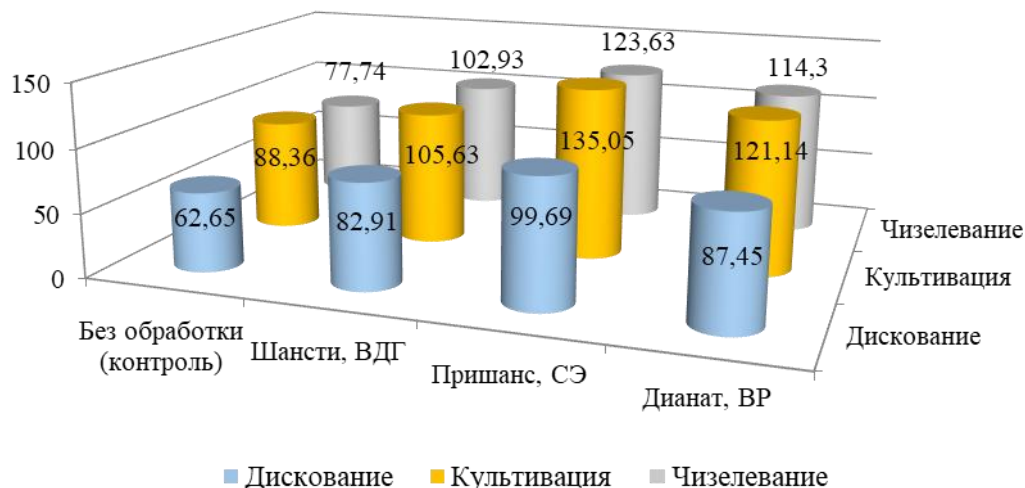


Рисунок 5. Уровень рентабельности производства зерна озимой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы и применяемых гербицидов (среднее по годам), %

Более высокий уровень рентабельности отмечен на вариантах с использованием культивации, как способа предпосевной обработки почвы.

Выводы

1. В полевом севообороте с озимой пшеницей наиболее эффективным способом обработки почвы являлась культивация, а самую большую прибавку урожайности и максимальный экономический эффект обеспечивает гербицид Пришанс, СЭ, в дозе 0,6 л/га, применяемый в начале фазы выхода в трубку пшеницы, а также в ранние фазы роста сорняков. В среднем, по годам исследования, максимальное значение урожайности озимой пшеницы отмечено на вариантах с культивацией при обработке посевов гербицидами Пришанс, СЭ (43,2 ц/га) и Дианат, ВР (42,0 ц/га). Максимальная прибавка относительно контроля, в среднем за два года, составила 48,4% (+14,1 ц/га) на варианте Культивация + гербицид Пришанс, СЭ.

2. В условиях Рязанской области обработка гербицидами в весенний период в агроценозах озимой пшеницы имеет ряд осложнений за счет возможных неблагоприятных погодных условий, например, высокой влажности почвы, низкой температуры, когда обработка гербицидами физически затруднено. В связи с этим сорная растительность перерастает, фаза культуры «уходит» от опрыскивания, и эффективность химической обработки снижается.

Список источников

1. Виноградов Д.В., Ильинский А.В., Данчеев Д.В. Экология агроэкосистем. Рязань: ИП Жуков В.Ю. 2020. 256 с.

2. Виноградов Д.В., Митрохин Н.Н., Лупова Е.И. Технологические свойства зерна озимой пшеницы при сушке в зависимости от его исходной влажности // Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса: межд. науч. конф. Рязань: РГАТУ. 2017. С. 33-37.

3. Гулидова В.А. Ресурсосберегающая технология озимой пшеницы. Липецк: ООО «Центр полиграфии». 2006. 400 с.
4. Гулидова В.А., Зубкова Т.В. Технохимический контроль растениеводческой продукции. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина. 2020. 74 с.
5. Дедова Е.М., Горшкова Е.М. Современное состояние, тенденции и проблемы рынка зерна в РФ // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2015. № 1. С. 272-275.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. доп. и перераб. М.: Агрпроимиздат, 1985. 351 с.
7. Зубкова Т.В., Гулидова В.А. Влияние гербицидов на продуктивность ярового рапса // Защита и карантин растений. 2014. № 9. С. 25-26.
8. Красников А.Г., Строкова Е.А., Дедова Е.М. Организация производства, управление и планирование на предприятиях АПК. Рязань: РГАТУ, 2023. 358 с.
9. Курчевский С.М., Виноградов Д.В. Улучшение малопродуктивных супесчаных дерновоподзолистых почв при внесении органо-минеральных удобрений и микробиологической добавки // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2014. № 1(21). С. 47-51.
10. Фитосанитарное состояние посевов зерновых культур в условиях Рязанской области / Д.В. Виноградов, А.А. Соколов, Е.И. Лупова, И.С. Питюрина // Международный технико-экономический журнал. 2016. № 5. С. 57-63.
11. Эффективность использования инсектицидов при хранении зерна / В.П. Положенцев, Е.И. Лупова, Д.В. Виноградов, Н.И. Морозова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2018. № 2. С. 53-58.
12. Vinogradov D.V., Zubkova T.V. Accumulation of Heavy Metals by Soil and Agricultural Plants in the Zone of Technogenic Impact // Indian Journal of Agricultural Research. 2022. Vol. 56. No. 2. P. 201-207.
13. Zubkova T.V., Vinogradov D.V., Zakharov V.L. Microelement composition of spring rape plants depending on the specified experimental conditions // Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference. London: IOP Publishing Ltd. 2022. P. 012094.

References

1. Vinogradov D.V., Il'inskiy A.V., Dancheev D.V. Ecology of agroecosystems. Ryazan: IE Zhukov V.Yu. Publ. 2020. 256 p.
2. Vinogradov D.V., Mitrohin N.N., Lupova E.I. Technological properties of winter wheat grain during drying, depending on its initial humidity. Improving the system of training and additional professional education of personnel for the agro-industrial complex: proceedings of the international scientific conference. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University Publ. 2017, pp. 33-37.
3. Gulidova V.A. Resource-saving technology of winter wheat. Lipetsk: LLC «Centr poligrafii» Publ. 2006. 400 p.
4. Gulidova V.A., Zubkova T.V. Technochemical control of crop production. Yelets: Yelets State University Publ. 2020. 74 p.
5. Dedova E.M., Gorshkova E.M. Current state, trends and problems of the grain market in the Russian Federation. Bulletin of the Council of Young Scientists of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2015, no. 1, pp. 272-275.
6. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th edition expanded and revised. M.: Agropromizdat Publ., 1985. 351 p.
7. Zubkova T.V., Gulidova V.A. The influence of herbicides on the productivity of spring rape. Plant protection and quarantine, 2014, no. 9, pp. 25-26.

8. Krasnikov A.G., Strokova E.A., Dedova E.M. Organization of production, management and planning at agricultural enterprises. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University Publ., 2023. 358 p.

9. Kurchevskij S.M., Vinogradov D.V. Improvement of unproductive sandy loam sod podzolic soils when applying organo-mineral fertilizers and microbiological additives. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2014, no. 1(21), pp. 47-51.

10. Phytosanitary condition of grain crops in the conditions of the Ryazan region. D.V. Vinogradov, A.A. Sokolov, E.I. Lupova, I.S. Pityurina. International Technical and Economic Journal, 2016, no. 5, pp. 57-63.

11. The effectiveness of the use of insecticides in grain storage. V.P. Polozhencev, E.I. Lupova, D.V. Vinogradov, N.I. Morozova. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2018, no. 2, pp. 53-58.

12. Vinogradov D.V., Zubkova T.V. Accumulation of Heavy Metals by Soil and Agricultural Plants in the Zone of Technogenic Impact. Indian Journal of Agricultural Research, 2022, vol. 56, no. 2, pp. 201-207.

13. Zubkova T.V., Vinogradov D.V., Zakharov V.L. Microelement composition of spring rape plants depending on the specified experimental conditions. Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference. London: IOP Publishing Ltd, 2022, pp. 012094.

Информация об авторах

Е.М. Дедова – старший преподаватель кафедры маркетинга и товароведения;

Д.В. Виноградов – доктор биологических наук, профессор кафедры агрономии, агрохимии и защиты растений.

Information about the authors

E.M. Dedova – Senior Lecturer of the Department of Marketing and Commodity Science;

D.V. Vinogradov - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Agrochemistry and Plant Protection.

Научная статья

УДК 66.092-977: 631.879

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-68-75

БИОУГЛИ: МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕЛИОРАЦИИ

Дрягина Алина Александровна¹, Пономарев Константин Олегович^{2✉},
Кремлева Татьяна Анатольевна³, Петухов Александр Сергеевич⁴

^{1,2,3,4} Тюменский государственный университет, Тюменская область, Тюмень, Россия

¹ a.a.driagina@utmn.ru

² k.o.ponomarev@utmn.ru✉

³ t.a.kremleva@utmn.ru

⁴ a.s.petukhov@utmn.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке микроэлементного состава (кислоторастворимых и подвижных форм тяжелых металлов) биоуглей, полученных в процессе пиролиза при 600 °С разного вида сырья, характерного для Западной Сибири. В условиях Тюменской области установлено, что в качестве мелиорантов почвы целесообразно использовать биоугли из отходов жизнедеятельности крупного рогатого скота и пшеничной соломы. Эти биоугли содержат минимальное количество (значительно ниже ПДК) токсичных тяжелых металлов и большее количество питательных элементов в высоких концентрациях (например, в биоугле из соломы концентрация Si составляла 1817 мг/кг, что в 7 раз больше, чем в биоуглях из других органических отходов) для растений по сравнению с биоуглями из скорлупы кедровых орехов и сосновых опилок, а значит наиболее эффективны с точки зрения повышения качества почвы. Результаты исследований показали, что во всех исследуемых биоуглях концентрации наиболее токсичных элементов (свинца и кадмия) минимальны. На основании полученных результатов сформулирована гипотеза о том, что биоугли из разного органического сырья, доминирующего в Западной Сибири, не токсичны и не нанесут вреда почве, в которую они будут внесены в качестве мелиорантов.

Ключевые слова: биоуголь, пиролиз, органические отходы, микроэлементный состав, тяжелые металлы.

Финансирование: работа выполнена при финансовой поддержке Госзадания № FEWZ-2021-0014 (Научно-технические основы и прикладные решения комплексной энерготеплотехнологической переработки биомассы для обеспечения экологически чистых технологий в энергетике и металлургии).

Для цитирования: Биоугли: микроэлементный состав, перспективы использования в мелиорации / А.А. Дрягина, К.О. Пономарев, Т.А. Кремлева, А.С. Петухов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С. 68-75. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-68-75>.

Original article

BIOCHAR: MICROELEMENT COMPOSITION, PROSPECTS FOR USE IN MELIORATION

Alina A. Dryagina¹, Konstantin O. Ponomarev^{2✉}, Tatyana A. Kremleva³,
Alexander S. Petukhov⁴

^{1,2,3,4} Tyumen State University, Tyumen region, Tyumen, Russia

¹ a.a.driagina@utmn.ru

² k.o.ponomarev@utmn.ru✉

³ t.a.kremleva@utmn.ru

⁴ a.s.petukhov@utmn.ru

Abstract. The article is devoted to the assessment of the microelement composition (heavy metals acid-soluble and mobile forms) of biochars produced by slow pyrolysis at 600 °C of various types of raw mate-

rials, typical for Western Siberia. In the Tyumen region conditions it was found that it is advisable to use biochars from the waste products of cattle and wheat straw as soil ameliorants. These biochars contain a minimal amount (well below the MPC) of toxic heavy metals and a greater amount of nutrients in high concentrations (for example, in biochar from straw, the concentration of Si was 1817 mg/kg, which is 7 times more than in biochars from other organic waste) for plants compared to biochars from pine nut shells and pine sawdust, and therefore the most effective in terms of improving soil quality. The research results showed that in all the biochars studied, the concentrations of the most toxic elements (lead and cadmium) are minimal. Based on the results obtained, a hypothesis was formulated that biochars from various organic raw materials that dominate in Western Siberia are non-toxic and will not harm the soil into which they will be introduced as ameliorants.

Keywords: biochar, pyrolysis, organic waste, microelement composition, heavy metals.

Funding: the work was carried out with the financial support of State Assignment No. FEWZ-2021-0014 (Scientific and technical foundations and applied solutions for integrated energy-thermotechnological processing of biomass to ensure environmentally friendly technologies in energy and metallurgy).

For citation: Biochar: microelement composition, prospects for use in melioration. A.A. Dryagina, K.O. Ponomarev, T.A. Kremleva, A.S. Petukhov. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 3(29), pp. 68-75. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-68-75>.

Введение

Более сорока химических элементов таблицы Д.И. Менделеева относят к тяжелым металлам, т.е. к особо загрязняющим веществам. Как следствие, важное значение имеют многочисленные наблюдения за этими элементами во всех природных средах, в частности, в почве, как основной среде их аккумуляции [4]. Количество тяжелых металлов в почве изменяется при загрязнениях, вызванных природными или антропогенными факторами или при внесении в нее различных удобрений и добавок. Одним из вариантов добавок, вносимых в почву с целью улучшения ее свойств, является биоуголь – термически переработанная биомасса [3]. Применение биоугля с изучением его характеристик является актуальной тематикой исследований, что подтверждается растущим интересом научного сообщества, вызванным его уникальными свойствами (он увеличивает содержание органического вещества в почве, рН и водоудерживающую способность почвы, доступность питательных веществ, а также смягчает последствия изменения климата за счет секвестрации углерода) [5, 12]. Но в биоугольном мелиоранте, как и в органическом сырье, содержится ряд токсичных тяжелых металлов (например, Zn, Cu, Cd, Hg и As), на которые исследователи [13, 17] обращают пристальное внимание и рекомендуют сводить концентрации этих элементов к минимуму. Например, в [8] рекомендовано проявлять осторожность в отношении таких почвенных добавок, как осадок сточных вод, которые приводят к потенциальному риску фитотоксичности почв тяжелыми металлами, даже при их обработке бентонитом, вермикулитом или биоуглем. Целесообразнее термически перерабатывать такое сырье в биоуголь. Известно [15], что содержание биодоступных тяжелых металлов в биоугле из осадков сточных вод ниже, чем в сырье до переработки. В биоугле из отходов животноводства концентрация токсичных тяжелых металлов низкая (<0,01 мг/кг) [17]. Но внесение высоких доз такого биоугля в почву показало [17] фитотоксичность почвы, которая проявлялась в значительном снижении производимой биомассы.

Таким образом, важно знать концентрации токсичных тяжелых металлов в биоуглях, используемых в качестве мелиоранта-удобрения почвы, так как это существенно влияет на плодородие почвы и урожайность культур. Концентрация тяжелых металлов может изменяться в больших диапазонах в зависимости от региона и присущего ему органического сырья. Также в биоуглях присутствуют и питательные микроэлементы, необходимые для развития растений [9]. Так как каждый из химических элементов необходим растениям в небольших дозах, то их дефицит или избыток может серьезно повлиять на качество растений и скорость их роста. В биоуглях даже из одного региона, но из разных органических отходов, эти концентрации могут существенно отличаться [10, 11, 14]. По этой причине крайне важно определять микроэлементный состав (как токсичных, так и питательных элементов) биоуг-

лей, в том числе из разного органического сырья, типичного для определенных территорий, чтобы обеспечить использование соответствующего мелиоранта для конкретной культуры и почвенных условий.

Целью работы является определение микроэлементного состава перспективных для мелиорации почв биоуглей, полученных пиролизом характерных для Тюменской области органических отходов.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2022-2023 гг. В экспериментах использовались характерные для Западной Сибири органические отходы, а именно: пшеничная солома, сосновые опилки, навоз крупного рогатого скота и скорлупа кедрового ореха. Все образцы высушивались до воздушно-сухого состояния, и затем проводилась термическая обработка сырья традиционным медленным пиролизом при 600 °С с получением биоугля. Пиролизная установка представляла собой реактор с неподвижным слоем биомассы и наружным обогревом. Полученные газы и пары выводились из реактора в процессе пиролиза, а биоуголь извлекался после завершения процесса термической переработки и остывания установки до комнатной температуры. Каждый биоуголь помещался в пластиковую тару и плотно закрывался. Микроэлементный состав биоуглей проводился методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Содержание кислоторастворимых и подвижных форм металлов в биоуглях определяли в вытяжках с использованием различных растворителей. В качестве экстрагентов использовали азотную кислоту HNO₃, буферный раствор с pH 4,8 и бидистиллированную воду. Экстракцию проводили из отдельных навесок в двукратной повторности. Далее проводилась фильтрация образцов, и полученные вытяжки анализировали на атомно-эмиссионном спектрофотометре с индуктивно-связанной плазмой PlasmaQuant PQ 9000 (Analytik Jena, Германия).

Результаты исследований и их обсуждение

В биоуглях содержатся токсичные элементы, но превышение концентраций этих элементов уровней ПДК [7] является фактором безопасного внесения мелиорантов в почву. В таблице 1 приведено содержание кислоторастворимых и подвижных форм токсичных металлов в биоуглях из органических отходов, таких как скорлупа кедровых орехов, сосновые опилки, отходы жизнедеятельности крупного рогатого скота (ОЖКС) и пшеничная солома. Установлено, что в исследуемых биоуглях практически отсутствует Cd, его содержание в кислоторастворимых и подвижных формах не превышало 0,01 мг/кг. Остальные рассматриваемые металлы, такие как Cr, Pb и Ni, в биоуглях зарегистрированы, и наибольшая концентрация их была в биоугле из соломы (табл. 1).

Таблица 1. Содержание токсичных металлов в биоуглях, мг/кг

Сырье, из которого получен биоуголь	Cr	Pb	Cd	Ni
	Кислоторастворимые формы токсичных металлов			
Скорлупа	5,321	0,109	0,005	1,388
Опилки	0,514	0,979	0,005	1,733
ОЖКС	2,520	1,657	0,005	3,861
Солома	6,802	17,980	0,005	21,450
	Подвижные формы токсичных металлов			
Скорлупа	0,300	1,569	0,010	0,710
Опилки	0,070	1,372	0,010	0,778
ОЖКС	1,477	1,667	0,010	2,315
Солома	0,160	1,168	0,010	0,729

Показано, что подвижных форм токсичных металлов в биоугле из любого вида сырья минимально. Содержание Pb в биоуглях составляло примерно 1,4-1,7 мг/кг. Наибольшее содержание Ni составляло в биоугле из ОЖКС (2,3 мг/кг), а в остальных биоуглях наблюдалось примерно одинаковое содержание 0,7 мг/кг. Количество Cr в биоугле из ОЖКС – 1,5 мг/кг, биоугле из соломы и скорлупы орехов – 0,2-0,3 мг/кг, а наименьшие концентрации наблюдались в биоуглях из опилок (0,1 мг/кг). Так как свинец и кадмий являются самыми токсичными элементами и их концентрации в исследуемых биоуглях минимальны (как, впрочем, и концентрации других элементов), то можно сказать, что биоугли из любого рассматриваемого нами вида сырья, характерного для Западной Сибири, не токсичны и не нанесут вреда почве, в которую они будут внесены.

Помимо токсичных элементов в биоуглях содержатся и питательные элементы, такие как К, Р, Са, Mg, Fe и Si, которые являются одними из самых важных с точки зрения плодородия почв элементов. Наибольшее количество кислоторастворимых и подвижных форм элементов Mg, Са, Si наблюдалось в биоуглях из ОЖКС, соломы и скорлупы орехов, содержание фосфора преобладало в биоуглях из ОЖКС и соломы (табл. 2).

Таблица 2. Содержание питательных элементов в биоуглях, мг/кг

Сырье, из которого получен биоуголь	К	Са	Р	Mg	Si	Fe
Кислоторастворимые формы токсичных металлов						
Скорлупа	2967,5	392,7	205,4	245,2	120,6	1263,7
Опилки	392,3	1064,7	38,6	173,1	278,2	259,0
ОЖКС	6114,4	10261,3	8668,6	2816,1	177,7	2329,4
Солома	6193,9	9969,1	5909,6	2697,5	1816,8	3573,2
Подвижные формы токсичных металлов						
Скорлупа	2397,6	604,5	221,8	192,7	87,0	57,9
Опилки	283,9	1106,1	31,6	97,4	87,8	15,3
ОЖКС	12463,8	18391,4	5160,2	4485,6	847,7	735,4
Солома	12143,0	6573,8	731,9	511,9	731,9	51,4

Наименьшие концентрации этих элементов зарегистрированы у опилок (например, кислоторастворимой формы фосфора в ОЖКС в 225 раз больше, чем в опилках, а калий превышен в 15,6 раз (табл. 2).

Также в исследуемых биоуглях определены не менее важные элементы [2], такие как Mg, Са и Si (табл. 2). Наибольшее количество кислоторастворимых и подвижных форм металлов Mg, Са, Si наблюдалось (табл. 2) в биоуглях из ОЖКС и соломы, по сравнению с биоуглями из скорлупы орехов и опилок. При сравнении биоуглей из ОЖКС и опилок наблюдалось значительное превышение концентраций кислоторастворимых форм микроэлементов в первом биоугле: кальция в ОЖКС примерно в 10 раз больше чем в опилках, а магния в 16 раз (табл. 2). При этом подвижных форм металлов в биоугле из ОЖКС также значительно больше, чем в других биоуглях (табл. 2). Так как рассмотренные микроэлементы являются важными питательными веществами и влияют на рост и здоровье растений [2], то можно отметить, что биоуголь из ОЖКС обладает большими агрономическими преимуществами по сравнению с биоуглями из других видов сырья.

Также установлено, что концентрация Mg в биоуглях из ОЖКС и соломы составляла 2757 мг/кг (+/-3%) (табл. 2). При этом стоит отметить, что в биоугле из соломы концентрация Si составляла 1817 мг/кг, что в 7 раз больше, чем в биоуглях из других органических отходов. Так как кремний (Si) полезен для растений, поскольку повышает эффективность фотосинтеза и смягчает биотические и абиотические стрессы [14], то биоуголь из соломы может служить источником кремния с его медленным высвобождением, в то время как биоуголь с дефицитом кремния может быть дополнительным поглотителем его в субстрате [1, 16].

На основании полученных результатов также можно сделать вывод о том, что биоугли из ОЖКС и соломы содержат высокие концентрации щелочных элементов К, Са и Mg, а значит могут быть использованы для раскисления почв [18]. Однако в биоуглях помимо выше представленных питательных микроэлементов также присутствуют и другие элементы, например, железо (Fe), которое необходимо почве в определенных концентрациях. Известно [6], что такого элемента, как железо не хватает почвам с большим содержанием песка, т.е. типичным для Тюменской области и характеризующимся низким плодородием. А так как этот элемент и другие рассмотренные превалируют в биоуглях из ОЖКС и соломы, то именно эти биоугли предлагается использовать, как наиболее эффективные с точки зрения повышения качества почвы.

Выводы

1. Обеспечение рационального землепользования в Западной Сибири возможно при проведении мелиоративных мероприятий с внесением биоуглей, полученных пиролизом характерных для этой территории органических отходов. По результатам работы, определено содержание кислоторастворимых и подвижных форм металлов в биоуглях из различных, типичных для Западной Сибири органических отходов, таких как скорлупа кедровых орехов, сосновые опилки, пшеничная солома и отходы жизнедеятельности крупного рогатого скота (ОЖКС). Установлено, что биоугли из ОЖКС и соломы обладают наибольшим содержанием подвижных форм металлов (К, Са, Р, Mg, Si, Fe) по сравнению с биоуглями из опилок и соломы. В то же время биоуголь из пшеничной соломы содержал много Si, что говорит и о его потенциале как источника кремния с его медленным высвобождением.

2. Установлено, что в исследуемых биоуглях отсутствует Cd ($<0,01$ мг/кг). Остальные рассматриваемые металлы, такие как Cr, Pb и Ni в биоуглях зарегистрированы, но их концентрации значительно ниже норм ПДК. Следовательно, биоугли из характерного для Западной Сибири сырья не токсичны и не нанесут вреда почве, в которую они будут внесены.

3. По результатам экспериментальных исследований, установлено, что для характерных для Западной Сибири (в частности, Тюменской области) почв целесообразно использовать в качестве мелиорантов биоугли из отходов жизнедеятельности крупного рогатого скота (ОЖКС) и пшеничной соломы. Эти биоугли содержат большее количество питательных элементов для растений по сравнению с биоуглями из скорлупы кедровых орехов и сосновых опилок, минимальное количество (значительно ниже ПДК) токсичных тяжелых металлов, а значит более эффективны с точки зрения повышения качества почвы.

Список источников

1. Безручко Е.В. Кремний – недооцененный элемент питания растений // Земледелие. 2020. № 4. С. 40-46.

2. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. Киев: Наукова думка, 1969. 516 с.

3. Влияние биоугля на развитие яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и кислотность дерново-подзолистой почвы в Западной Сибири / К.О. Пономарев, А.Н. Первушина, К.С. Коротаева, А.А. Юртаев, А.С. Петухов, Р.Б. Табакаев, И.И. Шаненков // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2022. № 113. С. 110-137.

4. Леонова Ю.В., Сюняева О.И., Тютюнькова М.В. Агроэкологическая оценка применения удобрения-мелиоранта СУПРОДИТ-М на дерново-подзолистых супесчаных почвах Калужской области // Агропромышленные Технологии Центральной России. 2022. № 24 (2). С. 71-75.

5. Мелиоративные свойства и удобрительная ценность различных по размеру фракций биоугля (по данным лабораторных экспериментов) / А. В. Литвинович, А. А. М. Хаммам, А. В. Лаврищев, О. Ю. Павлова // Агрохимия. 2016. № 9. С. 39-46.

