

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**

**«Пищевая индустрия: инновационные
процессы, продукты и технологии»**

**МОНОГРАФИЯ,
посвящённая 20 –летию Технологического института
под общей редакцией
Академика РАН Трухачёва В.И.**

**Москва
2024**

УДК 664
ББК 36.80:36.99
Т 38

Монография, посвящённая 20 –летию Технологического института под общей редакцией Академика РАН Трухачёва В.И./ Трухачев В.И., Журавлев А.В., Бородулин Д.М., Дунченко Н.И., Купцова С.В. – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2024, 176 с.

ISBN 978-5-00227-243-3

Монография, посвящённая 20-летию Технологического института под общей редакцией Академика РАН Трухачёва В.И. включает систематизированное обобщение материалов по современным тенденциям и инновациям в пищевой и перерабатывающей промышленности, представлены результаты фундаментальных исследований в области изучения процессов структурообразования в пищевых системах, актуальным вопросам глубокой переработки сельскохозяйственного сырья, обеспечения пищевой безопасности продовольствия, производства продуктов функционального, специального и лечебно- профилактического назначения, изучения новых упаковочных материалов и технологий, использования искусственного интеллекта в современном пищевом производстве.

Монография предназначена для студентов бакалавриата, магистратуры, аспирантов, преподавателей, научных работников, специалистов пищевой и перерабатывающей промышленности в системе АПК России. Материалы публикуются в авторской редакции.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАПРАВЛЕННОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
СТРУКТУРИРОВАННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Трухачёв Владимир Иванович, Академик РАН, профессор, ректор
Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А.
Тимирязева,

e-mail: rector@rgau-msha.ru

Дунченко Нина Ивановна, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой
Управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,

e-mail: ndunchenko@rgau-msha.ru

Янковская Валентина Сергеевна, д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры
Управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,

e-mail: vs3110@rgau-msha.ru

Купцова Светлана Вячеславовна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
Управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,

e-mail: skuptsova@rgau-msha.ru

Гинзбург Марина Александровна, ст. преподаватель кафедры Управления
качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,

e-mail: ginsburg@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: В статье рассмотрены процессы структурообразования в молочных гелях, какие факторы влияют на прочность структуры. С целью расширения ассортимента молочных продуктах предложено использовать функциональные пищевые ингредиенты растительного происхождения, позволяющие не только способствовать их обогащению, но и выполнять роль структурообразователей, а также регулировать показатели качества и безопасности изделий. Применена методология направленного регулирования показателей качества структурированных молочных продуктов, которая позволила проектировать новый продукт с учетом заданных характеристик, разработать базовые образцы. Проведен полный факторный эксперимент, который позволил определить рациональные дозы криопорошков, коллагена, каррагинана и пищевых волокон для введения в молочную основу (йогуртную, творожную и сметанную) и достижения заданной вязкости модельной среды. Разработаны рецептуры для

йогуртов, творожных десертов и сметанных продуктов, обогащенные структурообразующими функциональными пищевыми ингредиентами.

Ключевые слова: структурообразователи, молочные продукты, пищевые добавки, гели, функциональные пищевые ингредиенты, рациональные дозы, математическое моделирование состава, пищевая промышленность.

Актуальность. Вопросам образования структур при производстве молочных продуктов учёные и специалисты отрасли всегда уделяли большое внимание [1]. С развитием индустрии производства пищевых добавок, в частности разнообразных структурообразователей, стабилизаторов, гелеобразователей, эмульгаторов, а на современном этапе развития при производстве функциональных молочных продуктов с натуральными растительными ингредиентами, про- и пребиотиками, эта область знаний стала ещё более актуальной [2].

Труды известных российских ученых Дьяченко П.Ф., Остроумов Л.А., Зобкова З.С., Радаева И.А., Уманский М.С., Ганина В.И., Горбатова К.К., Забодалова Л.А., Просеков А.Ю., Гаврилова Н.Б., Майоров А. А., Липатов Н.Н., Каленик Т.К., Антипова Л.В., Родионова Н.С., Алиева Л.А., Дунченко Н.И., Николаева Е.А. и др. посвящены разным аспектам образования структур при производстве молочных продуктов.

Классическая теория процесса структурообразования при производстве структурированных молочных продуктов заключается в коагуляции казеина в изоэлектрической точке. С использованием структурообразующих добавок: загустителей, геле- и студнеобразователей можно формировать структуру при значениях рН, отличных от изоэлектрической точки и направленно регулировать структурно-механические и физико-химические свойства, органолептические показатели и тем самым оказывать влияние на качество готовых продуктов.

При разработке структурированных молочных продуктов используют загустители, с помощью которых можно получить коллоидные растворы с повышенной вязкостью, основная задача студнеобразователей формирование нетекучих систем поликомпонентных, где присутствует высокомолекулярный компонент и низкомолекулярный растворитель. Структурированные молочные системы невозможно получить без применения гелеобразователей. Основная задача представленных веществ заключается в связывании воды и потере подвижности коллоидной системы, вследствие которой будет изменение в пищевом продукте консистенции. Если рассматривать коллоидную систему с точки зрения химии, это макромолекулы, где гидрофильные группы взаимодействуют с водой и при этом они распределены равномерно.

На сегодняшний день в качестве натуральных растительных структурообразователей применяются: пектин, агароиды, камеди, а также вещества, полученные искусственно из природных объектов: метилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, амилопектин, модифицированные крахмалы и др. [2].

В пищевой промышленности к вносимым добавкам предъявляется ряд дополнительных свойств, связанных с повышением хранимоспособности, снижением рисков появления пороков готовой продукции, повышении пищевой и биологической ценности [3]. В последнее время формируется выраженный тренд использовать натуральные структурообразующие ингредиенты, имеющие функциональные свойства [4,5], что отвечает прогнозируемым требованиям потребителей к натуральной высококачественной и безопасной продукции [6].

Цель и задачи исследований. Провести комплексные исследования влияния различных видов структурообразующих функциональных пищевых ингредиентов на реологические характеристики группы структурированных молочных продуктов (йогуртные, творожные и сметанные продукты).

Объекты и методы исследования. В работе использовались общепринятые методы отбора проб, пробоподготовки, статистические методы обработки полученных результатов. Исследования проводили в 3-5 кратной повторности. Вязкость определяли на вибрационном вискозиметре VibroViscometerSV-10,100 (производитель «A&D RUS», «Ай энд Ди Рус», Япония) с применением программного обеспечения WinCT-Viscosity. В исследованиях использовали метод полного факторного эксперимента.

Результаты и их обсуждение. Процесс структурообразования в молочных гелях идет в течение определённого времени и его можно разделить на два этапа. Сначала формируются макромолекулы казеина, дающие возможность сформировать структуру будущего геля, затем идет ее укрепление, но происходит это постепенно. С другой стороны, мы видим, что происходит снижение тиксотропии системы и все коагуляционные контакты, которые были между казеиновыми мицеллами через определённое время заменяются фазовыми, что повлечет за собой усиление прочности структуры и мы уже будем иметь коагуляционно-конденсационную белковую структуру твердообразного тела [1]. Исследования В.Н. Измайловой показали, что главенствующую роль в структурообразовании казеина играют нековалентные водородные связи и гидрофобные взаимодействия между неполярными участками агрегатов казеина и определяют тиксотропный характер этих гелей [7].

При производстве функциональных молочных продуктов с натуральными структурообразователями интерес представляют пектины, коллагены, водоросли. Полисахариды морских водорослей и трав – агар, каррагинан, пектины – являются ценными гелеобразователями и загустителями, обладающие биологической активностью.

В многочисленных работах и наших собственных исследованиях, посвященных разработке многокомпонентных пищевых продуктов основным методологическим подходом является математическое проектирование рецептур, где главной задачей будет разработка рецептур с учетом оптимального соотношения ингредиентов, определение коэффициента сопоставимой избыточности, утилитарности и непосредственно белка, а также расчет аминокислотного состава в многокомпонентной композиции, которые

обеспечивают максимальное приближение массовых долей нутриентов и эссенциальных веществ.

Липатов Н.Н. мл. установил при каких граничных условиях происходит гелеобразование в молочных системах, что на них влияет. Все исследования проводились с помощью компьютерного моделирования структурообразования казеина молока [8]. Структурообразующие функциональные пищевые ингредиенты в настоящее время широко используются в современном производстве молочных продуктов, без которых невозможно расширение их ассортимента при одновременном регулировании показателей качества и безопасности. Полученные данные Дунченко Н.И. по функционально-технологическим свойствам структурообразователей, которые вводят в молочную основу, позволили разработать различные технологии пищевых продуктов функциональной направленности с учетом их взаимодействия, рациональных доз, реологических свойств и стадий введения в продукт.

Методология направленного регулирования применяется при проектировании молочных продуктов и включает несколько этапов: изучение состава и функционально-технологических свойств пищевых добавок, изучение пищевой многокомпонентной основы (системы), разработка концепции проектируемого продукта и заданных характеристик, разработку модельных образцов, проведение полного факторного или дробного эксперимента для определения рациональных доз ингредиентов, математического моделирования состава готовых форм продукта, разработка технологических режимов производства, комплексные исследования состава и свойств продуктов и технической документации. Эта методология показала свою эффективность и для разработки конкурентоспособных функциональных пищевых продуктов [9-12], учитывающих необходимость минимизации рисков производства несоответствующей продукции по качеству и безопасности [13,14].

Исследования показали, что функциональные пищевые ингредиенты, которые входят в состав криопорошков растительного происхождения оказывают влияние на реологические характеристики структурированных молочных продуктов [5,15].

Для определения рационального соотношения главных компонентов рецептуры продукта провели полный факторный эксперимент. Целевой функцией определили вязкость модельной среды с криопорошками, а управляемыми факторами стали м. д. криопорошка сладкого перца и черники, %, м. д. жира в сливках, %, м. д. сквашенного сгустка (йогуртного) исследуемых ферментированных молочных систем,%. Получили уравнения регрессии Y , описывающие влияние управляемых факторов (м. д. криопорошка, м. д. жира в сливках, м. д. сквашенного сгустка), влияющих на вязкость йогурта в результате статистической обработки данных:

Йогурт с криопорошком сладкого перца.

$$Y = -420,65 + 10,46 \cdot k + 302,58 \cdot x + 6,72 \cdot f - 0,11 \cdot k \cdot x + 0,01 \cdot k \cdot x \cdot f;$$

Йогурт с криопорошком черники:

$$Y = -587,76 + 12,60 \cdot k + 369,75 \cdot x + 12,27 \cdot f - 0,37 \cdot k \cdot x - 0,04 \cdot k \cdot f - 1,43 \cdot x \cdot f + 0,02 \cdot k \cdot x \cdot f;$$

где k – м. д. молочной основы в модельной среде, %, x – м. д. крипорощка в модельной среде, %, f – м. д. жира в сливках, %.

Используя уравнения регрессий построили поверхности отклика и изолинии сечения, которые показывают какое влияние оказывают м. д. крипорощка, м. д. жира в сливках на значение вязкости сквашенного йогуртного сгустка рисунки (1-2).

На основе анализа результатов ПФЭ, разработаны рецептуры для производства йогуртов (вязкость модельной среды 900-1800 сР). Рецептура йогуртов с м.д.ж 2,5 % представлена в таблице 1.

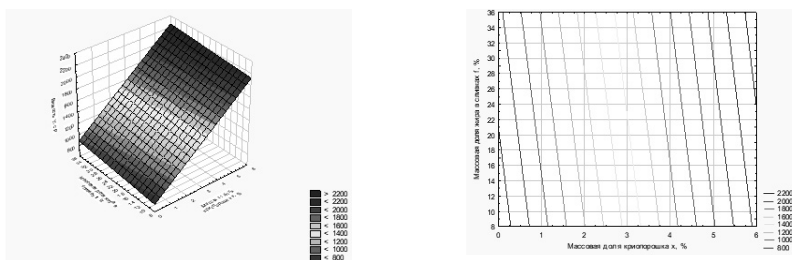


Рисунок 1 – График поверхности отклика и изолинии сечения влияния м. д. крипорощка сладкого перца и м. д. жира в сливках на вязкость модельной среды с 85 % йогуртного сгустка

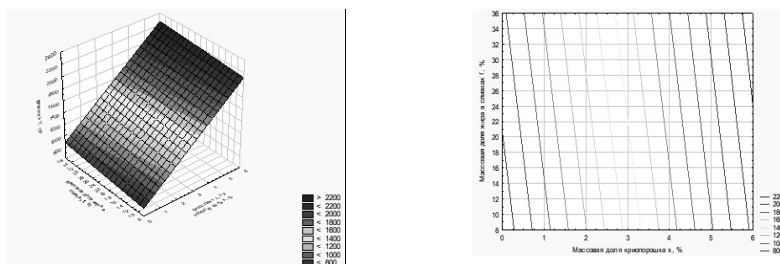


Рисунок 2 – График поверхности отклика и изолинии сечения влияния м. д. крипорощка черники и м. д. жира в сливках на вязкость модельной среды с 85 % йогуртного сгустка

Следующим этапом исследования стало изучение влияния различных пищевых волокон и каррагинана на изменение структурно-механических свойств творожных продуктов. В рецептуру входили: творог мягкий обезжиренный, молоко с массовой долей жира 3,5%, концентрации пищевых волокон в диапазоне от 0,5-5%, каррагинана от 0,4-0,7%.

Таблица 1

Рецептура йогурта с крипорозками

№ п/п	Наименование компонентов рецептуры	Масса ингредиентов, кг						
		Йогурт с перцем сладким			Йогуртный продукт с черникой			
1.	Сквашенный сгусток(1,5 %)	840	-	-	834	-	-	-
2.	Сливки, (10,0%)	-	127	-	-	120	-	-
3.	Крипорозок	-	-	33	-	-	31	-
4.	Крахмал	-	-	-	-	-	-	15
5.	Итого, кг	1000			1000			

При обработке данных ПФЭ предложено использовать в качестве целевой функции эффективную вязкость, управляемыми факторами стали: м. д. каррагинана, м. д. пищевых волокон (Vitacel, Fibrim1020), % (рисунки 3-4). Результаты полного факторного эксперимента позволили получить уравнения регрессии:

$$Z=545,4+2118x+239,5y-1041,7x^2-50,6xy-21,3y^2;$$

где x – м. д. каррагинана, %, y – м. д. пищевого волокна, %, Z – эффективная вязкость, %.