6. Неверов А.А. Стимулирующая роль микроэлементов на стадии прорастания семян ячменя // Животноводство и кормопроизводство. 2022. № 1 (105). С. 159-170.
7. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве (ГН 2.1.7.2041-06). М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. С. 1-16.
8. Balidakis A., Matsi T., Karagianni A. G., Ipsilantis I. Soil application of sewage sludge treated with clay minerals or biochar and its effect on soil properties and white clover's (*Trifolium repens* L.) growth and arbuscular mycorrhizal fungal root colonization // *Applied Sciences* (Switzerland). 2022. No. 22 (12). Pp. 11382.
9. Buss W., Wurzer C., Manning D. A. C., E. J. Rohling, J. Borevitz, O. Mašek. Mineral-enriched biochar delivers enhanced nutrient recovery and carbon dioxide removal // *Communications Earth and Environment*. 2022. No. 1 (3). Pp. 67.
10. Carter S., Shackley S., Sohi S., Suy T. B., Haefele S. The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*brassica chinensis*) // *Agronomy*. 2013. No. 2 (3). Pp. 404-418.
11. Clemente J. S., Beauchemin S., Thibault Y., Mackinnon T., Smith D.. Differentiating inorganics in biochars produced at commercial scale using principal component analysis // *ACS Omega*. 2018. No. 6 (3). Pp. 6931-6944.
12. Gonzalez Sarango E. M., Leimer S., Valarezo Manosalvas C., Wilcke W. Does biochar improve nutrient availability in Ultisols of tree plantations in the Ecuadorian Amazonia? // *Soil Science Society of America Journal*. 2022. No. 4 (86). Pp. 1072-1085.
13. Li H., Wu W., Min X., Zhan W., Fang T., Dong X., Shi Y. Immobilization and assessment of heavy metals in chicken manure compost amended with rice straw-derived biochar // *Environmental Pollutants and Bioavailability*. 2021. No 1 (33). Pp. 1-10.
14. Li Z., Delvaux B. Phytolith- rich biochar: A potential Si fertilizer in desilicated soils // *Gcb Bioenergy*. 2019. No. 11 (11). Pp. 1264-1282.
15. Lu T., Yuan H., Wang Y., Huang H., Chen Y. Characteristic of heavy metals in biochar derived from sewage sludge // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2016. No. 4 (18). Pp. 725-733.
16. Wang Y., Xiao X., Chen B. Biochar impacts on soil silicon dissolution kinetics and their interaction mechanisms // *Scientific Reports*. 2018. No. 1 (8). Pp. 1-11.
17. Yang X., Li Q., Tang Z., Zhang W., Yu G., Shen Q., Zhao F. J. Heavy metal concentrations and arsenic speciation in animal manure composts in China // *Waste Management*. 2017. (64). Pp. 333-339.
18. Zielińska A., Oleszczuk P., Charnas B., Skubiszewska-Zięba J., Pasieczna-Patkowska S. Effect of sewage sludge properties on the biochar characteristic // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2015. (112). Pp. 201-213.

References

1. Bezruchko E.V. Silicon is an underestimated plant nutrient. *Agriculture*, 2020, no. 4. pp. 40-46.
2. Vlasyuk P.A. Biological elements in the life of plants. Kiev: Naukova Dumka Publ., 1969. 516 p.
3. Biochar influence on the development of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and acidity of soddy- podzolic soil in Western Siberia. K.O. Ponomarev, A.N. Pervushina, K.S. Korotaeva, A.A. Yurtaev, A.S. Petuhov, R.B. Tabakaev, I.I. Shanenkov. *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2022, no. 113, pp. 110-137.
4. Leonova Yu., Syunyaeva O., Tyutyunkova M. Agroecological assessment of the use of fertilizer-meliorant Suprodit-M on sod-podzolic sandy loam soils of the Kaluga region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2022, no. 24 (2), pp. 71-75.

5. The Reclamation of Fertilizing Properties and Sites of Different Size Fractions of Biochar (according to Laboratory Experiments). A.V. Litvinovich, A.A.M. Khammam, A.V. Lavrishev, O. Yu. Pavlova. *Agrochemistry*, 2016, no. 9, pp. 39-46.
6. Neverov A.A. Stimulating role of trace elements at the stage of germination of barley seeds. *Animal Husbandry and Fodder Production*, 2022, no. 1 (105), pp. 159-170.
7. Maximum permissible concentration (MPC) and tentative-permissible concentration (ODC) of chemical substances in the soil. (GN 2.1.7.2041-06). M: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor Publ., 2006, pp. 1-16.
8. Balidakis A., Matsi T., Karagianni A. G., Ipsilantis I. Soil application of sewage sludge treated with clay minerals or biochar and its effect on soil properties and white clover's (*Trifolium repens* L.) growth and arbuscular mycorrhizal fungal root colonization. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2022, no. 22 (12). pp. 11382.
9. Buss W., Wurzer C., Manning D. A. C., E. J. Rohling, J. Borevitz, O. Mašek. Mineral-enriched biochar delivers enhanced nutrient recovery and carbon dioxide removal. *Communications Earth and Environment*, 2022, no. 1 (3), pp. 67.
10. Carter S., Shackley S., Sohi S., Suy T. B., Haefele S. The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*brassica chinensis*). *Agronomy*, 2013, no. 2 (3), pp. 404-418.
11. Clemente J. S., Beauchemin S., Thibault Y., Mackinnon T., Smith D.. Differentiating inorganics in biochars produced at commercial scale using principal component analysis. *ACS Omega*, 2018, no. 6 (3), pp. 6931-6944.
12. Gonzalez Sarango E. M., Leimer S., Valarezo Manosalvas C., Wilcke W. Does biochar improve nutrient availability in Ultisols of tree plantations in the Ecuadorian Amazonia? *Soil Science Society of America Journal*, 2022, no. 4 (86), pp. 1072-1085.
13. Li H., Wu W., Min X., Zhan W., Fang T., Dong X., Shi Y. Immobilization and assessment of heavy metals in chicken manure compost amended with rice straw-derived biochar. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 2021, no 1 (33), pp. 1-10.
14. Li Z., Delvaux B. Phytolith- rich biochar: A potential Si fertilizer in desilicated soils. *Gcb Bioenergy*, 2019, no. 11 (11), pp. 1264-1282.
15. Lu T., Yuan H., Wang Y., Huang H., Chen Y. Characteristic of heavy metals in biochar derived from sewage sludge. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2016, no. 4 (18), pp. 725-733.
16. Wang Y., Xiao X., Chen B. Biochar impacts on soil silicon dissolution kinetics and their interaction mechanisms. *Scientific Reports*, 2018, no. 1 (8), pp. 1-11.
17. Yang X., Li Q., Tang Z., Zhang W., Yu G., Shen Q., Zhao F. J. Heavy metal concentrations and arsenic speciation in animal manure composts in China. *Waste Management*, 2017, (64), pp. 333-339.
18. Zielińska A., Oleszczuk P., Charnas B., Skubiszewska-Zięba J., Pasieczna-Patkowska S. Effect of sewage sludge properties on the biochar characteristic. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2015, (112), pp. 201-213.

Информация об авторах

А.А. Дрягина – магистрант, лаборант-исследователь лаборатории ресурсоэффективных технологий термической переработки биомассы Института экологической и сельскохозяйственной биологии (Х-БИО);

К.О. Пономарев – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории ресурсоэффективных технологий термической переработки биомассы Института экологической и сельскохозяйственной биологии (Х-БИО);

Т.А. Кремлева – доктор химических наук, директор Института химии;

А.С. Петухов – аспирант, ассистент кафедры органической и экологической химии Института химии.

Information about the authors

A.A. Dryagina – Master Student, Laboratory Assistant-Researcher of the Laboratory of Resource-Efficient Technologies for the Thermal Processing Of Biomass, Institute of Ecological and Agricultural Biology (X-BIO);

K.O. Ponomarev – Candidate of Technical Science, Research Fellow of Laboratory of Resource-Efficient Technologies for Thermal Processing Of Biomass, Institute of Ecological and Agricultural Biology (X-BIO);

T.A. Kremleva – Doctor of Chemistry, Director of the Institute of Chemistry;

A.S. Petukhov – Postgraduate Student, Assistant of the Department of Organic and Ecological Chemistry, Institute of Chemistry.

Научная статья

УДК 633.2:633.11:633.14.324.0004:12

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-76-84

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ
НОВОГО ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО СОРТА
ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (TRITICUM AESTIVUM L.) АГРОСП 33 2018**

**Жужукин Валерий Иванович^{1✉}, Субботин Александр Геннадьевич²,
Мухатова Жанслу Навиуллаевна³, Шьюрова Наталья Александровна⁴,
Серебрякова Марина Сергеевна⁵, Сугробов Александр Федорович⁶**

^{1,2,3,4,5,6} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», Саратов, Россия

¹kaf-rv@mail.ru✉

²subbotinag2014@mail.ru;

³mukhatova1995@list.ru;

⁴yurovana@sgau.ru;

⁵rocrovskoe.saratov@yandex.ru;

⁶79649991422@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается современная технология выращивания нового высокопродуктивного сорта озимой мягкой пшеницы АГРОСП 33 2018, приспособленного к почвенно-климатическим условиям Нижневолжского и Уральского регионов. Сорт озимой пшеницы АГРОСП 33 2018 включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2022 г. по вышеуказанным регионам. По результатам госсортиспытаний сорт характеризуется средней урожайностью в Нижневолжском регионе - 26,4 ц/га, в Уральском - 13,6 ц/га. Максимальная урожайность (54,5 ц/га) получена в Саратовской области в 2021 г. Масса 1000 зерен - 41-47 г. Среднеспелый. Вегетационный период - 261-313 дней. Зимостойкость средняя. Сорт АГРО СП 33 2018 сочетает высокую продуктивность и качество корма с устойчивостью к неблагоприятным биотическим и абиотическим стрессорам, что позволило в сорте объединить положительные наследственные факторы: высокую урожайность, гомеоадаптивность и высокую кормовую ценность. Научно-техническая новизна сорта АГРОСП 33 2018 подтверждается фактическими данными государственного сортоиспытания на урожайность и качество зерна, а также ООС. По результатам государственного сортоиспытания в период 2018-2021 гг. в сравнении со стандартом (сорт Жемчужина Поволжья) сорт АГРОСП 33 2018 показал преимущества по урожайности зерна на 10-15%.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, технология, урожайность, клейковина, сырой протеин.

Для цитирования: Совершенствование технологии выращивания нового высокопродуктивного сорта озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) АГРОСП 33 2018 / Ж.Н. Жужукин, А.Г. Субботин, Ж.Н. Мухатова, Н.А. Шьюрова, М.С. Серебрякова, А.Ф. Сугробов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. №3(29). С. 76-84. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-76-84>.

Original article

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF GROWING A NEW HIGHLY PRODUCTIVE VARIET OF WINTER SOFT WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.) AGROSP 33 2018

Valery I. Zhuzhukin^{1✉}, Alexander G. Subbotin², Zhanslu N. Mukhatova³,
Natalya A. Shyurova⁴, Marina S. Serebryakova⁵, Alexander F. Sugrobov⁶

^{1,2,3,4,5,6}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹kaf-rv@mail.ru✉

²subbotinag2014@mail.ru;

³mukhatova1995@list.ru;

⁴yurovana@sgau.ru;

⁵pocrovskoe.saratov@yandex.ru;

⁶79649991422@yandex.ru

Abstract. The article discusses the modern technology of growing a new highly productive variety of winter soft wheat AGROSP 33 2018, adapted to the soil and climatic conditions of the Nizhnevolzhsky and Ural regions. The winter wheat variety AGROSP 33 2018 is included in the State Register of Breeding Achievements approved for use in 2022 in the above regions. According to the results of state variety tests, the variety is characterized by an average yield in the Nizhnevolzhsky region - 26.4 centners / ha, in the Urals - 13.6 centners / ha. The maximum yield (54.5 c/ha) was obtained in the Saratov region in 2021. Weight of 1000 grains - 41-47 g. Mid-season. Vegetation period - 261-313 days. Winter hardiness is average. The AGRO SP 33 2018 variety combines high productivity and forage quality with resistance to adverse biotic and abiotic stressors, which made it possible to combine positive hereditary factors in the variety: high yield, homeoadaptation and high nutritional value. The scientific and technical novelty of the AGROSP 33 2018 variety is confirmed by the actual data of the state variety testing for grain yield and quality, as well as environmental protection. According to the results of the state variety testing in the period 2018-2021. in comparison with the standard (Pearl of the Volga variety), the AGROSP 33 2018 variety showed advantages in terms of grain yield by 10-15%.

Keywords: winter wheat, variety, technology, yield, gluten, crude protein.

For citation: Improvement of the technology of growing a new highly productive variety of winter soft wheat (*Triticum aestivum* L.) AGROSP 33 2018. V.I. Zhuzhukin, A.G. Subbotin, Z.N. Mukhatova, N.A. Shyurova, M.S. Serebryakova, A.F. Sugrobov. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 3(29), pp. 76-84. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-76-84>.

Введение

Актуальность научно-технической новизны разработки заключается в создании нового высокоурожайного сорта озимой пшеницы, приспособленного к почвенно-климатическим условиям Нижневолжского и Уральского регионов и внедрении в сельскохозяйственное производство, что является одним из способов повышения урожайности этой культуры.

Основой селекционного расширения ассортимента сельскохозяйственных культур является разнообразие генофонда, а также использование современных методов оценки биохимического состава и качества произведенной растениеводческой продукции, технологии возделывания [3, 4, 11].

Поиск новых сортов озимой пшеницы, отличающихся хозяйственно-ценными признаками и свойствами, характеризующихся зимостойкостью, морозостойкостью, раннеспелостью, а также сочетающих высокую продуктивность и качество корма с устойчивостью к неблагоприятным биотическим и абиотическим стрессорам позволило в сорте АГРОСП 33 2018 объединить положительные наследственные факторы, высокую урожайность, гомеоадаптивность и высокую кормовую ценность. Научно – техническая новизна сорта АГРОСП 33 2018 подтверждается фактическими данными государственного сортоиспытания на хозяйственную полезность и отличимость, однородность, стабильность (ООС) и по результа-

там которых его включили в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на 2022 год.

Патентно-лицензионное завершение разработки. Сорт озимой пшеницы АГРОСП 33 2018 включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2022 г. по Нижневолжскому и Уральскому региону (патент №12326 от 18.07.2022 г.).

Конкурентноспособность на внутреннем и внешнем рынках. По результатам государственного сортоиспытания в период 2018-2021 гг. в сравнении со стандартом (сорт Жемчужина Поволжья) сорт АГРОСП 33 2018 показал преимущества по урожайности зерна на 10-15%. По результатам государственного сортоиспытания преимущество по сравнению с региональными сортами – стандартами подтвердил высокую урожайность и качество зерна. Вследствие указанных хозяйственно – ценных параметров сорта озимой пшеницы АГРОСП 33 2018 допущен к использованию в 8 областях и республиках РФ. Другие хозяйственно-ценные признаки указаны ниже (рис. 1).



Рисунок 1. Колос и семена озимой пшеницы сорта АГРОСП 33 2018

Материалы и методы исследований

Производственная проверка технологии выращивания выполнялась на опытном поле УНПО «Поволжье» и ООО ОВП «Покровское». Почвы опытных участков темно - каштановые среднесуглинистые по механическому составу, которые характеризуются высокой влагоемкостью и водоудерживающей способностью. Содержание гумуса в пахотном слое 3,38-3,56 %. Территория Энгельсского района характеризуется резко континентальным, засушливым климатом. Он отличается высокой испаряемостью и недостаточным количеством атмосферных осадков, низкой относительной влажностью воздуха, резким колебанием температуры воздуха и почвы. Гидротермический коэффициент за годы исследований колеблется от 0,4 до 1. Группировка почв по обеспеченности макроэлементами и уровнем содержания их в биомассе озимой пшеницы проведена в соответствии с методическими указаниями [10]. Фенологические наблюдения и учеты [9], определение содержания клейковины [7] и сырого протеина [6], массы 1000 зерен [5] выполняли по современным методикам.

Результаты исследований и их обсуждение

Сорт озимой пшеницы АГРОСП 33 2018. Оригинатор: ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, ООО «Актив АГРО», Жужукин Валерий Иванович. Авторы: М.С. Серебрякова, В.И. Жужукин, А.Г. Субботин, Н.А. Шьюрлова, О.С. Башинская.

Родословная: индивидуальный отбор из гибридной популяции, созданной с участием сортов Донская безостая и Лютесценс 72., включен в Госреестр по Нижневолжскому (8) и Уральскому (9) регионам. Разновидность - лютесценс. Хлебопекарные качества – хорошего уровня. Содержание сырой клейковины – 32,8-34,2%. Содержание сырого протеина 13,4-14,6%. Натура зерна - 801,4-811,1 г/л. По результатам испытаний, высокоустойчив к бурой ржавчине, мучнистой росе и фузариозу колоса, устойчив к септориозу, восприимчив к твердой головне.

Наличие прогрессивных технологий (применение передовых технологий). Сорт пригоден для возделывания с использованием высокопроизводительной техники: при посеве, уходе за посевами, защите растений от вредителей и болезней, десикации, уборке, сушке, очистке на семяочистительных машинах и сепарирующих механизмах. Использование почвенных гербицидов сдерживают развитие однолетних, однодольных и двудольных сорных растений. Развитие болезней и вредителей сдерживается применением разрешенных средств защиты растений. При возделывании нового сорта озимой мягкой пшеницы АГРОСП 33 2018 на опытном поле Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» разрабатывались различные варианты передовых современных технологий: 1) классическая, включающая обработку почвы по типу пара; основная обработка (вспашка на глубину 23-25 см), уход за парами – обработка культиваторами (типа КПС -4, или химическая обработка сорняков гербицидами); 2) минимальная обработка почвы, обработка плоскорезами, борьба с сорняками с использованием гербицидов; 3) поверхностная обработка -10-12 см; 4. апробируется перспективность выращивания сорта АГРОСП 33 2018 по технологии No-Till.

При обработке семян и посевах сорта озимой мягкой пшеницы АГРОСП 33 2018 нет ограничений по использованию пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению. Размещение посевов озимой пшеницы в севооборотах осуществляется в зависимости от планируемой урожайности зерна в соответствии с обеспеченностью почвы азотом, фосфором, калием [1, 2, 8] (рисунок 2,3; таблица 1).

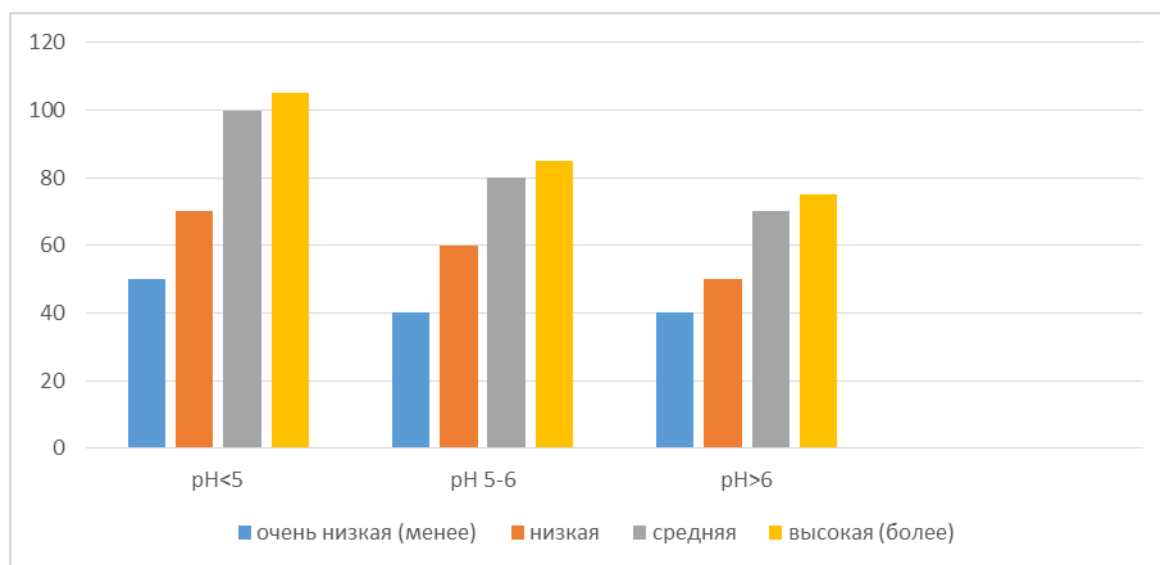


Рисунок 2. Группировка почв по обеспеченности легкогидролизуемым азотом в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы

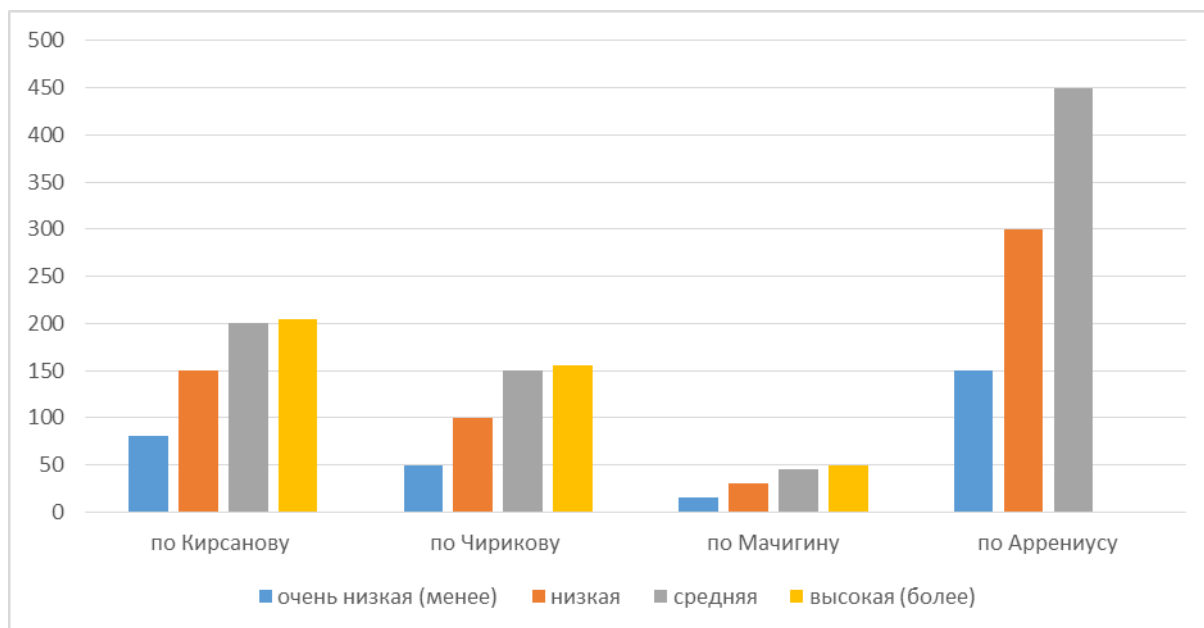


Рисунок 3. Группировка почв по обеспеченности подвижным фосфором (P²O⁵) в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы

Таблица 1. Группировка почв по обеспеченности обменным калием (K₂O) в слое почвы 0-40 см, мг/кг почвы

Группа	Обеспеченность почвы	по Кирсанову	по Чирикову	по Мачигину	по Ониани
1	очень низкая	0-40	0-20	0-100	40
2	низкая	41-80	21-40	100-200	40-80
3	средняя	81-120	41-80	200-300	90-130
4	повышенная	121-160	81-120	300-400	140-200
5	высокая	161-240	121-180	400-600	210-250
6	очень высокая (более)	240	180	600	250

Коррекция пищевого режима растений по результатам химической диагностики питания озимой пшеницы обосновывается на сопоставлении анализов растений и почвы с одного и того же поля (таблица 2).

Таблица 2. Уровни содержания макроэлементов в биомассе сорта озимой пшеницы АГРОСП 33 2018 для получения сильного зерна

Элемент	Фенофаза	Индикаторный орган	Очень низкий	Низкий	Оптимальный	Нижняя граница высокий
Азот нитратный (N-NO ₃)	цветение	зеленые листья	3,0	3,5	4,0-4,5	5,0
	осеннее кущение	нижняя часть куста	100	120	200-300	300
	весеннее кущение		200	220-400	500-700	700
	выход в трубку	нижняя часть стебля	0	<100	150-220	250
	колошение		0	0	<100	200

Фосфор общий	выход в трубку	нижняя часть стебля	0	300	710	710
	колошение		0	<200	600	700
	осеннее кущение	надземная часть	40	0,40-0,45	0,50-0,60	0,65
	весеннее кущение		0,30	0,35	0,40-0,55	0,60
	выход в трубку		0,20	0,25-0,30	0,35-0,45	0,50
	колошение		0,20	0,20-0,25	0,25-0,40	0,45
Калий общий	весеннее кущение	надземная часть	2,5	3,0	3,5-4,2	5,0
	выход в трубку		2,0	2,8	3,3-4,0	4,5
	колошение		1,5	1,8	2,0-2,5	3,0
	цветение		1,0	1,5	1,8-2,3	2,5
	выход в трубку	зеленая листья	1,8	2,0-2,6	3,0-3,4	4,0
	колошение		1,3	1,4-2,4	2,5-2,9	3,5
	цветение		0,9	1,1-1,8	2,5-2,8	3,0

Примечание:

- общее содержание фосфора и калия в % сухого вещества;
- азот нитратный, в мг/кг сырого вещества;
- осеннее кущение – развернулся полностью третий лист;
- весеннее кущение – развертывание нового стеблевого листа;
- начало выхода в трубку - выход четвертого листа;
- выход в трубку - выход пятого листа;
- начало колошения – выход седьмого листа;
- цветение – оплодотворение цветков.