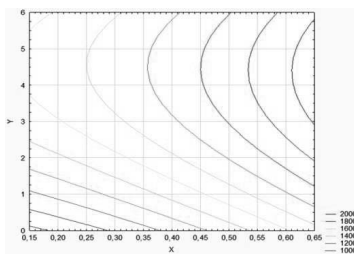
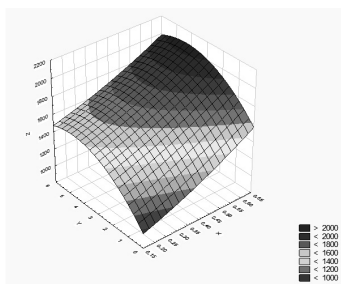


Рисунок 3 – График поверхности отклика и изолиний влияния м. д. каррагинана и пищевого волокна Vitacel на эффективную вязкость

$$Z= 860,461+636,7187*x+242,089*y+687,5*x*x-26,5625*x*y-25,7813*y*y$$

где x – м. д. каррагинана, %, y – м. д. пищевого волокна, %, Z – эффективная вязкость, %.

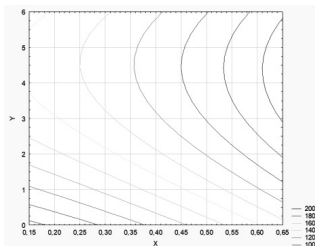
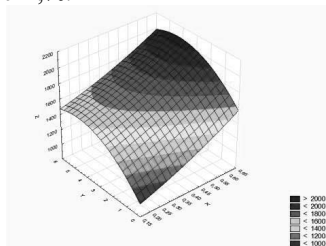


Рисунок 4 – График поверхности отклика и изолиний сечения влияния м. д. каррагинана и пищевого волокна Fibrim 1020 на эффективную вязкость

Квадратичные эффекты и межфакторные взаимодействия позволили установить, что на формирование структуры в молочной системе влияние оказывают концентрации пищевых волокон и каррагинана. Изолинии сечей поверхностей отклика с учетом граничных условий дали возможность определить сочетания концентраций каррагинана и пищевых волокон: показатель эффективной вязкости (1489,9 Па·с) для препаратов Vitacel (3,0) каррагинан (0,25); показатель эффективной вязкости (1479 Па·с) для препаратов Fibrim1020 (2,6) каррагинан (0,5). Рецептúra представлена в таблице 2.

Таблица 2

Рецептура творожного десерта

№ п/п	Наименование компонентов рецептуры	Масса ингредиентов, кг					
		Vitacel			Fibrim 1020		
1.	Творог мягкий не жирный	660	660	660	660	660	660
2.	Молоко (м. д. жира 3,5%)	220	220	220	220	220	220
3.	Каррагинан	3	4	6	3	4	6
4.	Пищевое волокно	22	15	3	25	17	5
5.	Сахар-песок	95	101	111	92	99	109
6.	Итого, кг	1000			1000		

Аналогичный комплекс исследований был проведен для исследования процессор структурообразования сметанных продуктов с коллагенами различного происхождения. Установлено, что обогащение сметанных продуктов коллагеном без придания им нехарактерной для сметаны консистенции, достигается при концентрациях коллагенов от 5 до 12 % для различных видов коллагенов. Более высокие концентрации коллагенов приводят к более плотным гелям, не характерным пастообразным структурированным молочным продуктам, таким как сметана. Для определения рациональной дозы внесения коллагена в сметанную основу получены на базе выполнения полного факторного эксперимента уравнения регрессии. В качестве примера приведено уравнение регрессии влияния м. д. свиного коллагена и жира в сливках на динамическую вязкость сметанного продукта (Y):

$$Y = 0,451 + 0,843 \cdot m + 23,955 \cdot n + 0,329 \cdot t + 1,402 \cdot m \cdot n;$$

где m – массовая доля жира сливок в модельной среде, %, n – массовая доля свиного коллагена в модельной среде, %

На рисунке 5 в качестве примера представлены поверхность отклика и изолинии сечения влияния м. д. коллагена и м. д. жира в сливках на динамическую вязкость сметанного продукта.

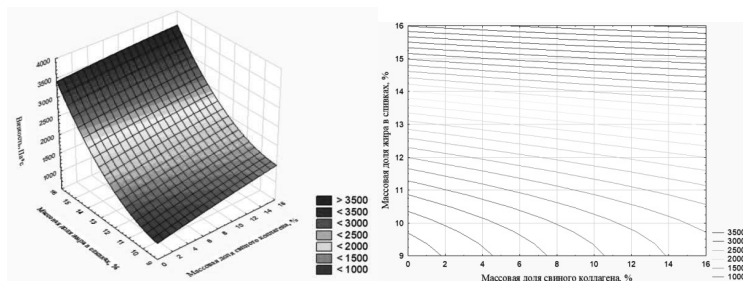


Рисунок 5 – График поверхности отклика и изолиний сечения влияния м. д. коллагена и м. д. жира в сливках на вязкость сметанного продукта

Установлено, что для достижения наиболее характерной высокожирной сметане динамической вязкости (2100 мПа·с) при минимальной массовой доле жира достигается внесением свиного коллагена в количестве 10 %. В качестве дополнительных источников функциональных пищевых ингредиентов были выбраны криопорошки томата (источник витамина С и кобальта), ламинарии (источник йода, ванадия, кобальта и кремния) и зелени петрушки (источник витамина К, кремния, ванадия и каротинов). На базе математического моделирования и пищевой комбинаторики разработаны рецептуры базовых сметанных продуктов для диетического питания с коллагенами различной природы и с заданными характеристиками (таблица 3).

Предложенные рецептуры линейки сметанных продуктов с коллагеном и криопорошками зелени, водоросли и овощей отвечают запросам потребителей в маложирных, обогащенных белком и полезных для здоровья компонентами, а также благодаря внесению криопорошков отвечают требованиям к функциональным продуктам по содержанию каротинов, витаминов С и К, железа, йода, кремния, ванадия, кобальта, марганца и молибдена.

Таблица 3

Рецептуры линейки сметанных продуктов с коллагеном и криопорошками

Наименование компонентов рецептуры	Наименование ингредиентов, кг на 1000 кг продукта		
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3
Сливки	850	845	838
Коллаген свиной	96	9	82
Закваска	50	50	50
Криопорошок ламинарии	40	0	0
Криопорошок петрушки	0	15	0
Криопорошок томата	0	0	30
Итого	1000	1000	1000

Выводы. Приведенный нами материал позволяет сделать некоторые обобщающие выводы и наметить перспективные пути использования структурообразующих добавок, в том числе и функциональных в производстве функциональных пищевых продуктов с заданными характеристиками, что является мировым трендом в пищевой индустрии [16,17]. Практическое значение результатов исследований заключается в разработке методики направленного регулирования качества и безопасности структурированных молочных продуктов (десертов, кремов, пудингов, мороженого, творожных десертов, мягких и плавленых сыров и пр.).