Для озимой пшеницы сорта АГРОСП 33 2018 не допускается осенью первого года вегетация, переход точки роста стебля и дифференциации зачаточного колоса, потому что на этот процесс затрачиваются питательные вещества (в том числе углеводы), что снижает осмотическое давление клеток и зимостойкость.

Затраты на производство семян. В связи со значительной волатильностью стоимости сельскохозяйственных машин, ГСМ, средств защиты, затраты на производство семян корректно представлять на какой-то определенный год. По сравнению с 2018 годом (передача на государственное испытание) затраты на выращивание семян озимой пшеницы возрасли в 2 раза и более. Затраты на семена с нормой высева – 4,0-4,5 млн. всхожих семян на 1 га составляют более 2000 руб. Затраты при посеве с междурядьем 15-22 см составляют 4,0-4,5 тыс. руб./га, а на основную обработку почвы составляет 5,0-6,5 тыс. руб./га Затраты на удобрения, средства защиты растений, применение ростостимулирующих препаратов определяются с учетом программируемого урожая. Прямые затраты на возделывание озимой пшеницы включают подготовку чистых и занятых паров, предпосевную подготовку почвы, посев, уход за посевами, уборку, первичную очистку вороха, подготовку семенного материала на сортировальных машинах и фотосепараторах и в целом могут составлять до 19,0-21,0 тыс. руб. на 1 т. (рис. 4).



Рисунок 4. Семеноводческий посев озимой мягкой пшеницы АГРО СП 33 2018

Следует отметить, что технологическая цепочка по возделыванию сорта озимой пшеницы АГРОСП 33 2018, и подготовке семян полностью механизирована в ООО ОВП «Покровское» и УНПО «Поволжье».

Сортовые и посевные качества семян (повышение сортовых и посевных качеств семян). ГОСТ Р 52325-2005 РФ регламентирует сортовые и посевные качества семян по культурам «Пшеница и полба». В промышленном (товарном) и первичном семеноводстве проводится жесткий сортовой и семенной контроль за качеством посевного материала. Причем, в первичном семеноводстве мероприятия по уходу за посевами и подготовкой семян проводятся силами сотрудников и студентов ФГБОУ ВО «Вавиловский университет».

Выводы

1. Информация о сорте озимой мягкой пшеницы АГРО СП 33 2018 указана в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию на 2022 год, а также представлена на сайте ФГБОУ ВО «Вавиловский университет». Представлены демонстрационные посевы нового сорта на опытном поле ФГБОУ ВО «Вавиловский университет», в ООО ОВП «Покровское» и в фермерских хозяйствах Саратовской области, а также наличие и качество семенного материала.

2. Сорт озимой пшеницы АГРО СП 33 2018 рекомендуется выращивать по различным вариантам агротехнологий, в том числе основная обработка почвы включает элементы: классической, минимальной, поверхностной, а также апробируется технология No-Till.

3. Конкурентоспособность сорта АГРО СП 33 2018 в сравнении с известными сортами и стандартом (сорт Жемчужина Поволжья) заключается в его существенном преимуществе по урожайности и качеству зерна.

Список источников

1. Андриевский А.А. Динамика содержания подвижного обменного калия по фазам вегетации озимой пшеницы при внесении известняка-ракушечника // Молодежь, наука, творчество – 2016: Сборник студенческих научных статей по материалам 81-ой региональной научно-практической конференции, Ставрополь, 18–28 апреля 2016 года. Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью «Секвойя», 2016. С. 17-18.

2. Влияние микроэлементов на формирование урожайности озимой пшеницы / Ю.М. Исаев, А.И. Семашкина, Н.М. Семашкин, В.И. Ермолаева, Е.С. Дьячкова // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 10-2. С. 251-252.

3. Гладышева О.В., Банникова М.И. Урожайность и оценки адаптивности раннеспелых и позднеспелых сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // *Аграрная наука*. 2021. № 1. С. 129-132.
4. Горяников Ю.В., Хубиева З.Х. Влияние посевных качеств семян на всхожесть сортов пшеницы мягкой озимой // *Вестник АПК Ставрополя*. 2019. № 4(36). С. 60-64.
5. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян (с Изменением N 1). Москва: ИПК Издательство стандартов, 2001. С. 10.
6. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Москва: Стандартиформ. 2019. 19 с.
7. ГОСТ Р 54478-2011. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. Москва: Стандартиформ. 2012. 24 с.
8. Кисс Н.Н., Мищенко А.Е. Технология возделывания озимой пшеницы Ресурсосберегающая агротехнология возделывания озимой пшеницы на эрозионно-опасных склонах черноземов обыкновенных // *Фермер. Поволжье*. 2016. № 4(46). С. 42-47.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 1985. 110 с.
10. Методические указания по оптимизации минерального питания зерновых культур с помощью методов растительной диагностики / В.В. Церлинг, М.А. Горшкова, В.П. Тостусов и др. Москва: Колос, 1983. 56 с.
11. Халиев Д.Д. Посевные качества семян озимой пшеницы // *Студенческая наука – агропромышленному комплексу: научные труды студентов Горского Государственного аграрного университета, Владикавказ, 11–12 апреля 2018 года. Том Выпуск 55 (Часть 1)*. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2018. С. 40-41.

References

1. Andrievsky A.A. Dynamics of the content of mobile exchangeable potassium in the phases of winter wheat vegetation when limestone-shell rock is introduced. Youth, science, creativity – 2016: Collection of student scientific articles based on the materials of the 81st regional scientific and practical conference, Stavropol, April 18–28, 2016. Stavropol: Sequoia Limited Liability Company Publ., 2016, pp. 17-18.
2. Influence of microelements on the formation of winter wheat yield. Yu.M. Isaev, A.I. Semashkina, N.M. Semashkin, V.I. Ermolaeva, E.S. Dyachkova. *International Journal of Experimental Education*, 2016, no. 10-2, pp. 251-252.
3. Gladysheva O.V., Bannikova M.I. Productivity and assessment of adaptability of early-ripening and late-ripening varieties of winter soft wheat in the conditions of the Central Non-Chernozem region. *Agrarian science*, 2021, no. 1, pp. 129-132.
4. Goryanikov Yu.V., Khubiev Z.Kh. Influence of sowing qualities of seeds on the germination of soft winter wheat varieties. *Bulletin of the agro-industrial complex of Stavropol*, 2019, no. 4 (36), pp. 60-64.
5. State standard 10842-89. Grains of cereals and legumes and oilseeds. Method for determining the mass of 1000 grains or 1000 seeds (with Change No. 1). Moscow: IPK Standards Publishing House Publ., 2001. 10 p.
6. State standard 13496.4-93. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determining the content of nitrogen and crude protein. Moscow: Standartinform Publ. 2019. 19 p.
7. State standard R 54478-2011. Methods for determining the quantity and quality of gluten in wheat. Moscow: Standartinform Publ. 2012. 24 p.
8. Kiss N.N., Mishchenko A.E. Technology of cultivation of winter wheat Resource-saving agricultural technology of cultivation of winter wheat on erosion-dangerous slopes of ordinary chernozems. *Farmer. Volga region*, 2016, no. 4 (46), pp. 42-47.

9. Methods of state variety testing of agricultural crops. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University Publ., 1985. 110 p.

10. Guidelines for optimizing the mineral nutrition of grain crops using methods of plant diagnostics. V.V. Zerling, M.A. Gorshkova, V.P. Tostousov and others. Moscow: Kolos Publ., 1983. 56 p.

11. Khaliev D.D. Sowing qualities of winter wheat seeds. Student science – to the agro-industrial complex: Scientific works of students of the Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, April 11-12, 2018, volume issue 55 (Part 1). Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University Publ., 2018, pp. 40-41.

Информация об авторах

В.И. Жужукин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и генетики;

А.Г. Субботин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и генетики;

Ж.Н. Мухатова – ассистент кафедры растениеводства, селекции и генетики;

Н.А. Шьюрова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и генетики;

А.Ф. Сугробов – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры земледелия, мелиорации и агрохимии;

М.С. Серебрякова – магистрант.

Information about the authors

V.I. Zhuzhukin – Doctor of Agricultural Sciences sciences, professor Department of Plant Growing, Breeding and Genetics;

A.G. Subbotin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Genetics;

Z.N. Mukhatova – Assistant of the Department of Plant Growing, Breeding and Genetics;

N.A. Shyurova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Genetics;

A.F. Sugrobov – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agriculture, Land Reclamation and Agrochemistry;

M.S. Serebryakova – Master Student of the Department of Plant Growing, Breeding and Genetics.

Научная статья

УДК 632.51:581.93 (470.322)

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-85-91

ВИДОВОЙ СОСТАВ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ ПОЛЕВЫХ ДОРОГ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ХОЗЯЙСТВ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Мысник Евгения Николаевна¹, Захаров Вячеслав Леонидович²✉

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
Санкт-Петербург, Россия

²Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

¹vajra-sattva@yandex.ru

²zaxarov7979@mail.ru✉

Аннотация. Цель исследования – выявление видового состава сорных растений полевых дорог в агроэкоecosистемах хозяйств на территории Липецкой области и его особенностей. Объект исследования – видовой состав сорных растений. Материалы собраны в ходе маршрутного обследования полевых дорог в агроэкоecosистемах хозяйств. Проведено: систематизация данных мониторинга, флористический анализ видового состава. Выявлено 170 видов из 125 родов и 31 семейства. Выделено 10 семейств, лидирующих по количеству родов и видов. Проведены расчет встречаемости видов и оценка ее постоянства. Преобладают виды, имеющие низкие показатели встречаемости (94,15 % видового состава). Выделена группа из 10 видов-доминант. Выделена группа из 11 сопутствующих видов. Выявлена взаимосвязь между сорными растениями полей и полевых дорог в хозяйствах (8 из 10 ведущих по численности семейств являются таковыми и на полях; все виды из группы доминирующих на полях региона присутствуют на полевых дорогах).

Ключевые слова: агроэкоecosистема, сорное растение, полевые дороги, видовой состав, таксономическая структура, доминирующий вид, сопутствующий вид.

Благодарности: исследования выполнены в рамках государственного задания согласно бюджетному проекту ВИЗР по теме № FGEU-2022-0002.

Для цитирования: Мысник Е.Н., Захаров В.Л. Видовой состав сорных растений полевых дорог в агроэкоecosистемах хозяйств Липецкой области // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. №3(29). С.85-91. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-85-91>.

Original article

SPECIES COMPOSITION OF WEEDS OF FIELD ROADS IN AGROECOSYSTEMS OF LIPETSK REGION FARMS

Evgenia N. Mysnik¹, Vyacheslav L. Zakharov²✉

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

²Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

¹vajra-sattva@yandex.ru

²zaxarov7979@mail.ru✉

Abstract. The purpose of the study is to identify the species composition of weeds of field roads in agroecosystems of farms in the Lipetsk region and its features. The object of the study is the species composition of weeds. The materials were collected during a route survey of field roads in agroecosystems of farms. Systematization of monitoring data, floristic analysis of species composition was carried out; 170 species from 125 genera and 31 families were identified. Ten families were identified, including the largest number of genera and species. The species occurrence was calculated and its persistence was assessed. Species with low occurrence rates prevail (94.15% species composition). A group of 10 dominant species has been identified. A group of 11 concomitant species has been identified. The relationship between weeds of fields and field roads in farms was revealed (8 out of 10 leading families are also in the fields; all species from the group dominant in the fields of the region are present on field roads).

Keywords: *agroecosystem, weed, field roads, species composition, taxonomic structure, dominant species, concomitant species.*

Acknowledgements: *the research was carried out within the framework of a state assignment in accordance with the VIZR budget project on topic No. FGEU-2022-0002.*

For citation: *Mysnik E.N., Zakharov V.L. Species composition of weeds of field roads in agroecosystems of Lipetsk region farms. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2023, no. 3(29), pp.85-91. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-85-91>.*

Введение

Полевые дороги являются неотъемлемой частью агроэкосистемы любого хозяйства. По ним происходит перемещение сельскохозяйственной техники и различных грузов, осуществляется связь между полями. Следовательно, посредством полевых дорог происходит и перемещение сорняков в пределах хозяйства. Несмотря на это, научные исследования по сорным растениям в Липецкой области были сосредоточены только на видах, засоряющих различные сельскохозяйственные культуры [2, 3, 4, 5]. Поэтому цель исследования – выявление видового состава сорных растений полевых дорог в агроэкосистемах хозяйств на территории Липецкой области и его особенностей.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования является видовой состав сорных растений, полевых дорог в агроэкосистемах хозяйств на территории Липецкой области. Материалами для проведения анализа послужили данные фитосанитарного мониторинга территории Липецкой области в отношении сорных растений, осуществленного в 2016 – 2018 гг. [10, 13, 14]. Обследование полевых дорог проведено в соответствии с методикой изучения распространенности видов сорных растений [8]. Данные проведенного мониторинга прошли цифровизацию, систематизацию и подготовку к последующему анализу при помощи герботологической базы данных «Сорные растения Российской Федерации на разных типах местообитаний» [11]. Таксономическая структура видового состава сорных растений установлена методом флористического анализа [12, 15]. Ботаническая номенклатура приведена в соответствии с современными научными источниками [8]. Проведена математическая обработка данных: для каждого вида рассчитана встречаемость [9], и проведена оценка ее постоянства по методике Казанцевой А.С. [4].

Результаты исследований и их обсуждение

Проанализированы данные, полученные при обследовании полевых дорог. На полевых дорогах в хозяйствах Липецкой области обнаружены 170 видов сорных растений из 125 родов и 31 семейства. Распределение видов сорных растений по указанному 31 семейству неодинаковое. Больше всего видов, из обнаруженных на полевых дорогах, входят в первые 10 семейств спектра (Сложноцветные, Злаки, Крестоцветные, Бобовые, Губоцветные, Бурачниковые, Гречиховые, Зонтичные, Гвоздичные, Розоцветные). Их доля от всех обнаруженных видов составляет 77,06 %. Маловидовые семейства (1 – 2 вида в семействе) составляют 41,94 % семейственного спектра. Среднее количество видов в семействе – 5,48 (табл. 1).

Роды сорных растений также распределены по 31 семейству неодинаково. Наибольшую родовую представленность на обследованных полевых дорогах имеют те же 10 семейств и в том же порядке, что для семейственно-видового спектра. Их доля от всех обнаруженных видов составляет 77,60 %. Малородовые семейства (1 – 2 рода в семействе) составляют 64,52 % семейственно-родового спектра. Среднее количество родов в семействе – 4,03. Распределение видов по родам также неодинаковое. Среднее количество видов в роде – 1,36. Наибольшее количество видов имеют 10 родов: клевер (*Trifolium*) – 6 видов; мятлик (*Poa*) – 5 видов; горошек (*Vicia*) – 4 вида; колокольчик (*Campanula*), молочай (*Euphorbia*), пикульник (*Galeopsis*), чистец (*Stachys*), мальва (*Malva*), подорожник (*Plantago*), подмаренник (*Galium*) – по 3 вида.

Таблица 1. Таксономическая структура видового состава сорных растений полевых дорог (Липецкая область, 2016 – 2018 гг.)

Русское название семейства	Латинское название семейства	Число видов в семействе	Число родов в семействе
Сложноцветные	<i>Compositae</i> Giseke	34	24
Злаки	<i>Gramineae</i> Juss.	24	17
Крестоцветные	<i>Cruciferae</i> Juss.	17	15
Бобовые	<i>Leguminosae</i> Juss.	17	8
Губоцветные	<i>Labiatae</i> Juss.	11	7
Бурачниковые	<i>Boraginaceae</i> Juss. (incl. <i>Hydrophyllaceae</i> R. Br.)	7	7
Гречиховые	<i>Polygonaceae</i> Juss.	6	5
Зонтичные	<i>Umbelliferae</i> Juss.	5	5
Гвоздичные	<i>Caryophyllaceae</i> Juss.	5	5
Розоцветные	<i>Rosaceae</i> Adans.	5	4
Норичниковые	<i>Scrophulariaceae</i> Juss. s. l. (incl. <i>Orobanchaceae</i> Vent.)	3	3
Маревые	<i>Chenopodiaceae</i> Vent.	3	2
Молочайные	<i>Euphorbiaceae</i> Juss.	3	1
Мареновые	<i>Rubiaceae</i> Juss.	3	1
Подорожниковые	<i>Plantaginaceae</i> Juss.	3	1
Колокольчиковые	<i>Campanulaceae</i> Juss.	3	1
Мальвовые	<i>Malvaceae</i> Juss.	3	1
Гераниевые	<i>Geraniaceae</i> Juss.	3	2
Лютиковые	<i>Ranunculaceae</i> Juss.	2	2
Пасленовые	<i>Solanaceae</i> Juss.	2	2
Кленовые	<i>Aceraceae</i> Juss.	1	1
Луковые	<i>Alliaceae</i> J. Agardh	1	1
Ворсянковые	<i>Dipsacaceae</i> Juss.	1	1
Амарантовые	<i>Amaranthaceae</i> Juss.	1	1
Хвощевые	<i>Equisetaceae</i> Michx. ex DC.	1	1
Вьюнковые	<i>Convolvulaceae</i> Juss.	1	1
Зверобоевые	<i>Hypericaceae</i> Juss.	1	1
Повиликовые	<i>Cuscutaceae</i> Dumort.	1	1
Маковые	(<i>Papaveraceae</i> Juss. (incl. <i>Fumariaceae</i> DC.))	1	1
Кипрейные	<i>Onagraceae</i> Juss.	1	1
Фиалковые	<i>Violaceae</i> Batsch	1	1

Исследованиями других ученых [6] была выявлена группа из 10 ведущих по численности семейств сорных растений на полях в Липецкой области. Состав этой группы был сопоставлен с составом выявленной в представленном исследовании группы из 10 ведущих по численности семейств для полевых дорог. По результатам сравнения этих 2 групп установлено, что 8 семейств выходят в лидеры по численности как на полях, так и на полевых дорогах. Это семейства Сложноцветные, Злаки, Крестоцветные, Бобовые, Губоцветные, Бурачниковые, Гречиховые, Гвоздичные. Семейства Зонтичные и Розоцветные утрачивают свое значение на полях и замещаются семействами Молочайные и Мареновые. Для каждого зарегистрированного вида сорного растения была рассчитана его встречаемость на обследованных полевых дорогах в хозяйствах Липецкой области. Соответственно значениям показателя встречаемости, виды были распределены по классам постоянства (I класс – встречаемость 0,01 – 20,99 %; II класс – встречаемость 21,00 – 40,99 %; III класс – встречаемость 41,00 – 60,99 %; IV класс – встречаемость 61,00 – 80,99 %; V класс – встречаемость 81,00 – 100 %).

Далее были рассчитаны доли видов каждого класса постоянства встречаемости. Подавляющее большинство (94,15 %) зарегистрированных на обследованных полевых дорогах видов сорных растений имеют показатели встречаемости низких классов постоянства (I класс –

87,72 %, II класс – 6,43 %). Доля видов сорных растений, относящихся к группе классов высокого постоянства встречаемости (5,84 %), очень мала (III класс – 4,09 %, IV класс – 1,76 %). Наибольшее значение при формировании засоренности имеют виды сорных растений, относящиеся по показателям встречаемости к классам высокого постоянства (III, IV, V классы). Такие виды образуют группу доминирующих по встречаемости видов. Группа доминирующих по встречаемости видов сорных растений на обследованных полевых дорогах в хозяйствах Липецкой области образована 10 видами, относящимися к III и IV классам постоянства встречаемости. Видов, имеющих встречаемость V класса постоянства, не выявлено. Встречаемость IV класса постоянства на обследованных полевых дорогах в хозяйствах Липецкой области имеют 3 вида сорных растений (после названия вида указана его встречаемость): горец птичий (*Polygonum aviculare* L.) – 79,49 %, вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) – 65,81 %, трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) – 64,10 %.

Замечено, что показатель встречаемости одного из видов сорных растений (горец птичий), относящегося к IV классу постоянства, близок к значению, являющемуся порогом для перехода вида в V класс постоянства встречаемости. Встречаемость горца птичьего на полевых дорогах в хозяйствах Липецкой области составила 79,49 %.

Встречаемость III класса постоянства на обследованных полевых дорогах имеют 7 видов сорных растений (после названия вида указана его встречаемость): пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) – 58,97 %, ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) – 55,56 %, щирица назадзапрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.) – 48,72 %, марь белая (*Chenopodium album* L.) – 47,01 %, цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.) – 43,59 %, полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.) – 43,59 %, одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) – 41,03 %.

Показатель встречаемости одного из видов сорных растений (пастушья сумка обыкновенная), относящегося к III классу постоянства, близок к значению, являющемуся порогом для перехода вида в IV класс постоянства встречаемости. Встречаемость пастушьей сумки обыкновенной на полевых дорогах в хозяйствах Липецкой области составила 58,97 %. Другая группа видов отмечалась при обследовании полевых дорог не так часто, как виды, относящиеся к III и IV классам постоянства. Их встречаемость была ниже, чем у доминирующих видов. Поэтому они играют в составе сорняков полевых дорог второстепенную роль и являются видами, сопутствующими по встречаемости. В эту группу входят 11 видов сорных растений, имеющих встречаемость II класса постоянства (после названия вида указана его встречаемость): мальва маленькая (*Malva pusilla* Smith.) – 35,90 %, мятлик луговой (*Poa pratensis* L.) – 34,19 %, костер ржаной (*Bromus secalinus* L.) – 34,19 %, полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.) – 31,62 %, подорожник большой (*Plantago major* L.) – 30,77 %, пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) – 30,77 %, бодяк седой (*Cirsium incanum* (S.G. Gmel.) Fisch.) – 27,35 %, латук дикий (*Lactuca serriola* L.) – 26,50 %, чистец однолетний (*Stachys annua* (L.) L.) – 25,64 %, сокирки великолепные (*Consolida regalis* S.F. Gray) – 23,93 %, редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.) – 21,37 %. В хозяйствах Липецкой области основная часть обнаруженных на полевых дорогах видов сорных растений характеризуется низкими показателями встречаемости. Показатели встречаемости от 0,85 % до 20,51 % позволяют включить эти 150 видов только в I класс постоянства. На обследованных полевых дорогах они являются самой непостоянной частью видового состава. Внутри I класса можно выделить подгруппу из 19 видов, имеющих встречаемость выше 10 %. Это молочай прутьевидный (*Euphorbia virgata* Waldst. et Kit.) – 20,51 %, гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve) – 19,66 %, смолевка луговая (*Silene pratensis* (Rafn) Godr.) – 18,80 %, овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) – 18,80 %, ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.) – 17,95 %, лебеда раскидистая (*Atriplex patula* L.) – 17,95 %, дымянки лекарственная (*Fumaria officinalis* L.) – 16,24 %, подорожник средний (*Plantago media* L.) – 13,68 %, подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.) – 16,24 %, тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) – 13,68

%, овсюг обыкновенный (*Avena fatua* L.) – 13,68 %, липучка растопыренная (*Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort.) – 13,68 %, фиалка полевая (*Viola arvensis* Murray) – 12,82 %, морковь дикая (*Daucus carota* L.) – 11,97 %, мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.) – 11,97 %, лопух паутинистый (*Arctium tomentosum* Mill.) – 11,11 %, пикульник ладанниковый (*Galeopsis ladanum* L.) – 11,11 %, пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit* L.) – 10,26 %, хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.) – 10,26 %.

Следует отметить, что показатели встречаемости 4 видов сорных растений, относящихся к I классу постоянства встречаемости на обследованных полевых дорогах в хозяйствах Липецкой области, приближаются к пороговому значению для перехода этих видов во II класс постоянства встречаемости и, следовательно, в группу сопутствующих по встречаемости видов. Это молочай прутьевидный (встречаемость 20,51 %), гречишка вьюнковая (встречаемость 19,66 %), смолевка луговая (встречаемость 18,80 %), овсяница луговая (встречаемость 18,80 %). Затем были рассчитаны доли видов сорных растений по продолжительности жизни для разных групп: доминирующие виды, сопутствующие виды, все зарегистрированные виды. Процент малолетних видов выше как для всех зарегистрированных видов в целом (53,22 %), так и для доминирующих видов (60,00 %). В группе сопутствующих преобладают многолетние виды (54,55 %).

С позиции защиты растений важным вопросом было выявление присутствия на полевых дорогах хозяйственно значимых в Липецкой области видов сорных растений (видов, являющихся сорняками в посадках и посевах сельскохозяйственных культур).

По данным исследований [6, 7], на полях Липецкой области доминантами являются 7 видов сорных растений: марь белая, пикульник обыкновенный, вьюнок полевой, фиалка полевая, ежовник обыкновенный, подмаренник цепкий, бодяк седой. Все эти виды были зарегистрированы с разной степенью присутствия на обследованных полевых дорогах.

На полевых дорогах в доминирующие также вышли 3 вида сорных растений (марь белая, ежовник обыкновенный, вьюнок полевой). Еще 1 вид сорного растения из группы доминант (бодяк седой) на обследованных полевых дорогах вошел в группу сопутствующих. Изредка регистрировались на полевых дорогах еще 3 вида сорных растений (подмаренник цепкий, пикульник обыкновенный, фиалка полевая) из группы доминант.

Выводы

1. На территории Липецкой области при обследовании полевых дорог в агроэкосистемах хозяйств обнаружено 170 видов сорных растений из 125 родов и 31 семейства.

2. Подавляющее большинство (94,15 %) зарегистрированных на полевых дорогах видов сорных растений имели показатели встречаемости низких классов постоянства.

3. Малолетние виды сорных растений преобладали среди доминирующих видов (53,22 %) и полного видового состава сорных растений полевых дорог (60,00 %). Многолетние виды (54,55 %) преобладали в группе сопутствующих.