Библиографический список

1. Тёпел, А. Химия и физика белков молока. – СПб.: ООО «ТД издательство «Профессия»», 2014 – 832 с.
2. Дунченко, Н.И. Структурированные молочные продукты: монография – Москва – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2002. – 164 с.
3. Amit, S. K., Uddin, M. M., Rahman, R., Islam, S. M. R., & Khan, M. S. A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing *Agric& Food Secur.*, 2017. – 6(51), 17.
4. Kruger, J. What is food fortification? Working definition and structure for evaluating the effectiveness and implementation of best practices / J. Kruger, J. R. N. Taylor, M.G. Ferruzzi, H. Debelo // *Food Science and Food Safety* 2018. Volume 19, Issue 6. P. 3618-3658.
5. Дунченко, Н. И. Разработка технологии творожного сыра, обогащенного криопорошком репы / Н. И. Дунченко, В. С. Янковская, С. В. Купцова // Сыроделие и маслоделие. – 2023. – № 4. – С. 48-51.
6. Food quality management based on qualimetric methods / V. S. Yankovskaya, N. I. Dunchenko, D. Artykova [et al.] // *Rural Development 2019: Proceedings of the 9th International Scientific Conference*, Литва, 26–28 сентября 2019 года. – Литва: Vytautas Magnus University, 2019. – P. 93-97.
7. <https://rusneb.ru>
8. Лепешкин, А.И., Проектирование состава продуктов питания с заданными свойствами // А.И. Лепешкин, Л.А. Надточий, А.Ю. Четчикина – СПб: Университет ИТМО, 2020. – 46 с.
9. Дунченко, Н. И. Квалиметрическая оценка продукции АПК / Н. И. Дунченко, В. С. Янковская // *Контроль качества продукции*. – 2016. – № 6. – С. 54-57.
10. Янковская, В. С. Проектирование творожных продуктов для питания молодежи / В. С. Янковская // *Молочная промышленность*. – 2007. – № 12. – С. 71-72.
11. Формирование и прогнозирование качества творожных сыров в условиях неопределенности / В. С. Янковская, Н. И. Дунченко, С. В. Купцова [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2021. – № 6. – С. 34-36.
12. Янковская, В. С. Методологический подход к подбору функциональных ингредиентов при проектировании молочной продукции / В. С. Янковская, Н. И.

Дунченко, Л. Н. Маницкая // Молочная промышленность. – 2022. – № 2. – С. 39-41.

13. Дунченко, Н. И. Безопасность и качество пищевых продуктов / Н. И. Дунченко, С.В. Купцова, А.Л. Шегай, С.В. Денисов. – Иркутск: ООО "Мегапринт", 2018. – 135 с.

14. Dunchenko, N. I. A design of the quality control and safety mechanism for convenience meat products / N. I. Dunchenko, S. V. Kuptsova, E. S. Voloshina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 032008.

15. Янковская, В. С. Использование криопорошков из ягод в структурированных молочных продуктах / В. С. Янковская, Н. И. Дунченко, М. А. Гинзбург [и др.] // Молочная промышленность. – 2022. – № 6. – С. 25-27.

16. Varzakas, T. Handbook of Food Processing: / T. Varzakas, C. Tzia // Food Safety, Quality, and Manufacturing. – US: CRC Press. – 2015.– P. 679.

17. Янковская, В.С. Методология квалиметрии рисков как основа обеспечения качества и безопасности продукции / В.С. Янковская, Н.И. Дунченко, Е.С. Волошина, С.В. Купцова, Л.Н. Маницкая // Молочная промышленность. – 2021. –№ 11. – С. 52-53.

18. Современные методы исследования показателей качества сельскохозяйственного сырья и продовольствия/ Н.И. Дунченко, Е.С. Волошина, С.В. Купцова, К.В. Михайлова: практикум. – М.:Франтера, 2020. – 78 с.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF DIRECTIONAL REGULATION OF QUALITY INDICATORS OF STRUCTURED DAIRY PRODUCTS

Trukhachev V. I., *Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Rector of the Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,*
e-mail: rector@rgau-msha.ru

Dunchenko N.I., *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,*
e-mail: ndunchenko@rgau-msha.ru

Yankovskaya V.S., *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Head of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,* e-mail: vs3110@rgau-msha.ru

Kuptsova S.V., *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Head of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,* e-mail: skuptsova@rgau-msha.ru

Ginzburg M.A., *senior lecturer of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,* e-mail: ginsburg@rgau-msha.ru

Abstract: *The article discusses the processes of structure formation in milk gels, which factors affect the strength of the structure. In order to expand the range of dairy products, it is proposed to use functional food ingredients of plant origin, which not only contribute to their enrichment, but also serve as structure-forming agents, as well as regulate the quality and safety of products. The methodology of directional regulation of the quality indicators of structured dairy products was applied, which made it possible to design a new product taking into account the specified characteristics, to develop basic samples. A complete factorial experiment was carried out, which allowed us to determine the rational doses of cryopowders, collagen, carrageenan and dietary fibers for introduction into a milk base (yogurt, cottage cheese and sour cream) and achieve a given viscosity of the model medium. Recipes for yoghurts, cottage cheese desserts and sour cream products enriched with structuring functional food ingredients have been developed.*

Key words: *structure-forming agents, dairy products, food additives, gels, functional food ingredients, rational doses, mathematical modeling of composition, food industry.*

УДК 656.6

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ И ЕГО АППАРАТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАЗЛИЧНОГО ВИДА ВИСКАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Просин Максим Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры *Процессов и аппаратов перерабатывающих производств*, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: prosinmv@yandex.ru

Бородулин Дмитрий Михайлович, д-р техн. наук, профессор, директор *Технологического института*, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: borodulin@rgau-msha.ru

Макаров Сергей Сергеевич, д-р с.-х. наук, директор *Института садоводства и ландшафтной архитектуры, заведующий кафедрой Декоративного садоводства и газоноведения*, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: s.makarov@rgau-msha.ru

Чудецкий Антон Игоревич, канд. с.-х. наук, доцент кафедры *декоративного садоводства и газоноведения*, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: chudetski@rgau-msha.ru

Нугманов Альберт Хамед-Харисович, *д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры Технологии хранения и переработки плодовоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: nugmanov@rgau-msha.ru*

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: В настоящие дни большой популярностью у людей различных стран пользуются напитки вискарная продукция, исторически открытыми в Шотландии и затем распространившимися на территориях России, Америки, Индии и ряда иных государств. Современная Российская производственная отрасль вискарной продукции ставит задачи закупки нового современного оборудования, работающего по инновационным технологиям, повышающим эффективности и интенсивности производственных стадий, с одновременным сохранением и повышением качества и вкусоароматических характеристик создаваемых напитков. При производстве вискарной продукции значимыми факторами, формирующими показатели качества напитков, являются показатели начальных свойств материалов и ответственности при проведении каждой отдельной технологической операции производства. Классическая методика созревания алкоголесодержащих напитков имеет несколько недочетов. Вне зависимости от исполнения древесины, в виде бочки, кубиков, брусков или щепы, предварительная обработка их занимает важные роли в формовке конечных вкусовых и ароматических качеств и извлечения целевых веществ. Многообразие конструкций экстракторов объясняется разнообразием материалов, которые могут быть обработаны в этих устройствах. Поэтому в конструктивных различиях аппаратов для экстрагирования наблюдается разнообразие импульсов движущих сил, которые оказывают влияние на процесс экстрагирования.

Ключевые слова: виски, экстрагирование, дубовые бочки, дубовые кубики, импульс движущей силы.

В настоящие дни большой популярностью у людей различных стран пользуются напитки вискарная продукция, исторически открытыми в Шотландии и затем распространившимися на территориях России, Америки, Индии и ряда иных государств. Создание небольших вискокурен получает популярность за счет своего индивидуального подхода, и очень славятся своей независимостью и особым отношением к потребителям. У предприятий этой области имеется возможность творческого подхода к варке вискарной продукции и других напитков, созданию новых рецептов, возможности использования инновационных технологий, что в свою очередь позволяет разрабатывать новые сорта вискарной продукции. Современные ситуации мирового рынка варки вискарной продукции кружится вокруг основной

проблемы снижения популярности крупнотоннажных производств, спрос на массовую продукцию заметно снижается. В Шотландии, на исторической родине вискарных напитков, открывается много малых инновационных предприятий по созданию собственного сорта вискарной продукции, имеющей отличительные показатели вкусовых и ароматических особенностей.

Современная Российская производственная отрасль вискарной продукции ставит задачи закупки нового современного оборудования, работающего по инновационным технологиям, повышающим эффективности и интенсивности производственных стадий, с одновременным сохранением и повышением качества и вкусоароматических характеристик создаваемых напитков.

Эта тематика относится к актуальному вопросу для индустрий крепкой алкогольной продукции, имеющей возможности современной перестраиваемости технологической и технической направленности.

При производстве вискарной продукции значимыми факторами, формирующими показатели качества напитков, являются показатели начальных свойств материалов и ответственности при проведении каждой отдельной технологической операции производства. Главным начальным материалом для варки вискарной продукции и напитков-аналогов является соложеное сырье (зерна ячменя, пшеницы, ржи, кукурузы). Другим не менее важным сырьем, влияющим на вкусоароматические характеристики вискарной продукции, является качество воды, применение дубовых бочек, которые по традициям исконно применяли на этапе созревания вискарной продукции. Технологический этап созревания дистиллята для вискарной продукции осуществляется в дубовых бочонках и традиционно занимает продолжительное время его протекания. Также ресурсы для изготовления бочек обладают своим рядом требований, что повышает их ценность, и, следовательно, стоимость конечной вискарной продукции.

По своей сути, процессы, осуществляемые в дубовых бочках, относятся к экстракционным процессам. Все явления и характеристики соотносятся с теоретическими аспектами процессов экстрагирования. Процессы экстрагирования, широко применяются в алкогольных промышленности. К вискарной продукции можно отнести несколько схожих по технологическим производственным параметрам напитков – коньяки, бренди, ромы и кальвадосы. Все они содержат в себе этап созревания с целью получения напитками характеристик аромата и вкуса дуба. Более 75% характеристик вкусовой и ароматической направленности раскрываются только на стадии созревания. За основными подготовительными этапами, сбраживанием сусла и перегонкой спиртов, следует разлитие их в дубовые бочонки для дальнейшего созревания. На протяжении этого этапа спирты экстрагируют из дубовой древесины ряд соединений, таких как танинные и альдегидные соединения, которые придают напиткам уникальные ароматы и вкусы. Созревание осуществляется и в новой и в уже применяемых ранее бочонках, в которые предварительно выдерживали другой напиток (обычно виноматериал), что в свою очередь положительно влияет на конечные вкусы и ароматы продукции. Однако высокая стоимость дубовых бочек представляет собой ограничение данного метода, поэтому для

сокращения расходов и упрощения процесса выдержки спиртов можно применять специальные емкости, предварительно эмалированные или сделанные из стекла, в которые помещается дистиллят и древесина дуба. Древесину дуба перед выдержкой так же предварительно необходимо подготовить.

Классическая методика созревания алкоголесодержащих напитков имеет несколько недочетов. Например, требования к соблюдению точного режима температуры и относительной влажности; высокая цена на продажу дубовых бочонков. Для этого, для экономичности и простоты проведения стадии извлечения, созревание алкоголесодержащего напитка может проводиться с использованием твердого компонента дуба в виде кубиков, являющегося продуктом переработки древесины. Подобные кубики изготавливаются из побочного продукта из остатков отборного дерева, которое используется при изготовлении элитной мебели и бочонков для производства вин. На начальном этапе кубики вымачиваются, промываются и проходят термическую обработку в специальных условиях без добавок любого химического вещества до последующего этапа – высушивание, слабая, средняя или сильная обжарка.



Рисунок 1 – Термически обработанные дубовые кубики сильного обжига из сортов французского дуба

Дубовые кубики – разновидность дубовой щепы, имеющая визуально более эстетический вид, рекомендуется для интенсивного и качественного облагораживания крепких алкогольных напитков, для которых важна высокая экстрактивность аромата. Способ облагораживания и ароматизации напитков методом настаивания на дубовых кубиках сильного обжига - всемирно-признанный метод, позволяющий быстро и качественно добиться эффекта многолетней выдержки в дубовых бочках.

Дубовые кубики сильной обжарки по цвету имеют темно-коричневый насыщенный оттенок и обладают слегка горелый запах. Обычно одинакового размера – около 5×5 мм. Обязательно не должны содержать частицы коры.

Вне зависимости от исполнения древесины, в виде бочки, кубиков, брусков или щепы, предварительная обработка их занимает важные роли в формовке конечных вкусовых и ароматических качеств и извлечения целевых веществ. Уменьшение размера дубового материала, позволяет интенсивнее проводить

выдержку вискарной продукции. Качества вискарных напитков, выдержанных в бочонках или резервуарах с дубовыми материалами, так же зависит от количества ранних применений и использований этой древесины. Изучением динамика истощений дубовых материалов в исполнении бочонков и щепы при ее раннем использовании для созревания коньячного спирта занимались различные ученые и проводили экспериментальные исследования. Результаты позволили сделать вывод о том, что эффективнее извлечения ценных веществ в спирты из свежей дубовой бочки (до 75%) осуществляется при первых циклах созревания. Четвертый цикл созревания уже извлекает вещества в спирты менее всего (>15%). Шестой цикл и более истощает внутреннюю часть дубовых бочонков на 95%. Поэтому, следует предположить, что применение закономерностей и практик экстрагирования значительно повлияет на качественные характеристики при приготовлении вискарной продукции.

Экстрагирование (от лат. «extraho» — извлекаю) – процесс извлечений ценных веществ из твердых материалов при помощи действия избирательной способности растворителя, который также называется экстрагент.

Силой, движущей процесс извлечения, является разница концентраций извлекаемых компонентов в растворителе, и в содержащихся внутри твердых веществ, так же во всей массе раствора, входящего в контакт с поверхностью твердой частицы.

Экстрагирование – комплексный процесс, осуществляющийся в ряд стадий [7, 78]:

1) экстрагент попадает в частицу твердого вещества через каналы внутри клеток, подходя к клеточной поверхности, затем через границу оболочки проходит внутри клеток;

2) внутри клеток целевые экстрактивные компоненты растворяются экстрагентом;

3) частицы твердого вещества перемещаются через клеточные перегородки.

4) на поверхности твердого вещества образуется статический диффузионный слой, где происходит молекулярная диффузия веществ.

5) преодолевая сопротивление диффузионного слоя, экстрагируемые частицы растворяются в объеме экстрагента.

Теорию диффузионного экстрагирования разработал А.Г. Касаткин в 1961 году, а в середине 1970-х годов она получила развитие в работах «Экстрагирование (система 'твердое тело-жидкость')» авторов Г.А. Аксельруда и В.М. Лысянского. В то время не было иностранных или советских публикаций, посвященных извлечению растворимых частиц из твердого вещества; рассматривались только вопросы жидкостных экстракций. Особенность данной теории заключается в том, что массоперенос в порах частиц осуществляется за счет молекулярной диффузии.

Это стало отправной точкой для разработки первых методов улучшения процессов экстрагирования, таких как повышение температуры процесса, изменение степени измельчения твердых веществ, выбор оптимальных растворителей, варьирование вязкости растворителя, увеличение

продолжительности процессов и прочее. Исследования показали, что процессы извлечения по своей природе медленные и неэффективные. Они не поддаются стандартным методам улучшения из-за неполного истощения твердого вещества, требовательности к продолжительности процесса и низкой энергоэффективности.