4. Наиболее постоянная часть видового состава образована группой из 10 видов-доминант, характеризующихся встречаемостью классов высокого постоянства. Именно эта группа видов чаще всего отмечалась на полевых дорогах при обследованиях. Одиннадцать сопутствующих видов по причине более низкой встречаемости, чем у доминант, играют роль дополняющего сорного компонента полевых дорог.

5. Все виды сорных растений, являющиеся доминирующими на полях Липецкой области, были зарегистрированы с разной степенью присутствия на обследованных полевых дорогах. При этом 57,14 % этих видов вошли в группы доминирующих и сопутствующих на полевых дорогах.

6. Результаты проведенных исследований продемонстрировали наличие взаимосвязи между полями и полевыми дорогами в агроэкосистемах хозяйств Липецкой области посредством сорных растений. Показанная взаимосвязь делает необходимым фитосанитарный мо-

нитинг в отношении сорных растений не только для полей, но и для полевых дорог как мест распространения сорных растений в хозяйствах.

Список источников

1. Алиев Т.Г. Рекомендации по борьбе с сорняками в плодово-ягодных насаждениях Центрально-Черноземной зоны России // Научно обоснованные системы применения гербицидов для борьбы с сорняками в практике растениеводства: матер. 3-го Межд. науч.-произв. совещ. (Голицыно, ВНИИФ, 20-21 июля 2005). Голицыно: ВНИИФ, 2005. С. 304-330.
2. Бобрович Л.В., Андреева Н.В. Сорная растительность в садовых агроценозах // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 4. Порядковый номер: 51.
3. Дудкин И.В., Шмат З.М. Эволюция сорного компонента агрофитоценозов Центрально-Черноземной зоны // Земледелие. 2006. № 4. С. 34-36.
4. Казанцева А.С. Основные агрофитоценозы предкамских районов ТАССР // Вопросы агрофитоценологии. Казань, 1971. С. 10-74.
5. Лунева Н.Н. Видовой состав сорных растений в агрофитоценозах зерновых культур в географически отдаленных областях: Ленинградской (Северо-Западный регион) и Липецкой (Центрально-Черноземный регион) // Научные труды по агрономии. 2020. № 2 (4). С. 9-16.
6. Лунева Н.Н. Прогноз распространения доминирующих видов сорных растений на сегетальных и рудеральных местообитаниях в агроклиматических районах Липецкой области // Агропромышленные технологии центральной России. 2020. № 16. С. 84-97.
7. Лунева Н.Н., Мысник Е.Н. Методика изучения распространенности видов сорных растений // Методы фитосанитарного мониторинга и прогноза. Санкт-Петербург, 2012. С. 85-92.
8. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. Москва: Тов-во науч. изд. КМК, 2014. 635 с.
9. Марков М.В. Агрофитоценология. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1972. 272 с.
10. Мысник Е.Н., Захаров В.Л., Щучка Р.В. Рудеральный компонент сорной растительности агроэкосистем юго-западной части Липецкой области // Агропромышленные технологии центральной России. 2016. № 2. С. 81-90.
11. Мысник Е.Н., Лунева Н.Н. «Сорные растения Российской Федерации на разных типах местообитаний». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622271. Дата регистрации в Реестре баз данных 13 ноября 2020 г.
12. Определитель сорняков Центрального Черноземья / К.И. Александрова, Г.И. Барабаш, Г.М. Камаева, Н.С. Камышев. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1975. 276 с.
13. Рудеральная составляющая сорной флоры агроэкосистем северо-восточной части Липецкой области / Е.Н. Мысник, Р.В. Щучка, В.Л. Захаров, Б.А. Сотников, В.А. Кравченко // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (57). С. 28 – 34.
14. Сорные растения рудерального компонента агроэкосистем юго-востока Липецкой области / Е.Н. Мысник, В.Л. Захаров, Р.В. Щучка, Б.А. Сотников, В.А. Кравченко // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (60). С. 31-39.
15. Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск: Наука, 1986. 195 с.

References

1. Aliev T.G. Recommendations for weed control in fruit and berry plantations of the Central Chernozem zone of Russia. Scientifically based systems for the use of herbicides for weed control in the practice of crop production: Materials of the 3rd International Scientific and Production Meeting on July 20-21, 2005, Golitsyno: All-Russian Research Institute of Phytopathology Publ., 2005, pp. 304-330.
2. Bobrovich L.V., Andreeva N.V. Weed vegetation in garden agrocenoses. Science and Education, 2021, vol. 4, no. 4, article number 51.

3. Dudkin I.V., Shmat Z.M. Evolution of the weed component of agrophytocenoses of the Central Chernozem zone. Agriculture, 2006, no. 4, pp. 34-36.
4. Kazantseva A.S. Basic agrophytocenoses of Cis-Kama regions of Tataria. Questions of agrophytocenology. Kazan, 1971, pp. 10-74.
5. Luneva N.N. Species composition of weeds in agrophytocenoses of grain crops in geographically remote regions: Leningrad (North-Western region) and Lipetsk (Central Chernozem region). Scientific works on agronomy, 2020, no. 2 (4), pp. 9-16.
6. Luneva N.N. Forecast of the distribution of dominant weed species on segetal and ruderal habitats in agro-climatic areas of the Lipetsk region. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2020, no. 16, pp. 84-97.
7. Luneva N.N., Mysnik E.N. Methodology for studying the prevalence of weed plant species. Methods of phytosanitary monitoring and forecasting. Saint Petersburg, 2012, pp. 85-92.
8. Maevskij P.F. Flora of the middle zone of the European part of Russia. Moscow: Comrade Scientific ed. KMK Publ, 2014. 635 p.
9. Markov M.V. Agrophytocenology. Kazan: Kazan University Publ., 1972. 272 p.
10. Mysnik E.N., Zakharov V.L., Shchuchka R.V. Ruderal component of weed vegetation of agroecosystems of the south-western part of the Lipetsk region. Agro-industrial technologies of Central Russia, 2016, no. 2, pp. 81-90.
11. Mysnik E.N., Luneva N.N. «Weeds of the Russian Federation on different types of habitats». Certificate of state registration of the database № 2020622271. The date of registration in the Database Registry is November 13, 2020.
12. The determinant of weeds of the Central Chernozem region. K.I. Aleksandrova, G.I. Barabash, G.M. Kamaeva, N.S. Kamyshev. Voronezh: Voronezh State University Publ., 1975. 276 p.
13. Ruderal component of weed flora of agroecosystems in the northeastern part of the Lipetsk region. E.N. Mysnik, R.V. Shchuchka, V.L. Zakharov, B.A. Sotnikov, V.A. Kravchenko. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University, 2018, no. 2 (57), pp. 28-34.
14. Weeds of the ruderal component of agroecosystems in the southeast of the Lipetsk region. E.N. Mysnik, V.L. Zakharov, R.V. Shchuchka, B.A. Sotnikov, V.A. Kravchenko. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University, 2019, no. 1 (60), pp. 31-39.
15. Tolmachev A.I. Methods of comparative floristics and problem of florogenesis. Novosibirsk: Nauka Publ., 1986. 195 p.

Информация об авторах

Е.Н. Мысник – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитосанитарной диагностики и прогнозов;

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

Information about the authors

E. N. Mysnik – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Phytosanitary Diagnostics and Forecasts;

V. L. Zakharov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products.

Научная статья

УДК 634.11: 631.541.11: 547.973

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-92-98

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ АНТОЦИАНОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ПОБЕГАХ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ

Тарова Зинаида Николаевна¹, Дубровский Максим Леонидович²,
Соловьев Александр Валерьевич³, Пальчиков Евгений Владимирович⁴✉

^{1,2,4}Мичуринский государственный аграрный университет, Тамбовская область, Мичуринск,
Россия

³РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

¹tarovaz@mail.ru

²element68@yandex.ru

³vladsoloviev@yandex.ru

⁴evgeniy.palchikov.79@yandex.ru✉

Аннотация: Многие клоновые подвои яблони, полученные в результате многолетней селекционной работы в ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, обладают генетически обусловленной способностью к биосинтезу антоцианов. Пигменты данной группы широко распространены и синтезируются большим количеством растений, особенно в стрессовых ситуациях. По большей части пигменты накапливаются в зрелых плодах. Многие клоновые подвои яблони, полученные в Мичуринском ГАУ (Парадизка Будаговского, 54-118, 62-396, 70-20-20, 98-7-77 и другие) синтезируют пигменты во всех вегетативных и генеративных частях – «краснолистные». При производстве посадочного материала образуется большое количество отходов в виде однолетних побегов клоновых подвоев яблони, которые рассматриваются в качестве сырья для производства пищевых красителей антоцианов. В лабораторных условиях ФГБОУ ВО «ТГТУ» был проведен качественный анализ антоцианов клоновых подвоев яблони селекции ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, и установлено, что он соответствует составу производимых в стране антоциановых красителей из плодов и ягод, и основными пигментами клоновых подвоев яблони являются цианидин и дельфинидин.

Ключевые слова: пищевые красители, антоцианы, яблоня, подвои, сырье.

Для цитирования: Качественный состав антоцианов, содержащихся в побегах клоновых подвоев яблони» / З.Н. Тарова, М.Л. Дубровский, А.В. Соловьев, Е.В. Пальчиков // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С. 92–98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-92-98>.

Original article

THE QUALITATIVE COMPOSITION OF ANTHOCYANINS CONTAINED IN SHOOTS OF CLONAL ROOTSTOCKS OF APPLE TREES

Zinaida N. Tarova¹, Maksim L. Dubrovsky², Alexander V. Soloviev³, Evgeniy V. Palchikov⁴✉

^{1,2,4}Michurinsk State Agrarian University, Tambov Region, Michurinsk, Russia

³RGU-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

¹tarovaz@mail.ru

²element68@yandex.ru

³vladsoloviev@yandex.ru

⁴evgeniy.palchikov.79@yandex.ru✉

Abstract: Many clone rootstocks of apple trees obtained as a result of long-term breeding work in the Michurinsky State Agrarian University have a genetically determined ability to biosynthesis of anthocyanins. Pigments of this group are widely distributed and synthesized by a large number of plants, especially in stressful situations. For the most part, pigments accumulate in mature fruits. Many clonal rootstocks of ap-

ple trees obtained in Michurinsky GAU (Paradizka Budagovsky, 54-118, 62-396, 70-20-20, 98-7-77 and others) synthesize pigments in all vegetative and generative parts – «red-leaved». During the production of planting material, a large amount of waste is generated in the form of annual shoots of clonal apple rootstocks, which are considered as raw materials for the production of anthocyanin food dyes. A qualitative analysis of anthocyanins of clone rootstocks of apple trees selected by the Michurinsky State Agrarian University was carried out in the laboratory conditions of the TSTU, and it was found that it corresponds to the composition of anthocyanin dyes produced in the country from fruits and berries, and the main pigments of clone rootstocks of apple trees are cyanidin and delphinidin.

Keywords: food dyes, anthocyanins, apple tree, rootstock, raw materials.

For citation: Qualitative composition of anthocyanins contained in the shoots of clonal rootstocks of apple trees". Z.N. Tarova, M.L. Dubrovsky, A.V. Solovyov, E.V. Palchikov. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 3(29), pp. 92-98. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-92-98>.

Введение

Мы, как потребители, привыкли к тому, что каждый продукт окрашен в специфический цвет, с которым связаны наши восприятия пригодности, качеств, свойств, полезности или, напротив, степени вредности и опасности. Палитра окрашенных продуктов стремительно расширяется. Никого уже не удивляют окрашенные в голубой, синий и фиолетовые цвета мороженое и напитки.

Чаще всего цвет продукта обеспечивается введением в состав красителей, которые по составу могут быть природными или искусственными. Европейским советом разработана система цифровой кодификации, включенная в кодекс ВОЗ-ФАО для пищевых добавок, в том числе и пищевых красителей. Каждой пищевой добавке присвоен номер из 3-4 цифр, которые используются с названием функциональных классов. Для пищевых красителей предусмотрены трехзначные индексы, начинающиеся с цифры 1 [3].

Индексом E 163 обозначены антоцианы – пищевые красители натурального происхождения, окрашенные в красно-фиолетовый цвет. И хотя среди технологов бытует мнение, что качественных, стойких натуральных красителей в настоящее время не найдено, в последнее время возрос интерес к натуральному питанию и, в том числе, к натуральным красителям, к которым относятся антоцианы. Научный и практический интерес к этим веществам особенно велик в связи с использованием их в качестве безопасных пищевых красителей, обладающих антиоксидантной активностью. Этот факт способствует постоянному расширению знаний об источниках получения пигмента, биохимическом составе, его регуляции, а также областях применения пигментов в пищевой, фармацевтической промышленности и медицине [6].

Имеется большое количество работ, посвященных исследованиям содержания и свойств антоциановых пигментов смородины черной, малины, бузины черной, винограда и других ягодных культур. Причем, предлагается их использование в виде порошков, концентратов без непосредственного выделения пигментов, либо в виде сырья с последующей экстракцией и очисткой конечного продукта – красителя антоциана [3, 6-8, 10, 12].

Все перечисленные продукты, кроме того, что могут быть использованы в качестве сырья для получения красящих веществ, являются ценными пищевыми продуктами, нехватка которых в питании населения нашей страны отмечается многими исследователями [4].

Еще один важный вопрос – российский рынок пищевых красителей импортозависим. Большинство добавок не производятся в РФ и закупаются из-за рубежа.

В контексте изложенного, необходим поиск сырья, богатого биологически активными веществами, но в то же время не являющегося непосредственно пищевыми продуктами. Изучение растений с высоким эндогенным уровнем пигментов, поиск новых источников физиологически активных соединений является актуальным для пищевой и фармакологической промышленности в связи с перспективой практического использования растительных объектов для выделения метаболитов и получения на их основе биологически активных растительных продуктов, обладающих высоким фармакологическим и медицинским эффектом.

В этом плане для исследования особый интерес могут представлять клоновые подвои

яблони, полученные в Мичуринском государственном аграрном университете в процессе многолетней селекции, начатой еще И.В. Мичуриным.

Морфобиологические особенности клоновых подвоев селекции ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ связаны с уникальностью их происхождения. В процессе селекции ученые использовали в качестве родительских форм различные виды и сорта яблони. Некоторые из них, в частности яблоня Недзвецкого (*Malus niedzwetzkyana* Dieck., или *M. pumila* var. *niedzwetzkyana* Hemsl.), обладают интенсивной антоциановой окраской всех тканей растения. Этот признак был унаследован многими гибридными формами, районированными и перспективными подвоями (Парадизка Будаговского, 62-396, 54-118 и др.). [5, 9].

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что целью наших исследований являлся анализ качественного состава антоцианов в однолетних побегах клоновых подвоев яблони в связи с их возможным применением в качестве сырья для получения пищевых красителей.

Материалы и методы исследований

Выращивание клоновых подвоев и полевые наблюдения проводились в 2020-2022 годах в маточнике клоновых подвоев яблони НОЦ им. В.И. Будаговского ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, расположенного вблизи г. Мичуринска Тамбовской области.

Биологическими объектами исследований служили клоновые подвои яблони, полученные в результате многолетней селекционной работы в ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ (рис. 1, 2; номера подвойных форм приведены в табл. 1, 2).

Подвои высажены по схеме 150x30 см (22 тыс. растений на 1 га) в маточнике конкурсного изучения, расположенного на территории структурного подразделения Мичуринского ГАУ – Научно-образовательного центра (НОЦ) имени В.И. Будаговского. Лабораторные исследования проводились в лабораториях ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ.



Рисунок 1. Краснолиственный клоновый подвой яблони 98-7-77



Рисунок 2. Краснолиственный клоновый подвой яблони 2-12-10

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ качественного состава антоцианов в основных органах однолетних побегов маточных кустов, листьях и стебле в 2020 году показал, что антоцианы изучаемых подвоев были представлены тремя группами: цианидины, мальвидины, пеонидины (таблица 1).

Как уже указывалось выше, при анализе литературных источников, при том, что антоциановых соединений около 600, источником для их синтеза являются шесть основных антоцианидинов: пеларгонидин, цианидин, пеонидин, дельфинидин, петунидин и мальвидин [2, 10].

При анализе антоцианов, синтезирующихся в тканях клоновых подвоев яблони, было установлено присутствие трех из шести основных групп – цианидины, мальвидины и пеонидины (таблица 1). Цианидин и мальвидин имеют пурпурную окраску, пеонидин – пурпурно-синюю.

Таблица 1. Качественный состав антоцианов в побегах клоновых подвоев яблони (октябрь, 2020 г.)

№	Подвой, часть побега		Качественный состав антоцианов		
			Цианидин-3,5-диглюкозид	Мальвидин-3,5-диглюкозид	Пеонидин-3,5-диглюкозид
1	62-396	лист	+	+	+
		стебель	+	+	+
2	54-118	лист	+	+	+
		стебель		+	+
3	98-7-77	лист	+	+	+
		стебель	+	+	+
4	МБ	лист	+	+	+
		стебель	+	+	+
5	2-12-10	лист	+	+	+
		стебель		+	+

Исследованиями ученых установлено, что в процессе метаболизма цианидин является предшественником пеонидина, а на основе дельфинидина синтезируются петунидин и мальвидин [10]. Учитывая этот факт, стоит предположить, что основными пигментами клоновых подвоев яблони являются цианидин и дельфинидин.

И если в 2020 году дельфинидин не обнаруживался в изучаемой группе подвоев, и мы видели только его производную – мальвидин (таблица 1), то в 2021 году в некоторых подвойных формах, включенных дополнительно в опыт, при анализе был обнаружен и дельфинидин (таблица 2). Стабильным в оба года наблюдений остается присутствие цианидина.

Качественный состав антоцианов изучаемых клоновых подвоев соответствует составу производимых в стране антоциановых красителей из плодов и ягод. Так, в состав антоцианов черной смородины, ягоды которой наиболее часто используются для получения красителей, входят 3-глюкозиды и 3-рутинозиды дельфинидина и цианидина [11].

Антоцианы наиболее богатой этим пигментом культуры – аронии черноплодной представлены цианидин-3-гликозидами, цианидин-3-арабинозидами, цианидин 3-галактозидами и цианидин-3-ксилозидами [12].

Таблица 2. Качественный состав антоцианов в однолетних побегах клоновых подвоев яблони (октябрь 2021 г.)

Подвой, стебель	Содержание антоцианов, мг/100 г	Качественный состав антоцианов
54-118	170,83	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
62-396	68,55	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
МБ	66,64	Цианидин-3,5-диглюкозид

		Пеонидин-3,5-диглюкозид
98-7-77	153,88	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
2-9-56	305,87	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид Дельфинидин-3,5-диглюкозид
2-12-10	106,73	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
2-12-36	134,62	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
9-1-2	196,32	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид
9-1-3	196,20	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид Дельфинидин-3,5-диглюкозид
9-1-9	130,95	Цианидин-3,5-диглюкозид Пеонидин-3,5-диглюкозид Дельфинидин-3,5-диглюкозид

Выводы

При скрещивании в процессе выведения клоновых подвоев были использованы виды яблонь, обладающих генетической особенностью синтеза антоцианов во всех частях растения: яблоня Недзвецкого (*Malus niedzwetzkyana* Dieck., или *M. pumila* var. *niedzwetzkyana* Hemsl.), яблоня пурпурная (*Malus purpurea* Rehd.), яблоня кроваво-красная (*Malus atrosanguinea* Spaeth.). Гены, отвечающие за синтез антоциановых пигментов, были унаследованы большинством гибридных форм, которые имеют фенотипическое проявление признака синтеза антоцианов (краснолистные).

Качественный состав антоцианов изучаемых клоновых подвоев соответствует составу производимых в стране антоциановых красителей из плодов и ягод. Количественный и качественный состав антоцианов даже у растений с высоким генетически обусловленным синтезом пигментов может изменяться в широких пределах в зависимости от времени и внешних воздействий.

Список источников

1. Антоцианы плодов растений: опыт экстракции и сушки / В.И. Дейнека [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. №4. С. 28-31.
2. Арония черноплодная: биологическая активность и перспективы использования в медицине / И.В. Сафронова [и др.] // Инновации и продовольственная безопасность. 2014. №3. С. 32-43.
3. Болотов В.М., Нечаева, Л.А., Сафронова А.П. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение. Санкт-Петербург.: ГИОРД, 2008. 240 с.
4. Гудковский, В.А. Каширская Н.Я., Цуканова Е.М. Стресс плодовых растений. Воронеж: Кварта, 2005. 128 с.
5. Клоновые подвои яблони селекции Мичуринского государственного аграрного университета как источник получения антоциановых красителей / З.Н. Тарова, М.Л. Дубровский, Л.В. Бобрович [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 4(63). С. 30-35.
6. Кононова Е.Т., Гусева Т.А, Белоусова Н.В. Цвет – раньше, чем вкус. О пищевых красителях и не только. Санкт-Петербург: Страта, 2019. 204 с.
7. Коренская И.М. Ивановская И.П., Колосова О.А. Биологически активные вещества, входящие в состав лекарственного растительного сырья. Воронеж: Издательство Воронежского ГУ. 2016. 66 с.

8. Костенко М.О. Дейнека Л.А. Дейнека Л.А. Инкапсулирование антоцианов плодов бузины черной методом распылительной сушки // Тонкие химические технологии. 2016. №3. С. 58-63.

9. Новые перспективные подвойные формы яблони селекции Мичуринского ГАУ / Н.Л. Чурикова, Р.В. Папихин, А.В. Кружков [и др.] // Агротехнологические процессы в рамках импортозамещения: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы РФ, доктора с.-х. наук, профессора Ю.Г. Скрипникова, Мичуринск, 25–27 октября 2016 года. Мичуринск: Общество с ограниченной ответственностью «БИС», 2016. С. 221-225.

10. Черемуха виргинская как источник биологически активных веществ / И.В. Михайлова [и др.] // Оренбургский медицинский вестник. 2020. № 3. С. 40-45.

11. Шоева О.Ю. Антоцианы-секреты цвета [Электронный ресурс] / Химия и жизнь. 2013. №1. Режим доступа: <https://elementy.ru>.

12. The analysis of the suitability of using waste from the production of planting material for apple trees to obtain natural anthocyanin dyes / Z.N. Tarova, M.L. Dubrovsky, N.L. Churikova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, April 12, 2021. Michurinsk, 2021. Pp. 012143.

References

1. Anthocyanins of plant fruits: experience of extraction and drying. V.I. Deineka [et al.]. Storage and processing of agricultural raw materials, 2006, no. 4, pp. 28-31.

2. Aronia chernoplodnaya: biological activity and prospects of use in medicine. I.V. Safronova [et al.]. Innovations and food security, 2014, no. 3, pp. 32-43.

3. Bolotov V.M., Nechaeva, L.A., Safronova A.P. Food dyes: classification, properties, analysis, application. St. Petersburg: GIORD, 2008. 240 p.

4. Gudkovsky, V.A. Kashirskaya N.Ya., Tsukanova E.M. Stress of fruit plants. Voronezh: Kvant, 2005. 128 p.

5. Clone rootstocks of apple trees of selection of Michurinsky State Agrarian University as a source of anthocyanin dyes. Z.N. Tarova, M.L. Dubrovsky, L.V. Bobrovich [et al.]. Bulletin of Michurinsky State Agrarian University, 2020, no. 4(63), pp. 30-35.

6. Kononova E.T., Guseva T.A., Belousova N.V. Color is earlier than taste. About food dyes and not only. St. Petersburg: Strata, 2019. 204 p.

7. Korenskaya I.M. Ivanovskaya I.P., Kolosova O.A. Biologically active substances that are part of medicinal plant raw materials. Voronezh: Publishing House of Voronezh GU. 2016. 66 p.

8. Kostenko M.O. Deineka L.A. Deineka L.A. Encapsulation of anthocyanins of black elderberry fruits by spray drying. Fine chemical technologies, 2016, no. 3, pp. 58-63.

9. New promising rootstock forms of the Michurinsky GAU apple tree. N.L. Churikova, R.V. Papikhin, A.V. Kruzhhov [et al.]. Agrotechnological processes in the framework of import substitution: Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the birth of the Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Yu.G. Skripnikova, Michurinsk, October 25–27, 2016. Michurinsk: BIS Limited Liability Company, 2016, pp. 221-225.

10. Virgin cherry as a source of biologically active substances. I.V. Mikhailova [et al.]. Orenburg Medical Bulletin, 2020, no. 3, pp. 40-45.

11. Shoeva O.Y. Anthocyanins-secrets of color [Electronic resource]. Chemistry and life, 2013, no. 1, access mode: <https://elementy.ru>.

12. The analysis of the suitability of using waste from the production of planting material for apple trees to acquire natural anthocyanin dyes. Z.N. Tarova, M.L. Dubrovsky, N.L. Churikova [et al.]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, April 12, 2021. Michurinsk, 2021, pp. 012143.

Информация об авторах

З.Н. Тарова – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии;

М.Л. Дубровский – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур;

А.В. Соловьев – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой плодоводства, виноградарства и виноделия;

Е.В. Пальчиков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии.

Information about the authors

Z.N. Tarova – Candidate of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology;

M.L. Dubrovsky – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Horticulture, Biotechnology and Crop Breeding;

A.V. Solovyov – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking;

E.V. Palchikov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology.

АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

AGROENGINEERING SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 66.067

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-99-115

РАЗВИТИЕ МЕМБРАННОЙ ТЕХНИКИ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКУЮ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ НА МЕЖФАЗНОЙ ГРАНИЦЕ «МЕМБРАНА – ИСХОДНЫЙ РАСТВОР»

Ключников Андрей Иванович✉

Московский государственный университет технологий и управления

им. К. Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия

kaivanov@mail.ru✉

Аннотация. Концентрационная поляризация в мембранных процессах разделения и концентрирования рассматривается как неизбежное отрицательное явление, приводящее к снижению удельной пропускной способности мембран вплоть до полной их остановки под воздействием слоя высокой концентрации на межфазной границе «мембрана – исходный раствор». Большое многообразие способов снижения концентрационной поляризации на поверхности мембраны зависит от решающих факторов, обуславливающих вид мембранного процесса, природу обрабатываемой технологической жидкости, организацию гидродинамических условий на межфазной границе, величину поверхностных сил, удерживающих слой высокой концентрации на мембране и т.д. По своей сути, универсальных способов снижения явления концентрационной поляризации на межфазной границе просто не существует, прежде всего, по причине сложности явлений и процессов, происходящих и взаимодействующих друг с другом в примембранной области. Специфика и многокомпонентность состава большинства обрабатываемых с помощью мембран технологических жидкостей диктует свои условия по обеспечению стабильной удельной пропускной способности, отличающиеся воздействием на примембранный слой и, в частности, гидродинамическую структуру потока. В настоящей работе рассматривается научная концепция по созданию мембранной техники с низким уровнем концентрационной поляризации за счет использования различных технических средств, размещаемых в трубчатом мембранном канале и работающих по определенному алгоритму с целью создания контролируемой гидродинамической неустойчивости на межфазной границе «мембрана – исходный раствор».

Ключевые слова: мембрана, межфазная граница, концентрационная поляризация, поверхностные силы, примембранная область, гидродинамическая неустойчивость.

Для цитирования: Ключников А.И. Развитие мембранной техники, реализующей гидродинамическую неустойчивость на межфазной границе «мембрана – исходный раствор» // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С. 99-115. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-99-115>.

Original article

DEVELOPMENT OF MEMBRANE TECHNOLOGY REALIZING HYDRODYNAMIC INSTABILITY AT THE INTERFACE «MEMBRANE – INITIAL SOLUTION»

Andrey I. Klyuchnikov✉

K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), Moscow, Russia

kaivanov@mail.ru✉

Abstract. Concentration polarization in membrane processes of separation and concentration is considered as an inevitable negative phenomenon, leading to a decrease in the specific throughput of mem-

branes up to their complete stop under the influence of a high-concentration layer at the “membrane-initial solution” interface. A wide variety of ways to reduce the concentration polarization on the membrane surface depends on the decisive factors that determine the type of membrane process, the nature of the processed process fluid, the organization of hydrodynamic conditions at the interface, the magnitude of the surface forces that hold the high-concentration layer on the membrane, etc. In essence, there are simply no universal ways to reduce the phenomenon of concentration polarization at the interface, primarily due to the complexity of the phenomena and processes occurring and interacting with each other in the near-membrane region. The specificity and multicomponent nature of the composition of most process fluids processed using membranes dictate their own conditions for ensuring a stable specific throughput, which differ in their effect on the near-membrane layer and, in particular, the hydrodynamic structure of the flow. In this paper, we consider a scientific concept for the creation of membrane technology with a low level of concentration polarization through the use of various technical means placed in a tubular membrane channel and working according to a certain algorithm in order to create a controlled hydrodynamic instability at the “membrane – initial solution” interface.

Keywords: membrane, interface, concentration polarization, surface forces, near-membrane region, hydrodynamic instability.

For citation: Klyuchnikov A.I. Development of membrane technology realizing hydrodynamic instability at the interface «membrane – initial solution». *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 3(29), pp. 99-115. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-99-115>.

Введение

Как показывает отечественный опыт, интенсивность использования мембранных процессов разделения и концентрирования в различных отраслях АПК России постоянно нарастает [1, 9]. Дальнейшее развитие пищевой промышленности видится в привлечении новых прогрессивных и безотходных технологий, к которым и относятся процессы с использованием мембран. Однако существующая техника мембранных технологий, к сожалению, не позволяет в полной мере задействовать направления по совершенствованию процессов обработки жидких технологических сред, т.к. в случае использования полимерных, многоканальных керамических, полволоконных мембран физически невозможно разместить технические средства для создания гидродинамической неустойчивости на межфазной границе «мембрана – продукт». Поэтому приходится прибегать к таким методам интенсификации, которые бы позволили обеспечить воздействие на слой высокой концентрации и удалить его с поверхности мембраны.

Керамические материалы на основе оксидов алюминия, титана, циркония на сегодняшний день являются самыми универсальными материалами в технологии производства пористых структур для мембранных процессов разделения и концентрирования [3, 5]. Следует отметить уникальные свойства получаемых пористых керамических материалов, среди которых прочно занимают место высокая механическая прочность, химическая стабильность к большинству моющих и дезинфицирующих растворов, термическая устойчивость, нейтральность к обрабатываемым технологическим жидкостям и т.д.

Для реализации различных способов интенсификации мембранных процессов гидродинамическими методами необходимо создание пористых трубок относительно большого диаметра для возможности размещения внутри них статических или движущихся по заданному алгоритму турбулизирующих устройств (рис. 1, а), а также пористых структур сложных геометрических форм для создания каналов переменного сечения (рис. 1, б).

В настоящее время процессы создания пористых трубок большого диаметра могут быть реализованы с помощью:

– аддитивных технологий 3D-печати с помощью диоксида циркония, оксида алюминия, нитрида кремния, пористой керамики «Silicore», трикальцийфосфата, гидроксиапатита, нитрида алюминия, кордиерита и других гибридных композитных материалов;

– композиционных металлокерамических мембран «Trumem[®]» и «Rusmem[®]», состоящих из подложки из нержавеющей стали и тонкого керамического слоя из оксида титана,

алюминия, циркония или кремния, обладающих гибкостью и поэтому позволяющих спаивать их в пористые трубки большого диаметра или тела со сложной геометрией.

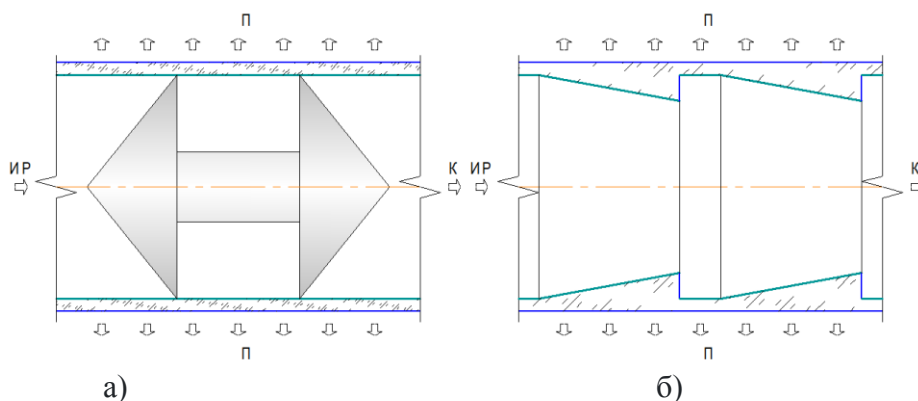


Рисунок 1. Пористые структуры, реализующие интенсификацию мембранных процессов гидродинамическими методами: а) – создание пористых трубок большого сечения; б) – создание пористых трубок сложной геометрической формы: ИР – исходный раствор; П – пермеат; К – концентрат

Целью настоящей работы является разработка научной концепции по развитию техники мембранных технологий, реализующей гидродинамическую неустойчивость на межфазной границе «мембрана – исходный раствор».

Материалы и методы исследований

При выполнении настоящей работы использовались общепринятые для пивоваренной отрасли методы анализа: ГОСТ 12786 – 80 «Пиво. Правила приемки и методы отбора проб», ГОСТ 12787 – 81 «Пиво. Методы определения спирта, действительного экстракта и расчет сухих веществ в начальном сусле», ГОСТ 12788 – 87 «Пиво. Методы определения кислотности», ГОСТ 12789 – 87 «Пиво. Методы определения цвета», ГОСТ 30060 – 93 «Пиво. Методы определения органолептических показателей и объема продукции», ГОСТ 30518 – 97 / ГОСТ Р 50474 – 93 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерии), ГОСТ 30519 – 97 / ГОСТ Р 50480 – 93 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. ГОСТ Р 51154 – 98 «Пиво. Методы определения двуокси углерода и стойкости».

Специальные методики были основаны на подготовке мембранной техники (модулей, полимерных и керамических мембран) к проведению процессов обработки жидких сред в условиях гидродинамической неустойчивости.

При исследовании фронтальной микрофльтрации использование дисковых перемешивающих устройств остается практически единственным и эффективным способом создания гидродинамической неустойчивости на межфазной границе. Для создания различных вариаций окружных скоростей дискового перемешивающего устройства применяли блок питания Б5 – 47, частоту вращения измеряли тахометром ТЧ 10 – Р.

С учетом всей сложности оценки уровня концентрационной поляризации на поверхности мембраны, ставилась задача анализа удельной проницаемости мембран при различных технических способах создания гидродинамических неустойчивостей на межфазной границе.

Результаты исследований и их обсуждение

Аддитивные технологии 3D-печати пористых керамических материалов. По опыту работы многих лабораторий и фирм по 3D-печати («Smartech Publishing», «Supsi», «MEMTi», «Sintratec», «EngCer SA» и др., существуют два направления использования аддитивных технологий 3D-печати гибридных композиционных материалов [11]:

– одноступенчатая 3D-печать, в ходе которой мембрана изготавливается за одну операцию, с одновременным формированием необходимой геометрической формы и разделительных свойств;

– многоступенчатая 3D-печать в сочетании с дополнительными процессами обработки, в ходе которых сначала изготавливается мембрана требуемой геометрической формы, а затем осуществляется формирование ее разделительных свойств за счет использования связующих компонентов, удаляемых впоследствии при дальнейшей термической обработке.

В основе одно- и многоступенчатой 3D-печати керамических мембран находятся селективное лазерное спекание (SLS-технология), селективное лазерное плавление (SLM-технология), экструзия, струйная печать (3DP и NPj-технологии), двухфотонная полимеризация (TRP-технология), лазерная стереолитография (SLA-технология).

Следует отметить многообещающие перспективы в изготовлении пористых керамических мембран с помощью SLS-технологии – селективном лазерном спекании полимерных порошков, в то время как, например, стереолитографические системы достигли на сегодняшний день предела в технологии 3D-печати элементов со сложной геометрией. Более того, получить пористую структуру, свойственную керамическим мембранам, с помощью SLA-технологии невозможно. На рис. 2 показаны примеры геометрических форм, полученных в результате 3D-печати керамическими материалами по SLS-технологии.

На сегодняшний день в мировой практике существуют технологии, позволяющие успешно изготавливать из пористой керамики различные по геометрической форме и диаметру мембраны для размещения внутри нее различных технических устройств, функционирующих по заданному алгоритму с целью реализации гидродинамической неустойчивости переменной интенсивности [21, 24, 30]. Создание подобных условий на межфазной границе «мембрана – исходный раствор» позволит вывести мембранные процессы на качественно иной уровень обработки технологических жидкостей и решить большинство задач, не реализованных ранее по причине отсутствия технологий и материалов по созданию мембран требуемой конфигурации.

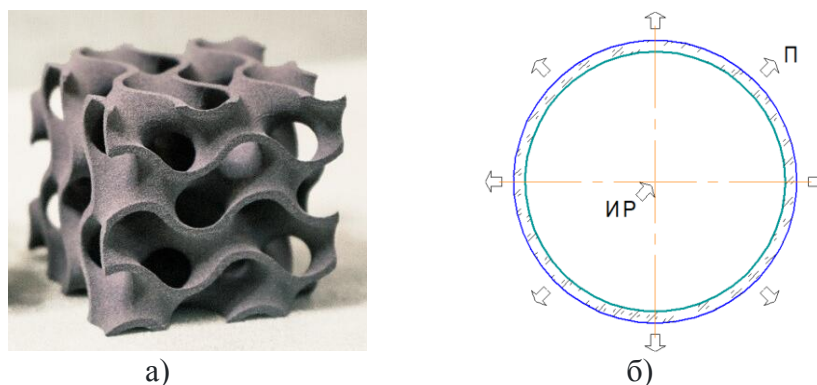


Рисунок 2. Примеры геометрических форм, полученных в результате 3D-печати по SLS-технологии: а) прототип гироидного каталитического нейтрализатора, закручивающих поток отработанных газов «Sintatec» (лаборатория «Supsi» (Швейцария)); б) керамическая пористая трубка большого диаметра: ИР – исходный раствор; П – пермеат

Композиционные металлокерамические мембраны «Trumem[®]» и «Rusmem[®]». Для мембран «Trumem[®]» характерна трехслойная структура, в состав которой входят фильтрующий и промежуточный слои, выполненные на основе оксидов металлов (Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2), а также подложка, изготовленная из пористого металла (Ni, Fe, Ag, Ti) или пористых сплавов (инконель, хастеллой, фекраллой) [25]. Следует отметить, что подложка, выполненная из металлов, позволяет изготавливать пористые трубки большого диаметра, что представляет определенный научно-практический интерес в совершенствовании мембранных процессов, реализующих принципы создания на межфазной границе «мембрана – исходный раствор» гидродинамической неустойчивости переменной интенсивности. Для мембран «Rusmem[®]» также

характерна многослойная структура, с той лишь разницей, что подложка должна проводить электрический ток [27].

Рассмотренные выше неорганические мембраны обладают высокой стойкостью к истиранию, что особенно актуально для мембранных процессов, организованных по проточной схеме, для обработки технологических жидкостей, содержащих твердые включения. Также характерна высокая устойчивость данных мембран к образованию и распространению трещин. В условиях гидродинамической неустойчивости, созданной, например, динамическими турбулизаторами, струйными устройствами, перемещающимися или вращающимися мембранами, знакопеременными усилиями, вызванными перепадами рабочего давления при реализации пульсационных режимов, данное свойство мембран, безусловно, обладает весомым преимуществом при выборе разделительных систем и условий [4, 13, 22].

Согласно общепринятой классификации способов снижения слоя высокой концентрации на межфазной границе «мембрана – исходный раствор» (рис. 3), существуют [1]:

– технологические приемы, в основу которых заложены принципы, обеспечивающие низкие значения рабочего давления, а также подбор мембраны с таким расчетом, чтобы ей было присуще высокое гидродинамическое сопротивление;

– технологические приемы, реализующие малую разность концентраций между обрабатываемой технологической жидкостью и слоем высокой концентрации на межфазной границе «мембрана – исходный раствор»;

– технологические приемы, обеспечивающие низкие концентрации растворенного вещества в обрабатываемой технологической жидкости.

Техническая реализация гидродинамической неустойчивости на межфазной границе «мембрана – исходный раствор». Следует отметить, что создание низких значений рабочего давления в примембранной области (направление № 1) совершенно не подходит для баромембранных процессов, в частности процессов нанофильтрации и обратного осмоса, прежде всего, из-за их осуществимости, т.к. рабочее давление является основной составляющей движущей силы. В отношении процессов микро- и ультрафильтрации большинства технологических жидкостей, т.е. где не требуется создание высоких значений рабочего давления, данные методы могут быть реализованы за счет использования мембран с высоким гидродинамическим сопротивлением, как правило, с увеличенной толщиной пористой подложки, что также противоречит условиям по обеспечению на межфазной границе «мембрана – исходный раствор» развитой гидродинамической неустойчивости, которая зависит не только от скорости потока, но и от его давления. Вполне очевидно, что данное направление не нашло своего развития в создании определяющих условий по интенсификации мембранных процессов гидродинамическими методами.

Обеспечение низкой концентрации растворенного вещества в исходном растворе (направление № 2) является вполне очевидным правилом как с теоретической, так и технической точек зрения. Однако мембранное разделение и/или концентрирование технологических жидкостей с низкой концентрацией является скорее исключением, чем правилом, в связи с чем данное противоречивое направление не нашло практической реализации.

Обеспечение малой разности концентраций между исходным раствором и слоем высокой концентрации (направление № 3), безусловно, является основополагающим принципом по обеспечению интенсификации мембранных процессов гидродинамическими методами.

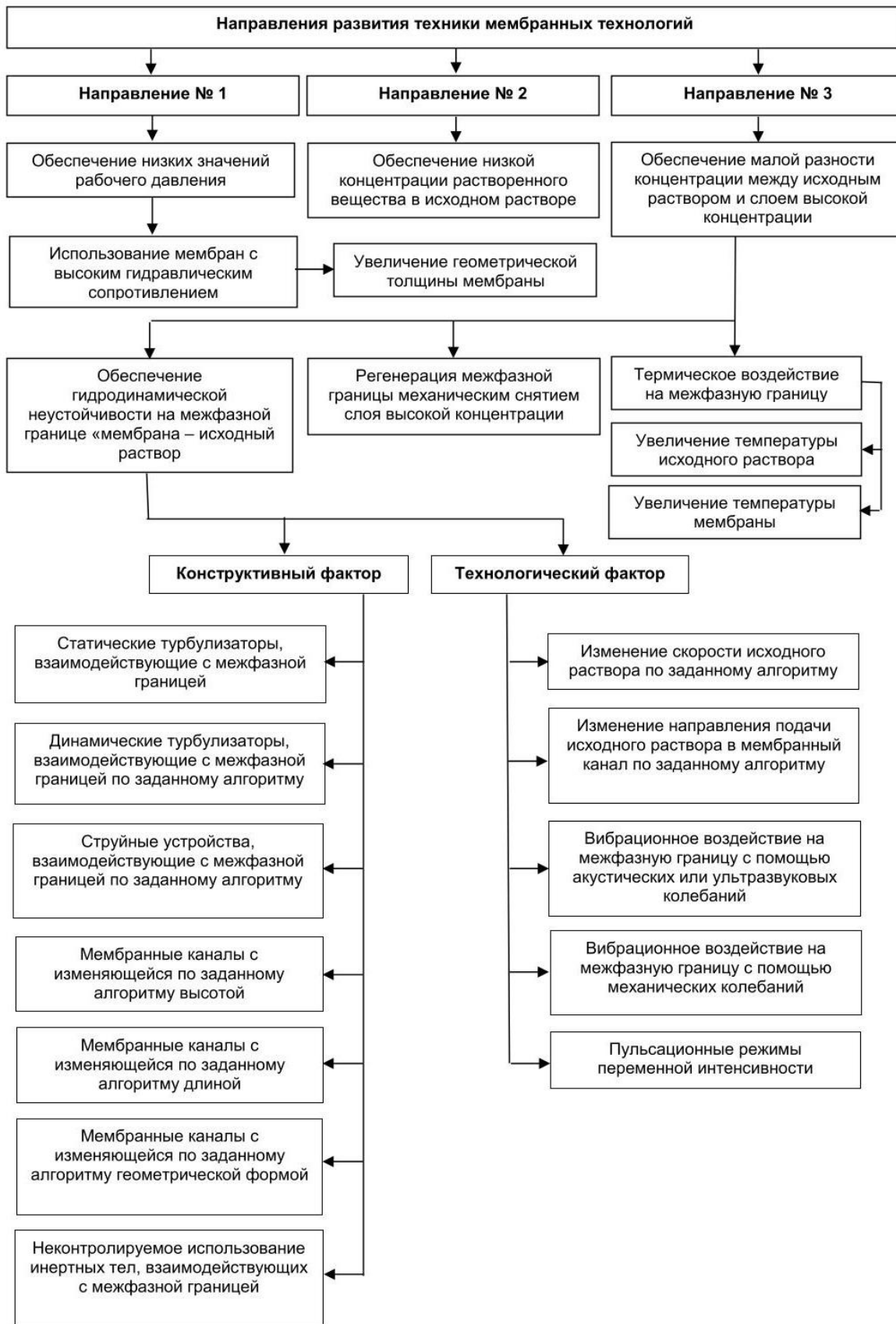


Рисунок 3. Основные направления развития техники мембранных технологий

Рассмотрим некоторые варианты технической реализации гидродинамической неустойчивости на межфазной границе «мембрана – исходный раствор» в рамках данной научной концепции.

Регенерация межфазной границы механическим снятием слоя высокой концентрации. Использование упругого каната с набором перемещающихся и вращающихся турбулизирующих дисков с эластичными лопастями (рис. 4, а) позволяет мягко воздействовать на межфазную границу, исключая механическое повреждение керамической мембраны. Закручивание упругого каната с набором турбулизирующих дисков с эластичными лопастями и последующее устранение его упругой деформации по заданному алгоритму обеспечивает многозадачный режим интенсификации гидродинамических условий, механическое снятие слоя высокой концентрации с поверхности мембраны и его удаление вместе с концентратом из мембранного модуля. Применение эластичных тороидальных турбулизаторов с лопатками (рис. 4, б), попеременно перемещающихся в прямом и обратном направлениях, также позволяет воздействовать на межфазную границу с различным уровнем интенсификации. При этом полностью исключается механическое повреждение керамической мембраны эластичными лопатками тороидального турбулизатора, механическое снятие слоя высокой концентрации с ее поверхности и его удаление вместе с концентратом из мембранного модуля.

Многозадачный режим работы рассмотренных мембранных аппаратов и, как следствие, различный уровень гидродинамического воздействия на межфазную границу, обеспечивается вариациями скорости перемещения технических средств, их количеством, шагом, характером упругости каната, дисков с лопастями, тороидальных турбулизаторов с лопатками и т.д. [16, 18].

Данная мембранная техника весьма эффективна для обработки высоковязких технологических сред или жидкостей, содержащих взвешенные частицы или волокнистые материалы [8, 10, 23].

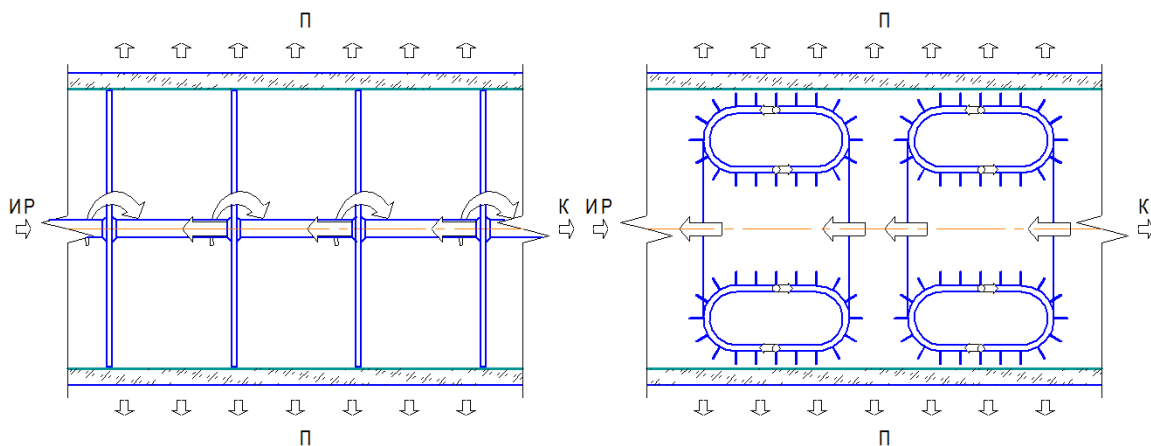


Рисунок 4. Регенерация межфазной границы механическим снятием слоя высокой концентрации: а) упругий канат с набором перемещающихся и вращающихся турбулизирующих дисков; б) тороидальные турбулизаторы с лопатками, перемещающиеся попеременно в прямом и обратном направлениях вдоль межфазной границы

Статические турбулизаторы, взаимодействующие с межфазной границей. Традиционно статические турбулизаторы (рис. 5), размещенные в трубчатых мембранных каналах, признаны решать ограниченный круг вопросов, связанный с гидродинамическим воздействием на межфазную границу [1]. Несмотря на применение статических турбулизаторов со сложной геометрией, достигнуть существенных результатов в снижении уровня концентрационной поляризации не удастся по причине ограниченности технологических приемов и функциональности подобных устройств.

По аналогии со статическими смесителями, размещаемыми в трубчатых каналах для интенсивного перемешивания систем «газ – жидкость» или «жидкость – жидкость», исполь-

зование подобных устройств в случае разделения и/или концентрирования биотехнологических сред чревато деструкцией биологически активных веществ и снижением активности в случае обработки ферментных препаратов [28, 29]. Следует отметить возможное снижение эффективности статических турбулизаторов при смене обрабатываемой технологической жидкости из-за существенного изменения характера оказываемого ими воздействия.

Тем не менее, статические турбулизаторы с успехом могут быть использованы в мембранных процессах очистки воды, обработки технологических сред, не содержащих компонентов, чувствительных к воздействию касательных напряжений.

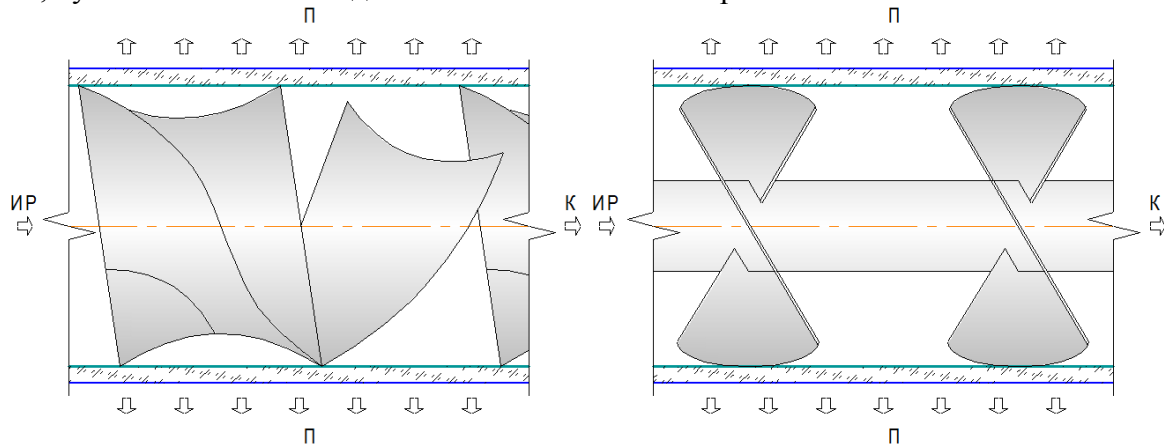


Рисунок 5. Статические турбулизаторы, взаимодействующие с межфазной границей: ИР – исходный раствор; П – пермеат; К – концентрат

Динамические турбулизаторы, взаимодействующие с межфазной границей по заданному алгоритму. Реализация технических решений, представленных на рис. 6 а, позволяет полностью исключить механическое повреждение керамической мембраны во время перемещения турбулизатора за счет удерживания его при помощи направляющих и двойное изменение условий по созданию гидродинамической неустойчивости на межфазной границе за счет конструктивных особенностей детали.

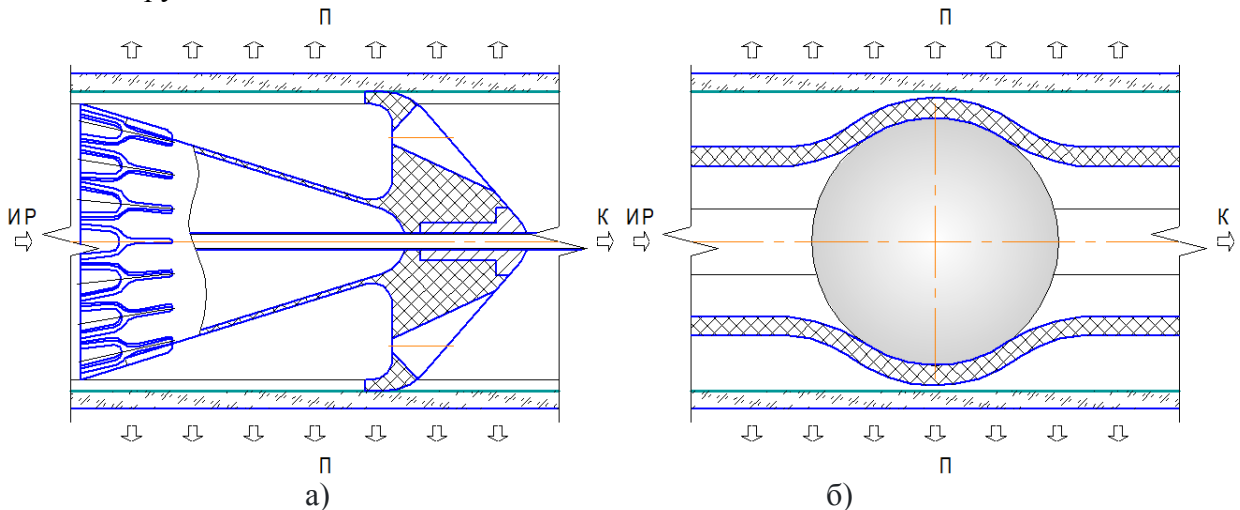


Рисунок 6. Динамические турбулизаторы, взаимодействующие с межфазной границей по заданному алгоритму: а) турбулизатор двойного назначения, перемещающийся навстречу потоку исходного раствора; б) шарообразные элементы, перемещающиеся внутри эластичного непроницаемого рукава навстречу потоку исходного раствора:

ИР – исходный раствор; П – пермеат; К – концентрат

Использование эластичного непроницаемого рукава (рис. 6, б) позволяет обеспечить полную герметичность мембранного аппарата, исключение механического повреждения ке-

рамической мембраны за счет расположения перемещающихся элементов внутри рукава. Многозадачный режим работы мембранных аппаратов с рассмотренными динамическими турбулизаторами обеспечивается вариациями скорости перемещения технических средств, их количеством и конструктивным исполнением, шагом, характером упругости непроницаемого рукава и т.д. Данные технические решения успешно зарекомендовали себя для обработки чувствительных к воздействию касательных напряжений биотехнологических сред, а также культуральных сред, содержащих живые культуры [15, 20]. За счет тщательно подобранного характера гидродинамического воздействия технических средств на межфазную границу, зачастую удается достигнуть компромисса между снижением уровня концентрационной поляризации на поверхности мембраны и качественными показателями обрабатываемой среды.

Струйные устройства, взаимодействующие с межфазной границей по заданному алгоритму. Оригинальным техническим решением по созданию гидродинамической неустойчивости на межфазной границе является использование струйных устройств (рис. 7) для тангенциальной подачи исходного раствора к поверхности мембраны. В этом случае гидродинамическое воздействие струй обрабатываемого потока обеспечивает постоянную регенерацию поверхности мембраны и непрерывное удаление слоя высокой концентрации [17]. Многозадачный режим работы струйного мембранного аппарата обеспечивается вариациями скорости перемещения толкателя с поршнем, за счет которого изменяется давление потока на выходе из форсунок и, следовательно, уровень гидродинамического воздействия на межфазную границу.

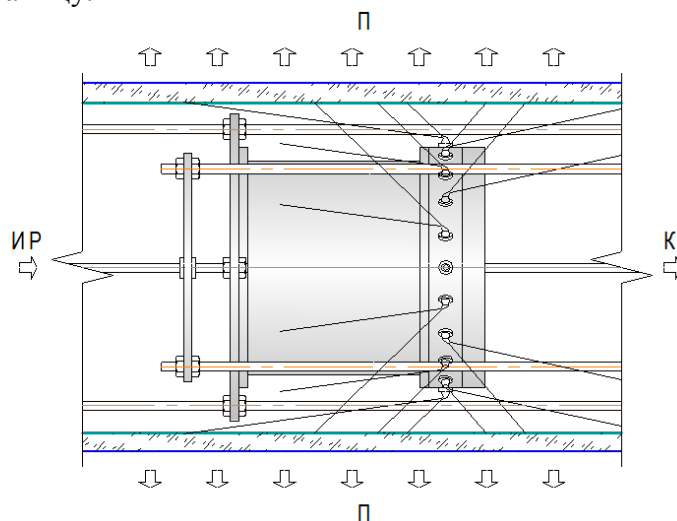


Рисунок 7. Струйные устройства, взаимодействующие с межфазной границей по заданному алгоритму: ИР – исходный раствор; П – пермеат; К – концентрат

Мембранные каналы с изменяющейся по заданному алгоритму геометрической формой. При существующей технической возможности создания керамических мембран со сложными геометрическими формами (рис. 8, а, б) становится возможным проведение процесса в условиях организации развитой гидродинамической неустойчивости в мембранном канале переменного сечения. В этом случае гидродинамические характеристики обрабатываемой среды постоянно изменяются, а слой высокой концентрации уже не может образовывать прочные связи с мембраной из-за непрерывного перераспределения полей скорости и давления в мембранном канале с изменяемой конфигурацией [2, 12, 19]. Многозадачный режим работы данного мембранного аппарата обеспечивается изменением скорости возвратно-поступательного перемещения внутренней подвижной керамической мембраны относительно наружной неподвижной керамической мембраны. Это позволяет в достаточно широких пределах изменять уровень гидродинамического воздействия на межфазную границу.

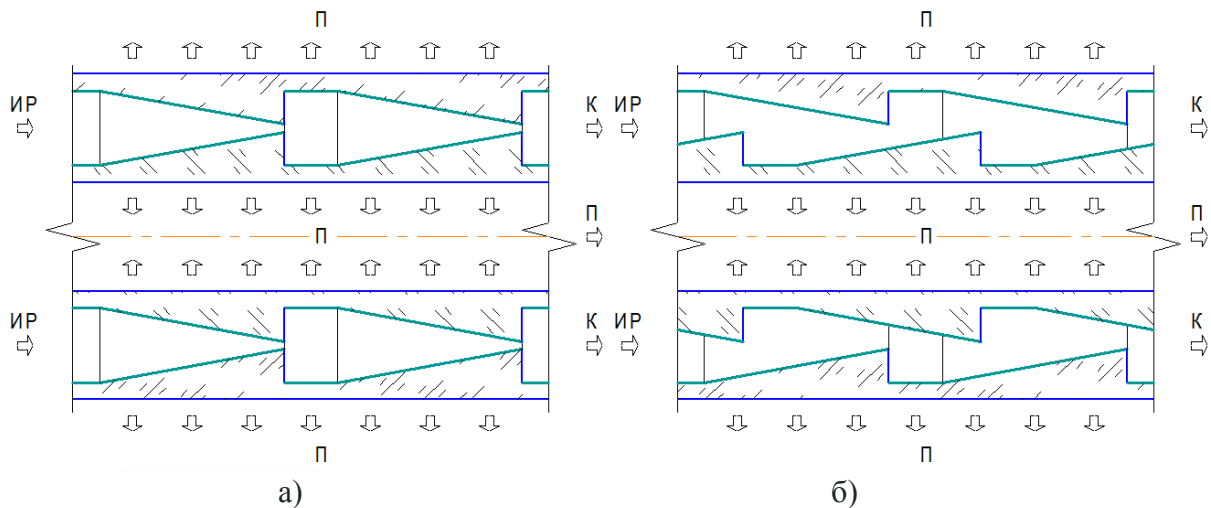


Рисунок 8. Мембранные каналы с изменяющейся по заданному алгоритму геометрической формой: а) геометрическая форма мембранного канала при одном взаимном расположении пористых керамических мембран друг относительно друга; б) геометрическая форма мембранного канала при другом взаимном расположении пористых керамических мембран друг относительно друга: ИР – исходный раствор; П – пермеат; К – концентрат

Неконтролируемое использование инертных тел, взаимодействующих с межфазной границей. Направление по использованию инертных тел в трубчатом мембранном модуле (рис. 9 а, б) технически ограничено по степени интенсивности, которая напрямую зависит от скорости потока исходного раствора. Повлиять на предсказуемый характер воздействия технических средств на межфазную границу, в принципе, невозможно, поэтому данный способ создания гидродинамической неустойчивости нашел ограниченное применение в технике мембранных технологий [1, 6].

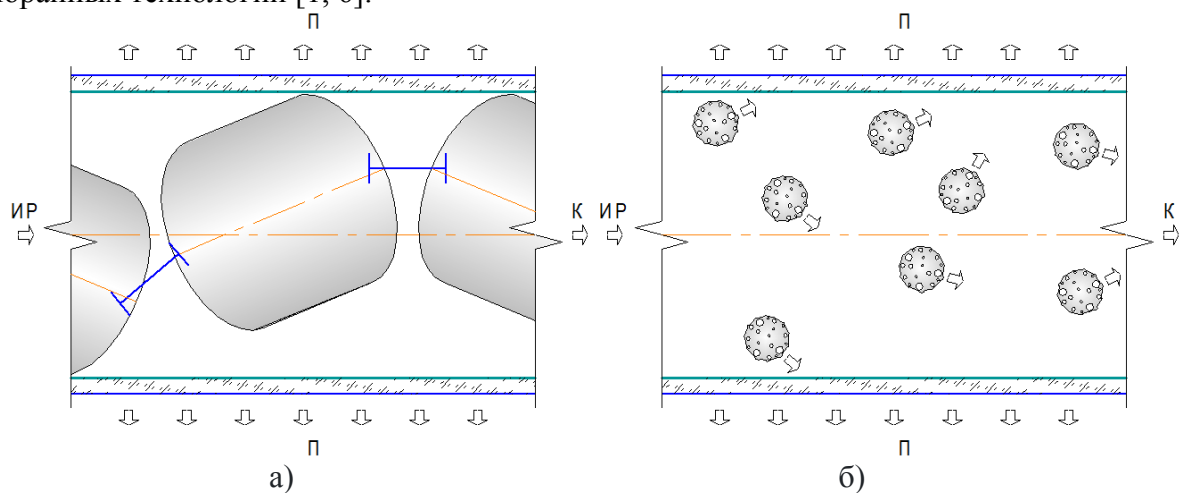


Рисунок 9. Неконтролируемое использование инертных тел, взаимодействующих с межфазной границей: а) полые элементы, соединенные между собой и имеющие возможность перемещения в горизонтальной и вертикальной плоскостях; б) инертные тела, вводимые в мембранный канал, перемещающиеся и соударяющиеся друг с другом и керамической мембраной: ИР – исходный раствор; П – пермеат; К – концентрат

Пульсационные режимы переменной интенсивности. Данный эффект достигается в мембранном канале с помощью возвратно-поступательного движения исходного раствора и/или концентрата, создаваемого различными по конструкции и принципу действия техническими средствами [7, 13, 26]. Гидродинамическое воздействие на межфазную границу обес-

печивается импульсом потенциальной энергии потока, создаваемым образующимися кольцевыми выступами непроницаемого рукава и кольцами, размещенными на поверхности керамической мембраны (рис. 10).

Многозадачный режим работы мембранного аппарата обеспечивается изменением конфигурации профильных элементов, их относительным расположением на валу и частотой вращения последнего [15].

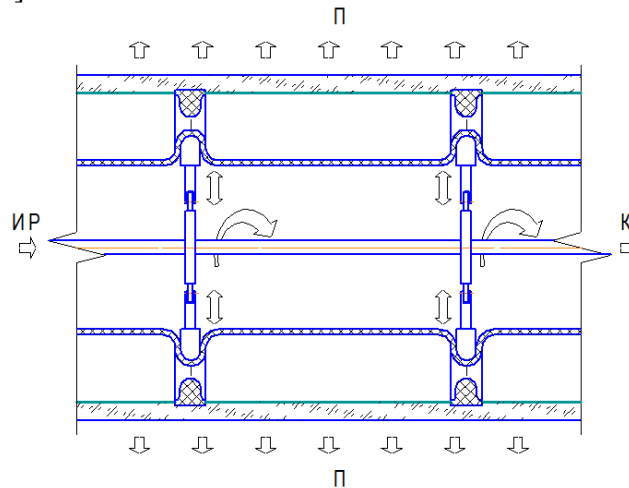


Рисунок 10. Пульсационные режимы переменной интенсивности: ИР – исходный раствор; П – пермеат; К – концентрат

Создание гидродинамической неустойчивости на межфазной границе за счет изменения скорости исходного раствора реализовывали в мембранном модуле с дисковой мешалкой, вращающейся с переменной частотой вращения. Как следует из рис. 11, при увеличении частоты вращения дисковой мешалки до 900 мин^{-1} удельная проницаемость мембраны также возрастала, но до определенного момента, по достижению которого дальнейшее увеличение скорости вращения дисковой мешалки не только не приводило к увеличению производительности, а в отдельных случаях – к ее снижению.

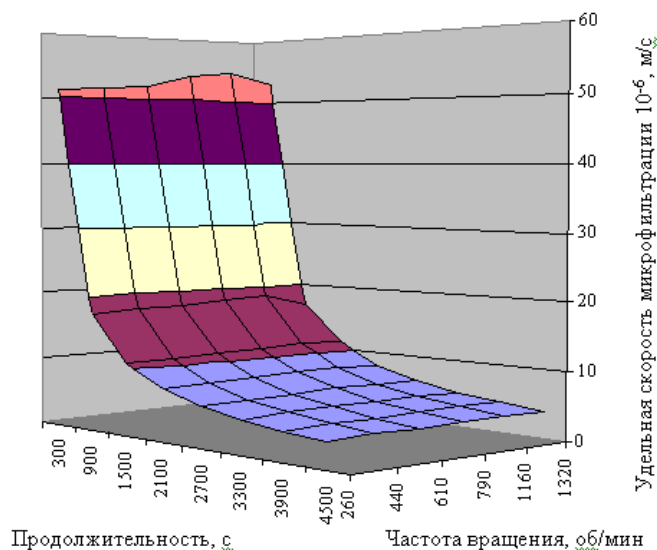


Рисунок 11. Зависимость удельной проницаемости полимерной мембраны от частоты вращения дисковой мешалки

Это происходило за счет образования в центральной части мембраны «нерабочего» участка мембраны из-за высококонцентрированного слоя, непроницаемого для исходного

раствора. В связи с этим не рекомендуется использование больших значений (свыше 900 мин^{-1}) частоты вращения дисковой мешалки. Дополнительное воздействие на межфазную границу может быть усилено вводом в мембранный канал губчатых шариков при совместно работающей мешалке с низкой частотой вращения.

Для исследования зависимости удельной проницаемости мембран от высоты мембранного канала использовался плоскосторонний мембранный модуль с набором уплотнительных прокладок высотой 0,5; 1,5 и 2,5 мм. Как следует из рис.12, удельная проницаемость мембран имела максимальные значения для мембранного канала минимальной высоты, т.е. 0,5 мм. С увеличением высоты мембранного канала уменьшалось значение скорости исходного раствора, следовательно, на межфазную границу оказывалось меньшее гидродинамическое воздействие.

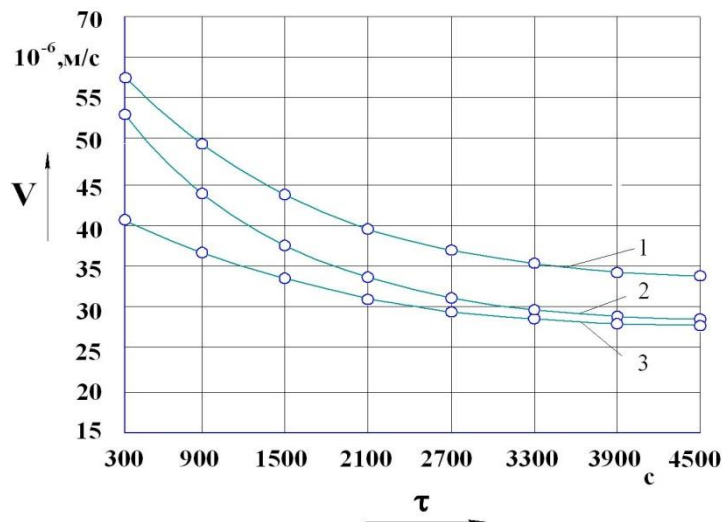


Рисунок 12. Зависимость удельной проницаемости полимерной мембраны от высоты мембранного канала: 1 – 0,5; 2 – 1,5; 3 – 2,5 мм

Таким образом, техническая реализация условий по изменению высоты мембранного канала по заданному алгоритму, безусловно, будет оказывать переменное гидродинамическое воздействие на межфазную границу и тем самым снижать уровень концентрационной поляризации на поверхности мембраны.

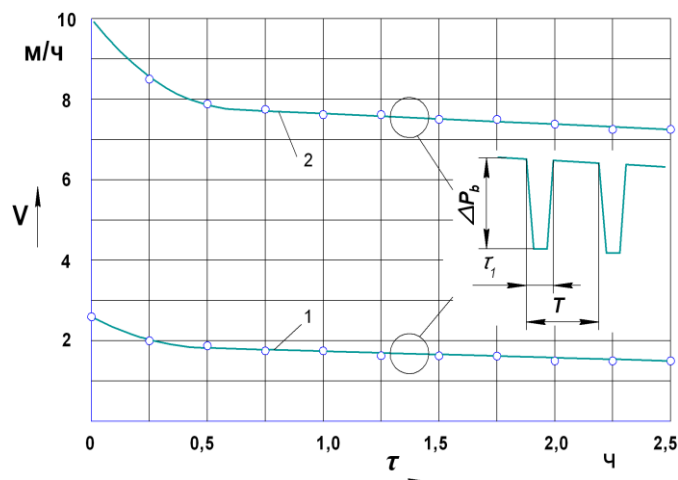


Рисунок 13. Зависимость удельной проницаемости трубчатых керамических мембран с различным размером пор при пульсационном воздействии на межфазную границу по заданному алгоритму: 1 – 0,4 мкм; $\Delta P_b = 0,25 \text{ МПа}$; $\tau_1 = 3 \text{ с}$; $T = 600 \text{ с}$; 2 – 5,0 мкм; $\Delta P_b = 0,10 \text{ МПа}$; $\tau_1 = 5 \text{ с}$; $T = 600 \text{ с}$

Были проведены исследования по влиянию пульсационного воздействия переменной интенсивности на удельную проницаемость трубчатых керамических мембран (рис. 13). При технической реализации пульсационного воздействия с параметрами: частота пульсационного поля – 0,002 Гц; периодичность – 3...5 с; амплитуда пульсационного поля – 0,1...0,25 МПа; удельная проницаемость керамических мембран увеличивается в 1,5...2,0 раза по сравнению с исходными значениями. Т. к. в результате постоянного пульсационного воздействия на межфазную границу у высококонцентрированного слоя не возникало устойчивых связей с поверхностью мембраны, следовательно, он достаточно легко может быть выведен из мембранного канала вместе с потоком концентрата. Благодаря эффекту «раскачивания» потока исходного раствора вблизи межфазной границы создавались более благоприятные условия для проведения мембранного процесса в условиях гидродинамической неустойчивости [1].

Выводы

1. На основании вышесказанного следует отметить положительную тенденцию в повышении эффективности мембранных процессов гидродинамическими методами воздействия на межфазную границу. В силу специфики мембранных процессов, особенно при разделении и концентрировании многокомпонентных технологических сред, трудно бывает остановиться на выборе того или иного способа создания гидродинамической неустойчивости без проведения предварительных исследований физических и физико-химических свойств исходного раствора, а также принципиальной применимости способа с позиций деструктивного воздействия на компоненты обрабатываемой жидкости.

2. Следует отметить резко возрастающую сложность при совместной реализации нескольких способов по созданию гидродинамической неустойчивости на межфазной границе, например, изменение высоты мембранного канала в сочетании с пульсационным воздействием или изменение геометрии мембранного канала при совместном использовании ультразвукового или акустического полей.

3. Сочетание различной геометрии технических средств, размещаемых в трубчатом мембранном модуле, их динамических характеристик, алгоритмов движения, с гидродинамическими параметрами потока исходного раствора создают эффективные условия для научной концепции по созданию техники мембранных технологий с низким уровнем концентрационной поляризации. Все это, в конечном итоге, позволит конструировать более универсальную мембранную технику для решения большинства технологических задач.

Список источников

1. Антипов С.Т., Ключников А.И. Интенсификация процессов переработки жидких пищевых сред мембранными методами: монография; Воронеж. гос. ун-т инж. Технол. Воронеж: ВГУИТ, 2017. 304 с.

2. Гидродинамика течения жидких сред в фильтрующих каналах со сложной формой проницаемой границы / С.А. Светлов, Ф.Ф. Спиридонов, Т.М. Тушкина, О.Р. Светлова // Ползуновский вестник. 2002. № 10. С. 89-94.

3. Гончарук С.Ю., Самборук А.Р. Разработка безвакуумной технологии синтеза пористых металлокерамических фильтров // Современные материалы, техника и технологии, №4 (26). 2019. С. 22-26.

4. Горбунова Ю.А., Тимкин В.А. Гидродинамика процессов микро- и ультрафильтрационного разделения молока и творожного калье // Аграрный вестник Урала. 2016. № 06 (148). С. 70-75.

5. Гурьянов Д.А., Воронова Г.А. Получение керамических пористых мембран на основе оксида алюминия // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2020. № 20. С. 6-19.

6. Жилин Ю.Н. Влияние скорости потока на разделение раствора NaCl в обратноосмотическом рулонном элементе // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2015. №6. С. 126-131.
7. Исследование процессов гидродинамической очистки артезианских вод / А.Ю. Курбатов, Е.Н. Кузин, Ю.М. Аверина, М.А. Ветрова, А.В. Ситников // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2021. № 2 С. 118-133.
8. Кудряшов В.Л., Кислов А.С., Преснякова О.П. Комплексная линия переработки вторичного сырья пивзаводов на основе мембранных процессов // Пиво и напитки №2. 2008. С. 22-25.
9. Кулагин В.А., Ивченко О.А., Кулагина Л.В. Актуальные тенденции развития мембранных технологий // Журнал СФУ. Техника и технологии. 2017. № 1. С. 24-35.
10. Моделирование мембранных установок непрерывного действия, укомплектованных аппаратами с отводом диффузионного слоя / Б.А. Лобасенко, В.Н. Иванец, Е.К. Сазонова, А.Е. Стефанкин, Р.В. Котляров // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 42. № 3. С. 112-117.
11. Лысыч М.Н., Шабанов М.Л., Качурин А.А. Обзор современных технологий 3D-печати // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 6. С. 26 – 30.
12. Мысак А.П., Корж К.О., Ишмухаметова Р.И. Теоретическое исследование формы турбулизатора на эффективность систем обессоливания воды // Форум молодых ученых. 2019. №6 (34). С. 818-823.
13. Очистка водных потоков в мембранном аппарате пульсационного типа / А.М. Азимов, Р.Ш. Абиев, Б.С. Шакиров, К.Т. Жантасов // Известия СПбГТИ(ТУ). 2014. № 23. С. 62-65.
14. Пат. № 2174432 РФ МПК7 В01 D63/06. Мембранный аппарат с нестационарной гидродинамикой / Кретов И.Т., Шахов С.В., Ключников А.И., Ряжских В.И.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. № 2000130308/12, заявл. 04.12.2000; опубл. 10.10.2001; Бюл. № 28.
15. Пат. № 2238794 РФ МПК7 В01 D63/06 Мембранный аппарат с импульсным режимом фильтрации / Кретов И.Т., Востриков С.В., Ключников А.И., Ключникова Д.В.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. № 2004113915/15, заявл. 05.05.2004; опубл. 27.05.2005; Бюл. № 15.
16. Пат. № 2251446 РФ МПК7 В01D63/06 Мембранный аппарат для фильтрации вязких жидкостей / Кретов И.Т., Востриков С.В., Ключников А.И., Ключникова Д.В.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. № 2004106068/15, заявл. 01.03.2004; опубл. 10.05.2005; Бюл. № 13.
17. Пат. № 2252815 РФ МПК7 В01 D63/06 Мембранный аппарат со струйными потоками / Кретов И.Т., Востриков С.В., Ключников А.И., Ключникова Д.В.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. № 2004113915/15, заявл. 05.05.2004; опубл. 27.05.2005; Бюл. № 15.
18. Пат. № 2269373 РФ МПК В01 D63/06 (2006.01) Мембранный аппарат с тороидальными турбулизаторами / Кретов И.Т., Ключников А.И.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. ун-т инж. технол. №2004120588/15, заявл. 05.07.2004; опубл. 10.02.2006; Бюл. № 4.
19. Пат. № 2280496 РФ МПК В01 D63/06 (2006.01) Мембранный аппарат с переменным сечением потока / Кретов И.Т., Ключников А.И., Ключникова Д.В.; Воронеж. гос. технол. акад. № 2005101157/15, заявл. 19.01.2005; опубл. 27.07.2006; Бюл. № 21.
20. Пат. № 2680459 РФ Мембранный аппарат с турбулизатором двойного действия / Ключников А.И., Шахов С.В., Ключникова Д.В., Корышева Н.Н., Самохин С.А.; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. ун-т инж. технол. № 2018111226, заявл. 29.03.2018; опубл. 21.02.2019; Бюл. № 6.