Со временем из-за увеличения объемов производства, увеличением ассортимента продукции на основе экстракта, возникла популярность к исследованиям и развитию процессов извлечения в системе «твердое вещество-жидкость». Также возникла необходимость разработки инновационных методов интенсификации процессов и усовершенствование конструкций аппаратов для их проведения.

На сегодняшний день существует обширный арсенал специализированных устройств, предназначенных для усиления процесса экстрагирования в системе «твердое вещество – жидкость», которые называются экстракторами. Они подразделяются на различные категории в зависимости от нескольких параметров, таких как режим работы, тип циркуляции в устройстве, и конструктивные особенности.

Вот некоторые из них:

- Периодические экстракторы;
- Полунепрерывные экстракторы;
- Непрерывные экстракторы.

Экстракторы могут также классифицироваться по направлению движения жидкой и твердой фазы, а также по конструкции, которая может включать в себя различные типы корпусов и механизмов транспортировки. В зависимости от этого, они могут быть колонно-камерных исполнений, оснащаются шнеками, лопастями, цепями, ковшами, ротационными или ленточными механизмами. Кроме того, они могут быть размещены горизонтально, вертикально или под наклоном, а также могут иметь разные гидродинамические характеристики.

Многообразие конструкций экстракторов объясняется разнообразием материалов, которые могут быть обработаны в этих устройствах.

Поэтому в конструктивных различиях аппаратов для экстрагирования наблюдается разнообразие импульсов движущих сил, которые оказывают влияние на процесс экстрагирования.

Среди исследуемых импульсов в конструкционных особенностях можно встретить следующие:

1) Энергия вибрации

Процесс извлечения происходит в поле низкочастотных механических колебаний, что является сложным процессом с множеством связанных характеристик. Применение низкочастотных колебаний с определёнными частотами и амплитудами создает специальный гидродинамический режим, обеспечивающий чередующееся движение обрабатываемой суспензии. В результате образуются скорости возникновения кавитационных волн и вихрей, что ускоряет процесс обновления поверхностей материала и снижает величину диффузионного слоя.

2) Обработка испаренным экстрагентом

В процессе экстрагирования используется водно-спиртовой раствор в качестве экстрагента. При нагревании испаренные пары спирта поднимаются по паропроводу, охлаждаются и конденсируются, а затем скапливаются в корзинке с экстрагентом. После экстрагирования целевых веществ из сырья раствор перетекает обратно в перегонный куб, обеспечивая непрерывный процесс.

3) СВЧ- или микроволновое облучение

Воздействие на экстрагируемый раствор волнами сверхвысокой частоты вызывает диэлектрический нагрев твердого вещества, что приводит к разрушению клеточной структуры. СВЧ-обработка изменяет структуру растворителя, ускоряя процесс экстрагирования.

4) Обогащение кислородом

Подача кислорода под давлением ускоряет процесс экстрагирования, обновляя поверхность контакта фаз и вызывая окислительные превращения в системе, повышая тем самым интенсивность процесса.

5) Активный гидродинамический режим

Экстрагируемый раствор движется в рабочих камерах аппаратов, создавая пульсации потоков и турбулизацию, что ускоряет процесс экстрагирования и вызывает эффект кавитации.

6) Воздействие активным акустическим режимом

Среди эффективных и безопасных методов физического воздействия можно выделить воздействие акустической кавитации, возникающей при воздействии ультразвуковых волн. Принцип их действия базируется на использовании колебаний звукового или ультразвукового диапазона для активации капель растворителя.

7) Повышенное давление системы

Применение сверхкритического флюида при проведении экстрагирования опирается на высокую растворяющую способность разных сжиженных газов, которые могут сравниться по своим способностям с жидкими органическими растворителями. Этот движущий импульс дает возможность осуществлять фракционирование материалов, а также регенерировать растворитель без дополнительного подвода энергии за счет высокого давления системы.

Различные импульсы движущей силы при экстрагировании образуют эффекты кавитации. Кавитация – это процесс образования и конденсирования областей паров в потоках жидкостей, с одновременным возникновением шума, а также гидравлическим ударом. В результате образуются полости, заполненные паром самой жидкости. Такое явление возникает при местном понижении давления в жидкости и может быть вызванным воздействием интенсивных ультразвуковых волн.

Для ускорений процессов выдержки дистиллятов при приготовлении крепкой алкогольной продукции, включая виски и коньяк, используют передовые методы, способствующие значительному увеличению скорости экстрагирования в системе «твердое тело – жидкость».

Сравнительный анализ различных способов обработки для интенсификации процесса экстрагирования при производстве вискарной продукции позволяет подобрать параметры проведения стадии созревания,

которая снизит продолжительность протекания процесса, тем самым снизив себестоимость конечного напитка. Снижение себестоимости и затрат на производство продукции является актуальной задачей для организаций всех отраслей. Это становится достижимым только при правильном подборе оборудования. Поэтому, исходя из производимой продукции, необходимо качественно изучить рынок и конструкции предлагаемых аппаратов. Затем подобрать именно тот, который показал свою эффективность с обрабатываемым сырьем.

Библиографический список

1. Федоренко, Б.Н. Определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Сокслета при получении спиртовой настойки из ягод клюквы / Б. Н. Федоренко, Д. М. Бородулин, М. В. Просин [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 115-123. – DOI 10.21603/2074-9414-2020-1-115-123
2. Borodulin, D. M. Investigation of Influence of Oxygen on Process of Whiskey Ripening in New Design of Extractor / D. M. Borodulin, A. N. Potapov, M. V. Prosin // *International scientific and practical conference "Agro-SMART - Smart solutions for agriculture" (Agro-SMART 2018)*, Tyumen, 16–20 июля 2018 года. Vol. 151. – Tyumen: Atlantis Press, 2018. – P. 578-583
3. Borodulin, D.M. Comparative analysis of extraction methods in distilled drinks production / D. M. Borodulin, I. Yu. Reznichenko, M. V. Prosin, A. V. Shalev // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh*, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 022060. – DOI 10.1088/1755-1315/640/2/022060
4. Бородулин, Д.М. Исследование влияния микроволнового воздействия на процесс созревания висковых дистиллятов / Д. М. Бородулин, М. В. Просин, М. Н. Потапова, А. В. Шалев // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2019. – № 4. – С. 141-153. – DOI 10.36107/spfp.2019.154
5. Бородулин, Д.М. Исследование процесса охмеления пивного сусла с применением современного оборудования / Д. М. Бородулин, Е. А. Сафонова, М. В. Просин, И. О. Миленский // *Современные материалы, техника и технологии*. – 2017. – № 3(11). – С. 16-21
6. Метелева, Е.В. Цифровая трансформация в области промышленной безопасности и охраны труда / Е. В. Метелева, М. В. Просин, И. Ю. Резниченко // *Пищевые инновации и биотехнологии. Том 2*. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2021. – С. 216-217
7. Borodulin, D. The use of Soxhlet extractor for the production of tinctures from plant raw materials / D. Borodulin, M. Prosin, I. Bakin [et al.] // *E3S Web of Conferences*. – Rostovon-Don, 2020. – P. 08010. – DOI 10.1051/e3sconf/202017508010
8. Помозова, В.А. Совершенствование процесса затириания при производстве пива / В. А. Помозова, А. Н. Потапов, У. С. Потитина, М. В. Просин // *Вестник КрасГАУ*. – 2012. – № 12(75). – С. 191-196

9. Патент № 2445143 С1 Российская Федерация, МПК В01D 11/02, В01F 7/00. Роторно-пульсационный экстрактор с промежуточной обработкой продукта : № 2010132595/05 : заявл. 03.08.2010 : опубл. 20.03.2012 / А. Н. Потапов, Е. А. Светкина, А. М. Попик, М. В. Просин ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кемеровский технологический институт пищевой промышленности

10. Просин, М.В. Роторно-пульсационные аппараты для экстрагирования в системе твердое тело - жидкость / М. В. Просин, А. Н. Потапов, А. С. Иванова, Е. С. Полищук // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2014. – № 5(10). – С. 70-75.