21. Перспективность использования аддитивных методов в технологии производства керамических материалов / А.Н. Рогова, М.С. Чувикина, А.В. Беляков, М.А. Вартамян, Е.А. // Успехи в химии и химической технологии. Т. XXXIV. 2020. № 5. С. 83-85.
22. Повышение проницаемости мембран при разделении жидких высокомолекулярных полидисперсных систем / С.П. Бабенышев, С.А. Емельянов, В.Е. Жидков, Д.С. Мамай, Н.А. Шапаков // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 4(16). С. 12-16.
23. Совершенствование технологии переработки молочного сырья с использованием мембранных аппаратов нового типа / Б.А. Лобасенко, Р.В. Котляров, Е.К. Сазонова, Е.А. Вагайцева, А.В. Скоморохов // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 4. С. 587-593.
24. Технология получения керамических изделий сложной формы из ZrO_2 посредством DLP 3D-печати / С.В. Смирнов, К.В. Малютин, П.В. Проценко, Т.О. Оболкина, М.А. Антонова, О.А. Гольдберг, Г.П. Кочанов, Д.Р. Хайрутдинова, С.М. Баринов // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. Вып. 5. 2021. Т. 11. № 2. С. 239-242.
25. Трусов Л.И. Новые мембраны «Trumem[®]» и «Rusmem[®]», основанные на гибкой керамике // Крит. Технологии. Мембраны. 2001. № 9. С. 20-27.
26. Усынина А.Е., Бородина Л.В. Новый подход к изучению процесса ультрафильтрации с турбулентными пульсациями и переменным давлением // Вестник РУДН. 2015. № 4. С. 50-58.
27. Фарносова Е.Н., Степаненко А.В., Степаненко Е.В. Получение керамических мембран золь-гель методом // Успехи в химии и химической технологии. Т. XXXIV. 2020. № 6. С. 41-43.
28. Effect of spacer and crossflow velocity on the critical flux of bidisperse suspensions in microfiltration H.J. Tanudjaja, W. Pee, A.G. Fane, J.W. Chew // Journal of Membrane Science. Vol. 513. 1 September 2016. P. 101-107.
29. Beer microfiltration under conditions of hydrodynamic instability at the «membrane-product» interface / Klyuchnikov A.I., Ovsyannikov V.Yu., Lobacheva N.N., Toroptsev V.V., Klyuchnikova D.V. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation. 2021. Pp. 22-28.
30. Chen Z., Li Z., Li J., Liu C., Liu C., Li Y., Wang P., Yi H., Lao C., Yuelong F. 3D printing of ceramics: A review // Journal of the European Ceramic Society. Vol. 39. Issue 4. April 2019. Pp. 661-687.

References

1. Antipov S.T., Klyuchnikov A. I. Intensification of the processes of processing liquid food media by membrane methods: monograph. Voronezh. state un-t engineer Technol. Voronezh: VGUIT Publ., 2017. 304 p.
2. Hydrodynamics of the flow of liquid media in filter channels with a complex shape of the permeable boundary. S.A. Svetlov, F.F. Spiridonov, T.M. Tushkina, O.R. Svetlova. Polzunovskiy Bulletin, 2002, no. 10, pp. 89-94.
3. Goncharuk S.Yu., Samboruk A.R. Development of a vacuum-free technology for the synthesis of porous metal-ceramic filters. Modern materials, equipment and technologies, no. 4 (26), 2019, pp. 22-26.
4. Gorbunova Yu.A., Timkin V.A. Hydrodynamics of the processes of micro- and ultrafiltration separation of milk and curd cauliflower. Agrarian Bulletin of the Urals, 2016, no. 06 (148), pp. 70-75.
5. Guryanov D.A., Voronova G.A. Obtaining ceramic porous membranes based on aluminum oxide. Tomsk State University Bulletin. Chemistry, 2020, no. 20, pp. 6-19.
6. Zhilin Yu.N. Influence of the flow rate on the separation of the NaCl solution in a reverse osmosis roll element. Vestnik MGUL – Forest Bulletin, 2015, no 6, pp. 126-131.

7. Kurbatov A.Yu., Kuzin E.N., Averina Yu.M., Vetrova M.A., Sitnikov A.V. Study of the processes of hydrodynamic purification of artesian waters. Bulletin of the Moscow State Technical University. N. E. Bauman. Ser. Natural Sciences, 2021, no. 2, pp. 118-133.
8. Kudryashov V.L., Kislov A.S., Presnyakova O.P. Complex line for processing secondary raw materials of breweries based on membrane processes. Beer and drinks, 2008, no. 2, pp. 22-25.
9. Kulagin V.A., Ivchenko O.A., Kulagina L.V. Actual trends in the development of membrane technologies. Journal of Siberian Federal University. Technics and technology, 2017, no. 1, pp. 24-35.
10. Modeling of continuous membrane installations equipped with devices with diffusion layer removal. B.A. Lobasenko, V.N. Ivanets, E.K. Sazonova, A.E. Stefankin, R.V. Kotlyarov. Food technology and technology productions, 2016, vol. 42, no. 3, pp. 112-117.
11. Lysych M.N., Shabanov M.L., Kachurin A.A. Overview of modern 3D printing technologies. Modern science-intensive technologies, 2015, no. 6, pp. 26-30.
12. Mysak A.P., Korzh K.O., Ishmukhametova R. I. Theoretical study of the shape of the turbulator on the efficiency of water desalination systems. Forum of Young Scientists, 2019, no. 6 (34), pp. 818-823.
13. Purification of water flows in a membrane apparatus of a pulsating type. A.M. Azimov, R.Sh. Abiev, B.S. Shakirov, K.T. Zhantasov. News SPbGTI(TU), 2014, no. 23, pp. 62-65.
14. Pat. No. 2174432 RU MPK7 B01 D63/06. Membrane apparatus with non-stationary hydrodynamics. Kretov I.T., Shakhov S.V., Klyuchnikov A.I., Ryazhskikh V.I.; applicant and patent holder Voronezh. state technol. acad. No. 2000130308/12, appl. 04.12.2000; publ. 10.10.2001; bull. no. 28.
15. Pat. No. 2238794 RU MPK7 B01 D63/06 Membrane apparatus with pulsed filtration mode. Kretov I.T., Vostrikov S.V., Klyuchnikov A.I., Klyuchnikova D.V.; applicant and patent holder Voronezh. state technol. acad. No. 2004113915/15, appl. 05/05/2004; publ. May 27, 2005; bull. no. 15.
16. Pat. No. 2251446 RU MPK7 B01D63/06 Membrane apparatus for filtration of viscous liquids. Kretov I.T., Vostrikov S.V., Klyuchnikov A.I., Klyuchnikova D.V.; applicant and patent holder Voronezh. state technol. acad. No. 2004106068/15, appl. 03/01/2004; publ. May 10, 2005; bull. no. 13.
17. Pat. No. 2252815 RU MPK7 B01 D63/06 Membrane apparatus with jet streams. Kretov I.T., Vostrikov S.V., Klyuchnikov A.I., Klyuchnikova D.V.; applicant and patent holder Voronezh. state technol. acad. No. 2004113915/15, appl. 05/05/2004; publ. May 27, 2005; bull. no. 15.
18. Pat. No. 2269373 RU MPK7 B01 D63/06 (2006.01) Membrane apparatus with toroidal turbulators. I.T. Kretov, A.I. Klyuchnikov; applicant and patent holder Voronezh. state un-t engineer technol. No. 2004120588/15, appl. 07/05/2004; publ. 02/10/2006; bull. no. 4.
19. Pat. No. 2280496 RU MPK7 B01 D63/06 (2006.01) Membrane apparatus with variable flow cross section. Kretov I.T., Klyuchnikov A.I., Klyuchnikova D.V.; Voronezh. state technol. acad. No. 2005101157/15, appl. 01/19/2005; publ. 07/27/2006; bull. no. 21.
20. Pat. No. 2680459 RU MPK7 B01 D63/06 (2006.01) Membrane apparatus with a double-acting turbulator. Klyuchnikov A.I., Shakhov S.V., Klyuchnikova D.V., Korysheva N.N., Samokhin S.A.; applicant and patent holder Voronezh. state un-t engineer technol. No. 2018111226, appl. 03/29/2018; publ. 02/21/2019; bull. no. 6.
21. Prospects of using additive methods in the production technology of ceramic materials. A.N. Rogova, M.S. Chuvikina, A.V. Belyakov, M.A. Vartanyan, E.A. Advances in chemistry and chemical technology, vol. XXXIV, 2020, no. 5, pp. 83-85.
22. Increasing the permeability of membranes during the separation of liquid high-molecular polydisperse systems. S.P. Babenyshev, S.A. Emelyanov, V.E. Zhidkov, D.S. Mamai, N.A. Shapakov. Bulletin of the APK of Stavropol, 2014, no. 4 (16), pp. 12-16.

23. Lobasenko B.A., Kotlyarov R.V., Sazonova E.K., Vagaitseva E.A., Skomorokhov A.V. Improving the technology of processing dairy raw materials using membrane devices of a new type. *Technique and technology of food production*, 2019, vol. 49, no. 4, pp. 587-593.
24. Technology for obtaining ceramic products of complex shape from ZrO₂ using DLP 3D printing. S.V. Smirnov, K.V. Malyutin, P.V. Protsenko, T.O. Obolkina, M.A. Antonova, O.A. Goldberg, G.P. Kochanov, D.R. Khairutdinova, S.M. Barinov. *Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Chemistry and materials science*, issue. 5, 2021, vol. 11, no. 2, pp. 239-242.
25. Trusov L.I. New membranes «Trumem[®]» and «Rusmem[®]» based on flexible ceramics. *Krit. Technologies. membranes*, 2001, no. 9, pp. 20-27.
26. Usynina A.E., Borodina L.V. A new approach to the study of the process of ultrafiltration with turbulent pulsations and variable pressure. *Herald RUFU University*, 2015, no. 4, pp. 50-58.
27. Farnosova E.N., Stepanenko A.V., Stepanenko E.V. Production of ceramic membranes by the sol-gel method. *Advances in chemistry and chemical technology*, vol. XXXIV, 2020, no. 6, pp. 41-43.
28. Effect of spacer and crossflow velocity on the critical flux of bidisperse suspensions in microfiltration H.J. Tanudjaja, W. Pee, A.G. Fane, J.W. Chew. *Journal of Membrane Science*, vol. 513, 1 September 2016, pp. 101-107.
29. Beer microfiltration under conditions of hydrodynamic instability at the «membrane-product» interface. Klyuchnikov A.I., Ovsyannikov V.Yu., Lobacheva N.N., Toroptsev V.V., Klyuchnikova D.V. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021, pp. 22-28.
30. Chen Z., Li Z., Li J., Liu C., Liu C., Li Y., Wang P., Yi H., Lao C., Yuelong F. 3D printing of ceramics: A review // *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 39, issue 4, April 2019, pp. 661-687.

Информация об авторе

А.И. Ключников – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии виноделия, броидильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца.

Information about the author

A.I. Klyuchnikov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Winemaking Technology, Fermentation and Chemistry named after. G.G. Agabalyants.

Научная статья

УДК 637.33

DOI 10.24888/2541-7835-2023-29-116-128

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ИНАКТИВАЦИИ ЗЕРНА СОИ УЛЬТРАЗВУКОМ

Макаров Денис Вячеславович^{1✉}, **Моргунова Наталья Львовна**², **Рудик Феликс Яковлевич**³,
Фоменко Ольга Сергеевна⁴, **Семилет Никита Александрович**⁵

^{1,2,3,4,5}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

¹1mdv@inbox.ru

²morgunovanl@mail.ru

³rudik.sgau@mail.ru

⁴fomenkoos@mail.ru

⁵semiletna@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена теория вопроса конструирования ультразвуковой шнековой установки для обработки зерна сои. Авторами предложено устройство на основе шнекового механизма, позволяющее производить транспортировку сыпучего груза в виде жидкостной суспензии, ультразвуковую обработку, вывод жидкости и отжим. Технология ультразвуковой обработки позволяет ускорять массообменные процессы инактивации антипитательных веществ, снижающих перевариваемость белка зернобобовых культур. Предлагаемая конструкция установки позволяет интенсивно обрабатывать зерно в рабочей зоне и производить отжим суспензии до необходимых показателей. В корпусе установлена перфорированная перегородка для первого отжима, коническое сужение корпуса для второго отжима. Время воздействия на обрабатываемую суспензию устанавливается изменением угла корпуса и частотой вращения шнека. С целью интенсификации процесса ультразвуковой обработки зерна часть корпуса установки снабжена кабельным нагревателем, позволяющим увеличивать температуру до необходимых показателей. Корпус установки закреплен на двух стойках: неподвижной и регулируемой, с помощью которой производится регулировка угла наклона корпуса установки (от 15° до 45°). Предлагаемая установка может также применяться для мойки и обеззараживания зерна, масличных культур или интенсивного увлажнения.

Ключевые слова: ультразвук, ультразвуковая обработка, соя, ингибитор трипсина, уреазы.

Для цитирования: Разработка установки для инактивации зерна сои ультразвуком / Д.В. Макаров, Н.Л. Моргунова, Ф.Я. Рудик, О.С. Фоменко, Н.А. Семилет // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 3(29). С. 116-128. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-116-128>.

Original article

DEVELOPMENT OF AN INSTALLATION FOR INACTIVATION OF SOYBEAN GRAIN BY ULTRASOUND

Denis V. Makarov^{1✉}, **Natalia L. Morgunova**², **Felix Y. Rudik**³, **Olga S. Fomenko**⁴,
Nikita A. Semilet⁵

^{1,2,3,4,5}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹1mdv@inbox.ru

²morgunovanl@mail.ru

³rudik.sgau@mail.ru

⁴fomenkoos@mail.ru

⁵semiletna@yandex.ru

Abstract. The article considers the theory of the issue of designing an ultrasonic screw plant for processing soybean grain. The authors proposed a device based on a screw mechanism that allows the

transportation of bulk cargo in the form of a liquid suspension, ultrasonic treatment, liquid withdrawal and extraction. Ultrasonic processing technology allows accelerating mass transfer processes of inactivation of anti-nutritional substances that reduce the digestibility of protein of leguminous crops. The proposed design of the plant allows intensive processing of grain in the working area and squeezing the suspension to the required parameters. The case has a perforated partition for the first spin, a conical narrowing of the case for the second spin. The time of exposure to the processed suspension is set by changing the angle of the housing and the rotation frequency of the screw. In order to intensify the process of ultrasonic grain processing, part of the installation body is equipped with a cable heater that allows increasing the temperature to the required parameters. The installation body is fixed on two racks: fixed and adjustable, with which the angle of inclination of the installation body is adjusted (from 15° to 45°). The ultrasonic unit can also be used for washing and disinfection of grain, oilseeds or intensive humidification.

Keywords: ultrasound, ultrasound treatment, soy, trypsin inhibitor, urease.

For citation: Development of an installation for inactivation of soybean grain by ultrasound. D.V. Makarov, N.L. Morgunova, F.Y. Rudik, O.S. Fomenko, N.A. Semilet. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 3(29), pp.116-128. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-116-128>.

Введение

При всех своих очевидных достоинствах, таких как наличие белка до 60%, всей линейки незаменимых аминокислот соя обладает рядом недостатков, зависящих от принятых операций технологического процесса её переработки [8]. Питательные свойства зерна сои как продуктов питания, так и кормовых продуктов, обеспечивают выполнение пластической, регуляторной и энергетической функций [1, 8]. Пластическая – играет роль строительного материала для образования тканей и органов; регуляторная – поддерживает взаимосвязь основных составляющих ферментов, гормонов и иммунных тел; энергетическая – служит для восполнения энергетических затрат [1, 3].

Антипитательные вещества сои, входящие в регуляторную функцию, состоят из ингибитора протеаз (трипсина и химотрипсина) и описываются двумя состояниями: ингибитора Кунитца - до 70 %, и ингибитора Баумана-Бирка - до 30 % [7]. Ингибиторы пищеварительных ферментов и уреазы, находящиеся в нативной сое, значительно снижают перевариваемость и усвоение белка, ведут к денатурации незаменимых аминокислот и потере питательных свойств пищевых продуктов и корма [3, 7, 8]. Негативно также влияние уреазы, представляющей собой гидролитический фермент из группы амилаз, обладающей свойством катализировать гидролиз мочевины до диоксида углерода и аммиака, что ведет к неприятному вяжущему вкусу, запаху и низкой перевариваемости. Исходя из этого, присущие недостатки сои должны подвергаться более тщательной низкотемпературной обработке, обеспечивающей высокую степень инактивации антипитательных веществ с сохранением полезных составляющих, что позволит повысить ее эффективность использования в пищевых целях и кормах [7].

Все известные устройства для инактивации ингибиторов трипсина и уреазы сои низкопроизводительны и зависят от множества факторов, связанных с соблюдением долговременной высокотемпературной обработки, сложностью ведения технологического процесса, автоматизации контроля соблюдения временных параметров пооперационных этапов обработки, значительных энергетических затрат и ресурсов. Все перечисленное не позволяет обеспечить стабильность технологического процесса и производство качественных продуктов питания и кормов [6, 9].

В этой связи в Саратовском государственном университете генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова исследовались технологии и технические средства для обработки зерновых, зернобобовых и масличных культур ультразвуком с целью очистки, увлажнения перед помолом и инактивации антипитательных веществ (патенты РФ № 2405629, 2473674, 126963, 2707130). Разработана новая конструкция универсальной установки проходного типа, основанная на возможности выполнения различных по предназначению технологических операций за счет последовательного их распределения и выполнения по длине шнека. Данная схема продвижения суспензии в ограниченном объеме дает возможно-

сти акустического воздействия на все постоянно перемешиваемые частицы измельченной сои. Ультразвуковые (УЗ) пульсирующие колебательные движения кавитационного характера в соответствии с основным законом распространения звуковых колебаний обладают эффектом создавать переменные давления в потоке жидкости со схлопываниями паровоздушных пузырьков на границах различных фаз, что значительно повышает массопередачу и проницаемость обрабатываемой суспензии, что в свою очередь обеспечивает вынос антипитательных веществ и исключает возможность появления мертвых зон [10].

Проведенными исследованиями преследовалась цель повышения эффективности технических средств для переработки зернобобовых культур путем интенсификации технологических процессов массопередачи УЗ-обработкой.

Материалы и методы исследований

Методика исследований основана на базе данных, полученных в лабораторных условиях обработки сои ультразвуком, и теориях проектирования технологического оборудования, представленных в работах авторов статей [6, 10].

Основой для конструктивной проработки установки для инактивации антипитательных веществ ультразвуком послужили данные лабораторных исследований сои сортов «Злато», «Бара», «Соер-4», «Соер-5». Ультразвуковую обработку сои осуществляли на базе кафедры «Технологии продуктов питания» Вавиловского университета (г. Саратов) с помощью ультразвуковых установок УЗУ-4-1,6-О; УОМ-2; ПСБ-Галс; РАП-01 (Россия) с частотой ультразвуковых колебаний 18-35 кГц и интенсивностью ультразвука 1 Вт/см². Для изучения влияния ультразвука на активность ингибитора трипсина использовали казеинолитический метод М.Л. Какейда (в модификации И. И. Бенкен). Активность уреазы определялась по ГОСТ 13979.9-69 «Жмыхи и шроты». Конструкторская разработка выполнялась в соответствии с ГОСТ 21.501-2018 по установленным параметрическим и функциональным требованиям: влагосодержания и температуры суспензии; производительности установки; угла наклона шнекового механизма и частоте вращения винта шнека; количества витков шнека и их размерных параметров в шести рабочих зонах.

В задачи исследования входило теоретическое исследование конструкции универсальной шнековой установки непрерывного действия для очистки, увлажнения и инактивации антипитательных веществ зерна и зернобобовой продукции путем повышения эффективности массопередачи пульсирующими УЗ-микротоками.

Объект исследований – технологические воздействия и технические средства ультразвуковой обработки зернобобовых культур.

Результаты исследований и их обсуждение

Лабораторными исследованиями инактивации ингибитора трипсина и уреазы установлены режимные параметры, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. Режимные параметры обработки сои ультразвуком

№ п/п	Наименование параметра	Единица измерения	Величина параметра
1	Температура воды	t, °С	40
2	Продолжительность обработки	T, мин	30
3	Частота ультразвуковых колебаний	A, кГц	18
4	Интенсивность ультразвукового поля	I, Вт/см ²	2,63
5	Концентрация раствора	%	3
6	Степень помола	-	10

Приведенные режимные параметры позволили экспериментально в лабораторных условиях установить эффективность ультразвуковой обработки сои. При этом отмечено следующее:

- следы от минеральных загрязнений отсутствуют;
- активность ингибитора трипсина снижается с 50-60 мг/г до 3-5 мг/г, что подтверждает шестикратное повышение эффективности при незначительном времени обработки;
- активность уреазы (рН) после обработки снижается с 2,5 до 0,2, что также свидетельствует о высокой эффективности технологии ультразвуковой обработки.

При проектировании режимных параметров ультразвуковой установки в качестве основополагающих принимались свойства распространения колебательных движений при обработке продукции растениеводства [9, 10]. В данном случае, когда обработка ведется в ограниченном объеме, возникает возможность использования наиболее эффективной низкочастотной области УЗ-обработки, когда длина волн не превышает нескольких сантиметров и лишь вблизи нижней границы диапазона достигает в твердых телах нескольких миллиметров. Характерной особенностью является также то, что высокочастотные УЗ-колебания затухают достаточно быстро, что ведет к снижению их интенсивности, так как она прямо пропорциональна квадрату используемой частоты колебаний. На этом основании было принято решение использовать низкочастотный диапазон колебаний в замкнутом объеме обработки в условиях постоянного перемешивания суспензии, обеспечивающий ликвидацию застойных зон [10]. Ультразвуковое воздействие в жидкости характеризуется возникновением пульсирующих микропотоков и множеством паровоздушных кавитационных пузырьков, которые имеют свойства схлопываться на границах различных сред. Они целенаправленно воздействуют на обрабатываемый материал и ведут к значительному ускорению физических и химических кинетических процессов. Это и является значимым для растворения инородных составляющих в белковой структуре – ингибиторов трипсина и уреазы их выноса.

Конструктивно принята целесообразной универсальная шнековая установка, которая должна обладать переменным по длине винтовым подающим механизмом, обеспечивающим поперационное продвижение обрабатываемой суспензии по схеме (рис. 1).

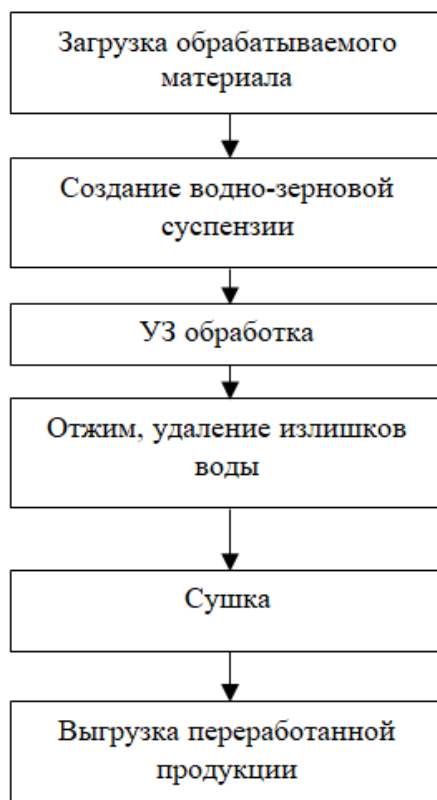


Рисунок 1. Схема последовательности поперационной технологии обработки суспензии

На указанном выше основании приняты значимые предпроектные конструктивные условия:

- 1) заданное время транспортирования суспензии во время обработки должно обеспечиваться за счет расчетнообоснованных конструктивных элементов установки – параметров шнекового винта, диаметра трубы шнекового механизма и частоты вращения шнека;
- 2) функционально важными конструктивными параметрами приняты размеры диаметра винта шнека в зонах загрузки, создания суспензии, УЗ обработки и диаметра винта в зоне предварительного обезвоживания, отжима и выгрузки;
- 3) конструктивно различного размера винты шнека должны устанавливаться на едином, общем для всех рабочих зон вале;
- 4) выгрузка обработанной сои должна осуществляться посредством выгрузного механизма, расположенного в зоне;
- 5) ультразвуковой возбудитель должен устанавливаться с внешней стороны трубы шнекового механизма в системе, обеспечивающей наибольшее взаимодействие с обрабатываемой суспензией с использованием эффекта отражения УЗ колебаний от стенок трубы и исключения возможности появления мертвых зон;
- 6) в конструкции шнековой установки следует установить систему отжима зерна сои от остатков воды;
- 7) время продвижения суспензии по рабочим зонам должно обеспечиваться установленной регулируемой частотой вала шнека, конструкцией витков и их количеством;
- 8) подача воды и ее количество для создания суспензии устанавливаются углом наклона установки β от горизонтали.