11. Бородулин, Д.М. Сравнительный анализ качества солода различных производителей для приготовления солодовых висковых дистиллятов / Д. М. Бородулин, И. Ю. Резниченко, А. В. Шалев, М. В. Просин // Пиво и напитки. – 2019. – № 2. – С. 64-69

12. Бородулин, Д.М. Исследование совместного влияния сверхвысокочастотного излучения и кислорода на процесс экстрагирования в технологии получения спиртных напитков / Д. М. Бородулин, И. Ю. Резниченко, М. В. Просин [и др.] // Пиво и напитки. – 2020. – № 2. – С. 15-19. – DOI 10.24411/2072-9650-2020-10012

13. Turova, N. The use of functional food products for the prevention of vitamin deficiency in people with increased physical and neuropsychic stress on the example of firefighters-rescuers / N. Turova, E. Stabrovskaya, N. Vasilchenko [et al.] // E3S Web of Conferences. Vol. 273. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202127313008

14. Патент № 2733131 С1 Российская Федерация, МПК С12Н 1/16, С12G 3/07, С12Н 1/22. Способ производства виски: № 2019142767 : заявл. 17.12.2019: опубл. 29.09.2020 / Д. М. Бородулин, А. В. Шалев, М. В. Просин, К. Э. Демченко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кемеровский государственный университет" (КемГУ)

15. Патент № 2707219 С1 Российская Федерация, МПК В01D 11/02. Экстрактор периодического действия для извлечения целевых компонентов с рецикл-каналами : № 2019109707 : заявл. 02.04.2019 : опубл. 25.11.2019 / Д. М. Бородулин, А. В. Шалев, М. В. Просин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кемеровский государственный университет" (КемГУ)

16. Просин, М. В. Усовершенствование экстракторов для системы твердое тело - жидкость / М. В. Просин // Научный вклад молодых ученых в развитие пищевой и перерабатывающей промышленности АПК / ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии, Россельхозакадемия. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Россельхозакадемии, 2013. – С. 370-373

17. Потапов, А. Н. Интенсификация процесса экстрагирования в роторно-пульсационном аппарате новой конструкции / А. Н. Потапов, М. В. Просин, А. М. Магилина, У. С. Потитина // Известия высших учебных заведений. Пищевая

технология. – 2013. – № 1(331). – С. 97-99

18. Borodulin, D. M. Influence of Microwave Radiation on Whiskey Distillate Quality Indicators / D. M. Borodulin, M. V. Prosin, A. V. Shalev, Ya. S. Golovacheva // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – P. 1701-1713. – DOI 10.21786/bbrc/14.4.48.

19. Prosin, M. Research of extractors for the extraction of target components from plant materials of various internal structures / M. Prosin, D. Borodulin, E. Safonova, Y. Golovacheva // E3S Web of Conferences. Vol. 273. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. – P. 01031. – DOI 10.1051/e3sconf/202127301031

20. Бородулин, Д.М. Разработка новых заторно-сусловарочно-фильтрационных аппаратов для производства крафтового пива / Д. М. Бородулин, А. В. Шалев, Е. А. Сафонова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 4. – С. 630-641. – DOI 10.21603/2074-9414-2020-4-630-641

21. Патент № 2687418 С1 Российская Федерация, МПК В01F 11/00, В01F 7/00. Роторно-пульсационный аппарат : № 2018130193 : заявл. 20.08.2018 : опубл. 13.05.2019 / Д. М. Бородулин, Е. А. Сафонова, М. В. Просин, К. М. Сидорин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кемеровский государственный университет" (КемГУ).

22. Сафонова, Е. А. Применение гидромеханической кавитации и низкочастотных упругих колебаний в пивоваренной промышленности / Е. А. Сафонова, Д. М. Бородулин, М. В. Просин // Инновации в пищевой биотехнологии : Сборник трудов Международного симпозиума, Кемерово, 14–16 мая 2018 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. – С. 358-361.

23. Просин, М. В. Разработка и исследование роторно-пульсационного экстрактора для интенсификации процесса затириания при производстве пива : специальность 05.18.12 "Процессы и аппараты пищевых производств" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Просин Максим Валерьевич. – Кемерово, 2014. – 150 с.

STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF EXTRACTION AND ITS HARDWARE IN THE PRODUCTION OF VARIOUS TYPES OF WHISKER PRODUCTS

*Prosin Maxim Valerievich, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Processes and Processing Equipment,
Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A.*

Timiryazev, e-mail: prosinmv@yandex.ru

*Borodulin Dmitry Mikhailovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor,
Director of the Technological Institute, Russian State Agrarian University - Moscow
Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,*

e-mail: borodulin@rgau-msha.ru

Makarov Sergey Sergeevich, Doctor of Agricultural Sciences Sciences,

Director of the Institute of Horticulture and Landscape Architecture, Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
e-mail: s.makarov@rgau-msha.ru

Chudetsky Anton Igorevich, Ph.D. agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
e-mail: chudetski@rgau-msha.ru

Nugmanov Albert Khamed-Kharisovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Professor of the Department of Technologies for Storage and Processing of Fruits, Vegetables and Plant Growing Products, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
e-mail: nugmanov@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: Nowadays, whiskey drinks, which were historically discovered in Scotland and then spread to the territories of Russia, America, India and a number of other countries, are very popular among people from different countries. The modern Russian whiskey production industry sets the task of purchasing new modern equipment that uses innovative technologies that increase the efficiency and intensity of production stages, while simultaneously maintaining and improving the quality and flavor and aroma characteristics of the created drinks. In the production of whiskey products, significant factors that form indicators of the quality of drinks are indicators of the initial properties of materials and responsibility for each individual technological production operation. The classical method of maturing alcoholic beverages has several disadvantages. Regardless of the type of wood, in the form of barrels, cubes, bars or chips, their pre-processing plays an important role in shaping the final taste and aromatic qualities and extracting target substances. The variety of extractor designs is due to the variety of materials that can be processed in these devices. Therefore, in the design differences of extraction apparatuses, there is a variety of driving force impulses that influence the extraction process.

Key words: whiskey, extraction, oak barrels, oak cubes, driving force impulse.

УДК 676.012.43

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Бредихин Сергей Алексеевич, д-р техн. наук, профессор кафедры Процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: Sbredihin_kpia@rgau-msha.ru

Андреев Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры
*Процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.
Тимирязева», e-mail: v.andreev@rgau-msha.ru*

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.
Тимирязева, Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация. Технологическое оборудование занимает важное место в сохранении и формировании качества пищевых продуктов. Создание и эксплуатация технологического оборудования для пищевых производств должно проводиться на основе изучения закономерностей формирования и прогнозирования показателей качества сырья и готовых продуктов. Показано влияние на качество продукта надёжности, технологичности конструктивных элементов оборудования. Приведены сведения об изменении реологических и теплофизических свойств пищевого сырья при механической и тепловой обработке.