В связи с тем, что ультразвуковая обработка измельченного зерна сои производится в жидкости с пропорцией суспензии 50:50, установка должна быть герметичной, что может обеспечить только винтовой конвейер. Принцип действия винтового конвейера основан на использовании осевой движущей силы, передаваемой винтом шнекового типа, заключенного в трубе (рис. 2).

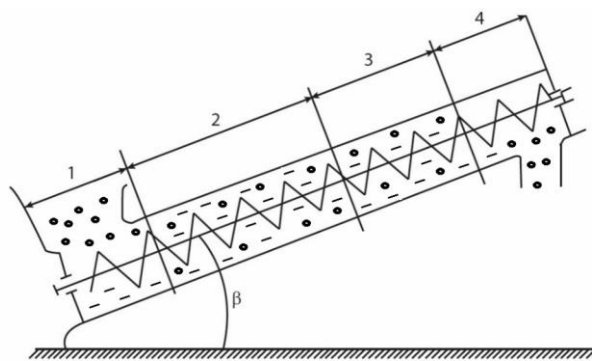


Рисунок 2. Конструктивная схема работы винтового конвейера:

- 1 – загрузка обрабатываемого материала; 2 – обработка суспензии ультразвуковыми излучателями; 3 – отжим суспензии; 4 – выход продукции

Основные конструктивные параметры установки обуславливались расчетами [2, 5]:

- производительность шнекового механизма

$$Q = 3600 \frac{\pi D^2}{4} \varphi \rho \frac{Sn}{60} K_{\beta} = 47 D^2 S \pi \varphi \rho K_{\beta}, \quad (1)$$

- где D – диаметр винта, м;
 φ – коэффициент заполнения участка трубы;
 ρ – насыпная плотность обрабатываемого материала, кг/м³;
 S – шаг винта, м;
 n – константа частоты вращения винта, м/с;

K_β – отношение шага винта к углу наклона установки.

– критическая скорость вращения винта определялась по схеме, представленной на рисунке 3.

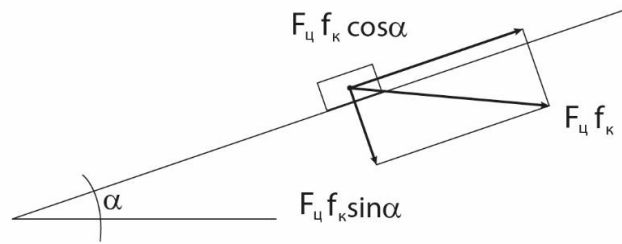


Рисунок 3. Схема для определения критической скорости винта шнека

Критическая скорость, при которой перемещаемая частица находится в равновесном состоянии, устанавливается выражением:

$$\frac{mg \sin \alpha + mg f_g \cos \alpha + m V_{кр}^2 f_k f_g \sin \alpha}{R - m V_{кр}^2 f_k \frac{\cos \alpha}{R}} = 0, \quad (2)$$

где m – масса частицы, кг;

$V_{кр}$ – критическая скорость, при которой перемещаемая частица находится в равновесном состоянии, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

α – угол наклона шнекового механизма, град;

f_g, f_k – коэффициенты трения перемещаемой частицы о винт и трубу соответственно.

Отсюда критическая скорость вращения винта шнека, характеризующая линейную скорость точек наружной поверхности шнека, при которой перемещаемая суспензия, не имеет движения вдоль оси, определяется выражением:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{gR \sin \alpha + f_\beta \cos \alpha}{f_k \cos \alpha - f_\beta \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{gR}{f_k}} \operatorname{tg}(\alpha + \beta), \quad (3)$$

где R – радиус вращения частицы, м;

β – угол трения частицы о поверхность винта, $\beta = \operatorname{arctg} f_g$ град.

В связи с отсутствием данных по потерям из-за сопротивления перемещению суспензии, их определение осуществлялось по схеме, представленной на рисунке 4.

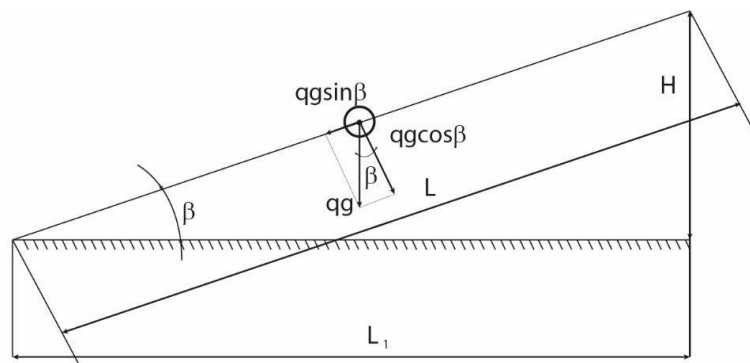


Рисунок 4. Схема для определения сопротивления перемещению суспензии

Потери критической скорости должны корректироваться с учетом увлажненного зерна, коэффициент трения которого о стенки винта и трубы ниже, чем при сухом трении:

$$W = qgf_{\text{мыз}}L\cos\beta + qgf_{\text{мыз}}L\sin\beta = qg(L_1f_{\text{мыз}} + H), \quad (4)$$

где q – распределенная масса груза, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$f_{\text{мыз}}$ – коэффициент трения увлажненного зерна о стенки трубы;

L, L_1, H – длина конвейера и его проекции на горизонтальную и вертикальную плоскости соответственно, м;

β – угол наклона шнекового механизма, град.

В классическом понятии конструктивные и кинематические параметры винтовых конвейеров взаимосвязаны [2, 5]. При их проектировании задаются производительностью и частотой вращения винта, а затем определяются размерные параметры винта. При этом устанавливаемая частота вращения винта значительно воздействует на его прочностные показатели.

Таким образом, критическая скорость продвижения обрабатываемой суспензии зависит от таких конструктивных параметров, как радиус трубы, угол наклона шнека и технологических коэффициентов трения частиц. При конструировании установки основным технологическим требованием является строгое соблюдение условия установленного времени нахождения продвигаемой суспензии в зоне ультразвукового воздействия (рис. 5).

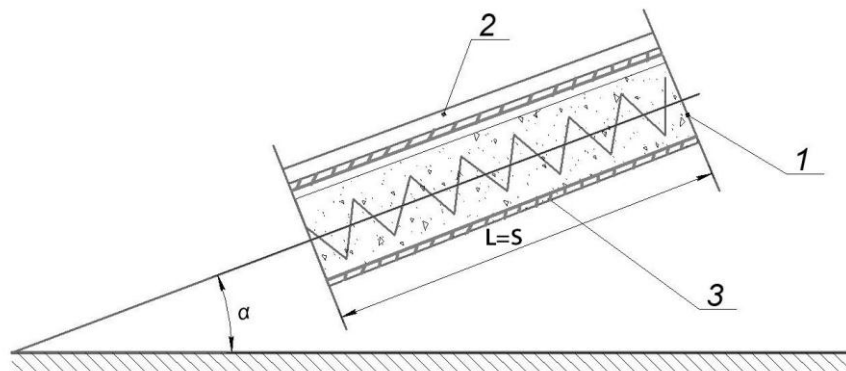


Рисунок 5. Схема продвижения суспензии в рабочей зоне установки:

1 – зона УЗ обработки суспензии; 2 – ультразвуковой возбуждатель; 3 – длина рабочей зоны, характеризующая путь продвижения суспензии и время ее обработки

Обрабатываемая суспензия продвигается винтом шнека в рабочей зоне УЗ-обработки суспензии 1, и весь период прохождения она озвучивается пьезокерамической колебательной системой 2, длина которой 3 обеспечивает нужное время обработки (рис. 5). С этой целью анализировалось выражение для определения осевой скорости передвижения суспензии в шнековом механизме за произвольный период времени:

$$V = \frac{K_v pn}{T}, \quad (5)$$

где K_v – коэффициент скорости, учитывающий различие действительных и теоретических скоростей движения груза из-за проскальзывания, м/с;

p – шаг винта шнека, м;

n – частота вращения винта шнека, мин⁻¹;

$h = S = pn$ – длина рабочей зоны винта шнека, м;

T – время продвижения суспензии, с.

В нашем случае особое значение имеет время нахождения перемещаемой суспензии в рабочей зоне воздействия ультразвуковыми направленными пульсирующими микропотоками (см. рис. 5, поз. 3). Для разных целей и обрабатываемых материалов время обработки в

рабочей зоне 3 различно. Следовательно, частота вращения винта шнека и его шаг будут определяющими конструктивными параметрами.

При проектировании устройства возможность потребного времени нахождения обрабатываемого материала в рабочей зоне при постоянном шаге винта обеспечивается переменной регулируемой частотой вращения винта шнека, устанавливаемой приводной станцией.

Для определения конструктивных параметров пути, на котором продвигается суспензия, приравняем значения практической и условной скоростей продвижения суспензии (3) и (5):

$$\sqrt{\frac{gRtg(\alpha + \rho\beta)}{f_k}} = K_v \rho n / T, \quad (6)$$

Отсюда путь, на котором протекает процесс ультразвуковой обработки, определяется выражением:

$$S = K_v \frac{\sqrt{gRtg(\alpha + \rho\beta)}}{T}, \quad (7)$$

Следовательно, время, необходимое для соблюдения установленной длительности ультразвуковой обработки суспензии, равно:

$$T = K_v \rho n \sqrt{\frac{gRtg(\alpha + \rho\beta)}{f_k}}, \quad (8)$$

Уравнением (8) согласуются основные конструктивные параметры установки с установленным временем обработки зерна сои.

После рабочей зоны увлажненная соя с достаточно большим количеством остаточной жидкости поступает в зону отжима. Шнековый механизм для всего устройства един, процесс продвижения обрабатываемого материала непрерывен.

Наиболее приемлемым принят вариант конструкции, работающий по принципу шнекового отжима растительного масла. Основными рабочими органами процесса прессования являются шнек и зерер. Принцип отжима выводимого жидкого материала из суспензии осуществляется путем ее транспортировки внутри зерного цилиндра различными конструктивными механизмами.

Кинетика процесса отжима заключается в снижении свободного объема обрабатываемого материала по ходу его движения. Тем самым материал сжимается, что влечет за собой повышение давления, обеспечивающего выдавливание излишков жидкости и ее вывод из шнека. Обрабатываемый отжатый материал продвигается на выход из шнекового механизма. Схематически это представлено на рисунке 6.

Для разрабатываемой конструкции активным рабочим органом является шнек, который предназначен для создания градиента давления в объеме прессуемого материала и одновременной передачи его вдоль оси шнека на выход. Зерер пассивный и, в отличие от масляных прессов, предназначен только для вывода отжатой воды через специальную перфорированную поверхность.

Вследствие того, что в конструкции установки используется шнековый механизм, имеющей общую ось винта шнека, конструкция винта на участке отжима должна быть взаимно конической по форме трубы и высоты витков шнека по направлению к выходу (см. рис. 6).

Для принятой конструктивной схемы вал для транспортировки суспензии и ее отжима един. Исходя из этого, производительность зоны отжима рассчитывается по выражению:

$$Q = \frac{(\pi V_s^2 / 4) L (1 - \varphi) \rho_H n}{60}, \quad (9)$$

Где V_s – объем камеры отжима по длине камеры h , м³;

L – длина камеры отжима от диаметра загрузки D_3 до диаметра выгрузки D_B , м;
 φ – коэффициент заполнения;
 n – частота вращения вала шнека, мин^{-1} ;
 ρ_H – насыпная плотность материала, кг/м^3 .

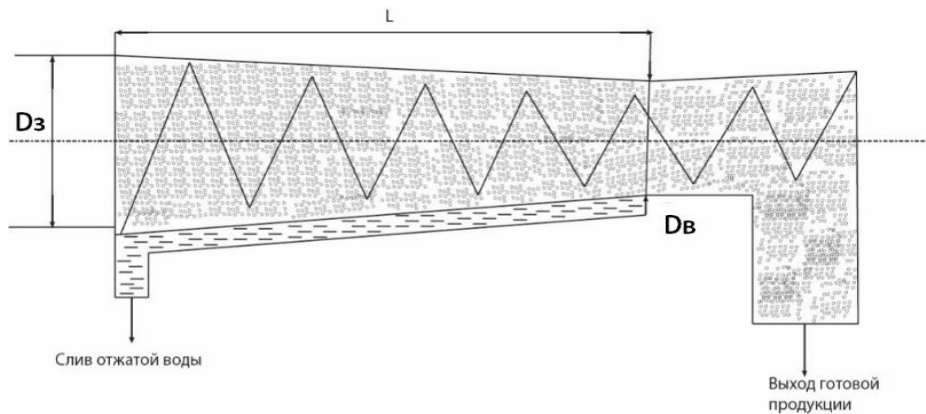


Рисунок 6. Схема конструкции зоны отжима жидкости:

D_3 – общий диаметр загрузки камеры отжима, м; D_B – диаметр шнекового механизма в конце камеры отжима, м; L – длина камеры отжима, м.

Увеличение давления в камере отжима возникает по причине конического уменьшения высоты винта шнека от начального диаметра D_3 до конечного – D_B . Давление при загрузке и выгрузке суспензии зависит от конструктивных параметров установки:

$$\begin{aligned} P_3 &= K_c K_d D_3; \\ P_B &= K_c K_d D_B. \end{aligned} \quad (10)$$

где K_c – индекс консистенции обрабатываемого материала, $K_c = \text{const}$;
 K_d – конструктивный фактор кольцевого отверстия, $K_d = \text{const}$.

Известно, что при сжатии тела в замкнутом пространстве силой, направленной нормально от вала к поверхности корпуса шнека, возникают три направления давления (рис. 7).

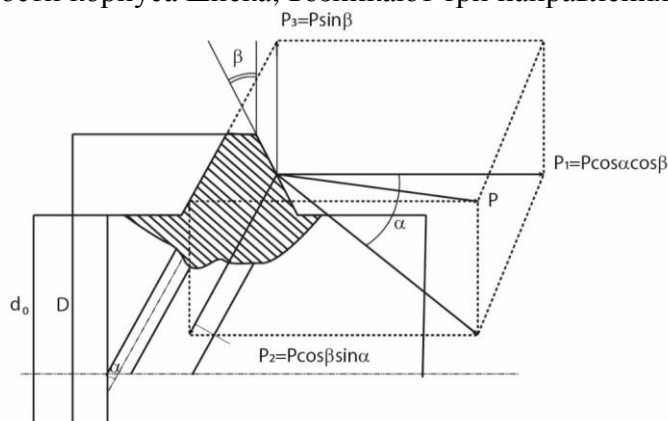


Рисунок 7. Давления, возникающие на одном витке камеры отжима шнека

Давление витка на суспензию, направленное вдоль оси шнекового вала:

$$P_1 = P \cos \alpha \cos \beta, \quad (11)$$

Давление противодействия, направленное против вращения шнекового вала:

$$P_2 = P \cos \beta \sin \alpha, \quad (12)$$

Давление радиальное, направленное от вала к поверхности корпуса шнека:

$$P_3 = P \sin \beta, \quad (13)$$

Исходя из этого, радиальное давление в камере отжима является общим для определения давления на витке, и оно может быть определено выражением, учитывающим потери от противодействия бокового давления:

$$P' = k \cdot P_H, \quad (14)$$

где k – коэффициент Пуассона (для твердого материала, $k = 0,28 - 0,32$);

P_H – нормальное давление, Па.

Исходя из выражений (11) и (14), радиальное давление на любом витке определяется выражением:

$$P' = k \cdot P_H \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta. \quad (15)$$

Тогда полное удельное радиальное давление определится уравнением:

$$P_p = P_3 + P' = P' \cdot k (\cos \alpha \cos \beta + \sin \beta), \quad (16)$$

С учетом сил трения отжимаемого материала о поверхность витка:

$$P_T = P' (\cos \beta \sin \alpha + \sin \beta). \quad (17)$$

Тогда суммарное давление в радиальном направлении примет вид:

$$P_\Sigma = P_p + P_T = P_p (k \cos \alpha \cos \beta + \sin \beta) - P_T (\cos \beta \sin \alpha + f \cos \beta). \quad (18)$$

Таким образом, перепад давления, зависящий от динамического воздействия витков шнека на суспензию, создает условия для отжима излишков жидкости из обрабатываемой сои.

Обрабатываемое зерно засыпается в бункер 7 и по трубопроводу направляется в зону формирования суспензии 2. Одновременно из емкости 9 вода также по трубопроводу заполняет зоны 2 и 3, подготовленная суспензия в пропорции 50х50 посредством приводной станции 1 и транспортирующего винта шнека обрабатывается ультразвуком пьезоэлектрической системой 8, находящейся в постоянном контакте с перемешиваемой суспензией. Количество подаваемой воды и ее восполнение осуществляется посредством крана, установленного на трубопроводе подачи воды (рис. 8).

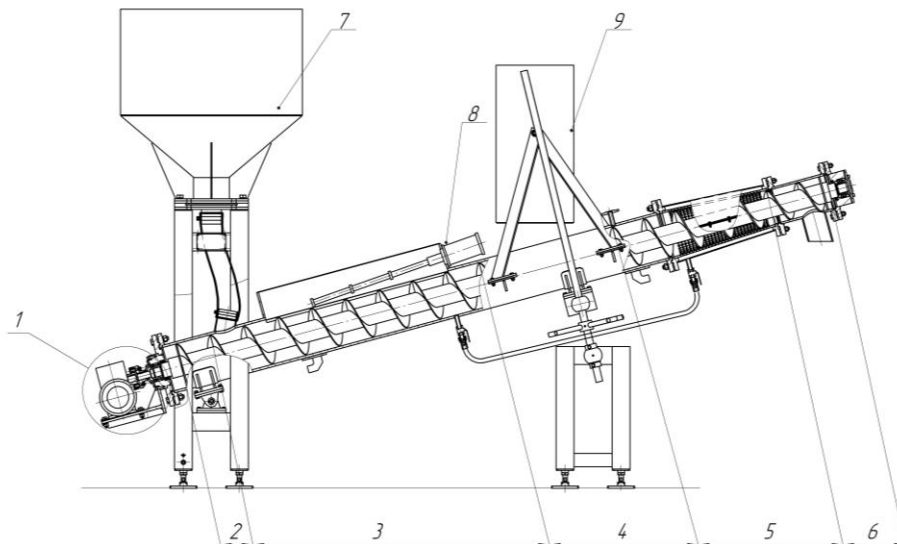


Рисунок 8. Конструктивная схема ультразвуковой установки для обработки зерна сои микротечениями (полезная модель № 208531)

По мере продвижения излишки воды сливаются заслонкой в отстойник, а при поступлении и прохождении зоны 5 осуществляется окончательный отжим зерна от воды с его по-

дачей в зону выхода готовой продукции б. Углом α подъема установки от горизонтали и частотой вращения винта шнека устанавливается время нахождения УЗ-обработки суспензии. Таким образом, перепад давления, зависящий от воздействия витков шнека на суспензию, создает условия для отжима излишков жидкости из суспензии. Конструктивной особенностью является расположение на одном шнековом валу нескольких рабочих зон, предназначенных для создания суспензии зерна с водой, ее подачи в рабочую зону ультразвуковой обработки в течение установленного периода времени, предварительного и окончательного отжима обработанного зерна и его подачи на выход. Новизна установки подтверждена патентом на полезную модель № 208531 [4].

Выводы

1. Проведенными расчетами, основанными на использовании теоретических и экспериментальных данных исследований УЗ-обработки, приведенными в таблице 1, установлены конструктивные параметры установки для инактивации ингибитора трипсина и уреазы при переработке сои.

2. Конструктивной особенностью является расположение на одном шнековом валу нескольких рабочих зон, предназначенных для создания суспензии зерна с водой, ее подачи в рабочую зону ультразвуковой обработки в течение установленного периода времени, предварительного и окончательного отжима обработанного зерна и его подачи на выход.

3. Универсальность установки заключается в последовательном выполнении всех технологических операций: формирование суспензии, ультразвуковой обработки, отделения сои от воды и предварительного отжима, окончательного отжима и выгрузки готового продукта, определяемых рабочими размерами, конструктивными особенностями винта шнека и частотой его вращения.

4. Непрерывность технологического процесса обеспечивается единым валом шнека с расчетной длиной каждой из шести зон. Также универсальность конструкции установки обусловлена возможностью обработки любой продукции растениеводства для очистки, увлажнения, обеззараживания и мойки.

5. Технические характеристики установки: диаметр винта шнека в зонах загрузки, подготовки суспензии, УЗ обработки и предварительного отжима - 0,203 м; диаметр витка в зоне отжима убывающий от 0,203 до 0,156 м; средний диаметр витка в зоне отжима - 0,18 м; диаметр витка в зоне выгрузки - 0,156 м; толщина витка винта - 0,003 м; число витков винта в зоне загрузки - 2; число витков винта в зоне УЗ-обработки - 5; число витков винта в зоне предварительного обезвоживания - 6; число витков винта в зоне отжима - 3; число витков винта в зоне выгрузки - 1,5; шаг винта шнека - 0,155 м; расчетное давление в зоне отжима - $2 \cdot 10^5$ Па; производительность установки - 1700 кг/ч; температура суспензии - 40 °С; продолжительность обработки суспензии - 1 мин; угол наклона шнека - 20-40°; максимальная частота вращения вала шнека - 18 мин⁻¹.

Список источников

1. Балакай Г.Т., Безуглова О.С. Соя: экология, агротехника, переработка. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. С. 100-107.

2. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2003. С. 142-152.

3. Петибская В.С. Достоинства и недостатки семян сои и их роль в формировании качества пищевых продуктов и лечебных препаратов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2006. № 2(135). С. 122-128.

4. Патент на полезную модель № 208531 U1 Российская Федерация, МПК В02В 5/00. Устройство для обработки зерна, пивного солода, семян масличных культур: заявл. 05.04.2021: опубл. 23.12.2021 / Д.В. Макаров, Е.А. Сундуков, Ф.Я. Рудик, Н.Л. Моргунова;

заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", общество с ограниченной ответственностью "Химмаш-Старт".

5. Расчет и проектирование транспортных средств непрерывного действия / А.И. Барышев, В.А. Будишевский, Н.А. Скляр, А.А. Сулима, А.М. Ткачук // Донецк: 2005. С. 258-264.

6. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Макаров Д.В. Теоретический анализ и обоснование процесса взаимодействия гидродинамических колебательных систем при технологическом воздействии на зерно сои // Аграрный научный журнал. 2021. № 9. С. 92-94.

7. Сергеева Е. Ю., Белов А. А. Снижение антипитательного вещества в соевых бобах при диэлектрическом нагреве // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2016. № 18. С. 220-222.

8. Солошенко В.А. Соя – ее достоинства и недостатки // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2010. № 11. С. 71-74.

9. Технические средства для обработки сои / А.М. Шувалов, А.Н. Зазуля, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Д.С. Чернов // Наука в центральной России. 2014. № 1(7). С. 55-60.

10. Technologies and technical means of soybean processing / N.L. Morgunova, F.Y. Rudik, N.A. Semilet [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, February 26-29, 2020. Voronezh, 2021. Pp. 022059.

References

1. Balakai G.T., Bezuglova O.S. Soy: ecology, agrotechnics, processing. Rostov-on-Don: Phoenix Publ., 2003, pp. 100-107.

2. Ostrikov A.N., Abramov O.V. Calculation and design of machines and devices of food production. Saint Petersburg: GIORD Publ., 2003, pp. 142-152.

3. Petibskaya V. S. Advantages and disadvantages of soybean seeds and their role in the formation of the quality of food products and medicinal preparations. Oilseeds. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds, 2006, no. 2(135), pp. 122-128.

4. Utility model Patent No. 208531 U1 Russian Federation, IPC B02B 5/00. Device for processing grain, beer malt, oilseeds: application 05.04.2021: publ. 23.12.2021. D. V. Makarov, E. A. Sundukov, F. Ya. Rudik, N. L. Morgunova; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov", society with limited liability company "Himmash-Start".

5. Calculation and design of continuous vehicles. A.I. Baryshev, V.A. Budishevsky, N.A. Sklyarov, A.A. Sulima, A.M. Tkachuk. Donetsk, 2005, pp. 258-264.

6. Rudik F.Ya., Morgunova N.L., Makarov D.V. Theoretical analysis and substantiation of the process of interaction of hydrodynamic oscillatory systems under technological impact on soybean grains. Agrarian scientific journal, 2021, no. 9, pp. 92-94.

7. Sergeeva E.Yu., Belov A.A. Reduction of the anti-nutrient substance in soybeans during dielectric heating. Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products, 2016, no. 18, pp. 220-222.

8. Soloshenko V.A. Soy – its advantages and disadvantages. Feeding of farm animals and feed production, 2010, no. 11, pp. 71-74.

9. Technical means for processing soybeans. A.M. Shuvalov, A.N. Zozulya, G.M. Shulaev, N.A. Votankovskaya, D.S. Chernov. Science in Central Russia, 2014, no. 1(7), pp. 55-60.

10. Technologies and technical means of soybean processing. N.L. Morgunova, F.Y. Rudik, N.A. Semilet [et al.]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, February 26-29, 2020. Voronezh, 2021, pp. 022059.

Информация об авторах

Д.В. Макаров – аспирант кафедры технологии продуктов питания;

Ф.Я. Рудик – доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания;

Н.Л. Моргунова – кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры технологии продуктов питания;

О.С. Фоменко – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания;

Н.А. Семилет – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии продуктов питания.

Information about the authors

D.V. Makarov – Postgraduate Student of the Department of Food Technology;

F.J. Rudik – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology;

N.L. Morgunova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology;

O.S. Fomenko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology;

N.A. Semilet – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Food Technology.