Ключевые слова технологическое оборудование, рабочие органы, надёжность, качество, пищевые продукты, реологические свойства, удельная теплоёмкость.

Для сохранения и обеспечения качественных показателей и показателей безопасности продуктов питания необходимо учитывать сырьё, правильное ведение процессов его переработки и конструкцию применяемого оборудования, автоматизированных систем, режимные параметры хранения на перерабатывающем предприятии и при реализации в торговых организациях. Кроме того, на качество пищевых продуктов влияют различные факторы, составляющие свойства, состав, вид сырья и ингредиентов рецептуры, а также верного выбора режимов технологической переработки.

Технологическое оборудование (рис. 1) предназначено для технической реализации технологических процессов переработки сырья. Требования к конструкции оборудования пищевой индустрии включают не только требования, свойственные изделиям машиностроения, но и учитывающие требования санитарии и безопасности обрабатываемого сырья. Это относится к используемым конструкционным материалам, деталям и узлам, контактирующим с продуктом и оказывающим на него деформационное и энергетическое воздействие. Такие требования определяются спецификой перерабатываемого сырья и условиями эксплуатации оборудования, влияющими на качественные показатели готового продукта.

На качество продукции влияет надёжность оборудования, Она определяется конструктивными и технологическими аспектами его изготовления и эксплуатации. Конструкция аппаратов должна исключать риск попадания в продуктовую зону посторонних предметов, смазочных масел, ржавчины или металлической пыли от износа деталей при различных режимах, в том числе и

неблагоприятных, эксплуатации. Неэффективная работа оборудования, его сбой приводит к нарушению работы всей технологической линии, нарушает процессы, что приводит к снижению качества продукта и материальным потерям.



Рисунок 1 – Схемы переработки пищевого сырья

Материалы рабочих органов оборудования, которые контактируют с сырьём во время его обработки, не должны выделять примесей, способных загрязнить пищевую продукцию и снизить её качество. Цвет конструкционных материалов в продуктовой зоне не должен влиять на оценку качества пищевой продукции и усложнять обнаружение загрязнений. Материалы, используемые для производства рабочих органов, деталей и узлов, контактирующих с продуктом, должны иметь разрешение на взаимодействие с пищевыми продуктами. Конструкционные материалы, из которых изготовлены основные узлы и детали, контактирующие с продуктом, должны быть устойчивыми при санитарной обработке моющими и дезинфицирующими растворами.

Надежность оборудования при эксплуатации обеспечивают использованием покрытий, рабочих поверхностей. Покрытия для технологического оборудования должны обладать необходимыми эксплуатационными характеристиками, быть нетоксичными и устойчивыми к микроорганизмам, а также обеспечивать не прилипание продукта к поверхности контакта

В продуктовой зоне оборудования должны отсутствовать непромываемые места, глухие карманы, щели, перегородки, ступеньки, кромки, резкие сужения поперечного сечения, которые не обусловлены требованиями технологического процесса. Ёмкости, резервуары для хранения и детали, контактирующие с продуктом, должны иметь гладкую, легкоочищаемую поверхность без щелей, зазоров и выступов, затрудняющих их чистку и санитарную обработку.

В продуктовой зоне оборудования должны отсутствовать заклепки, болты, точечная сварка, соединения внахлест. В качестве смазочного материала в этой зоне разрешено применять только пищевые масла.

Все поверхности продуктовой зоны должны быть доступны для санитарной обработки и контроля. Оборудование должно быть спроектировано так, чтобы разборка для санитарной обработки была удобной и при последующей сборке не приводила к нарушению обеспечивала точность при последующей сборке. Это позволяет осуществлять санитарную обработку без разборки оборудования и полностью удалять моющие растворы.

Рабочие органы оборудования воздействуя на сырьё, должны сохранять или изменять его свойства для достижения заданных технологических целей. Износ рабочих органов во время эксплуатации неизбежно влияет на качество получаемого продукта.

В технологическом оборудовании для которого применяют безразборную мойку, необходимо иметь возможность его разборки для ручной очистки и визуального контроля. Съёмные и разборные Детали оборудования для разбора должны иметь легкоразборные соединения.

На качество продукта влияют конструктивные и кинематические параметры оборудования, его надёжность и технология изготовления рабочих органов. Качество продукта, полученного после обработки в соответствующем оборудовании, характеризуется совершенством конструкции его рабочих органов и является важным критерием для сравнения разных типов оборудования.

При оценке качества продукта следует учитывать не только его органолептические, но и другие свойства, которые свидетельствуют о сохранении пищевой и биологической ценности, влияющей на усвоение продуктом организма человека. Кроме того, для учёта возможных и допустимых изменений в технологической обработке следует подбирать машины и аппараты, имеющие определённые особенности конструкции рабочих органов. Это необходимо для выработки качественных и биологически полноценных продуктов питания. Так, например, выбор конструкции перемешивающего устройства зависит от вязкостных свойств продукта (табл. 1)

Таблица 1

Выбор конструкции перемешивающего устройства в зависимости от вязкостных свойств продукта

№ п.п.	Вязкость среды, Па·с	Конструкция мешалки
1	10^{-3} 10	пропеллерная
2	10^{-3} 50	турбинная
3	10^{-1} 50	лопастная
4	10^{-1} 10^2	якорная
5	5 $5 \cdot 10^2$	шнековая

Рациональная работа технологического оборудования учитывает функционально-технологические свойства сырья и пищевых продуктов. Качественные показатели пищевых продуктов зависят структурно-механических, теплофизических свойств сырья и режимных параметров

технологических процессов обработки.

Механическая обработка включает воздействие на сырьё с целью его измельчения, разделения на фракции, повышения гомогенности и однородности компонентов, а также обработки давлением и нормализации соотношения массовой доли жира и сухих веществ в сырье и готовом продукте. Пищевое сырьё и продукты подвергаются интенсивному механическому воздействию рабочих органов оборудования, что вызывает деформации сжатия, растяжения и сдвига в обрабатываемых объектах. Преобладающие типы деформаций зависят от конструкции рабочих органов и траектории их движения. В результате в различных машинах одни и те же продукты могут приобретать различные реологические свойства, обусловленные процессами структурообразования. Это, в свою очередь, влияет на дальнейшую обработку и транспортирование продуктов.

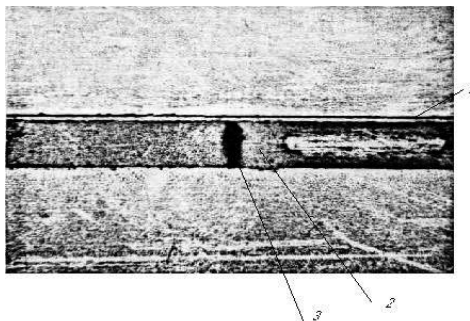


Рисунок 2 – Эпюра распределения скорости измельчённой трески по поперечному сечению потока цилиндрического канала диаметром канала 0,0515 м (размер частиц продукта 0,005 м; 1 - стенка цилиндрического канала, 2 - продукт. 3 - эпюра)

Авторами определены реологические свойства реологические свойства измельченного сырья животного происхождения и его поведение при транспортировании в цилиндрических каналах. Исследовано было измельчённое мясное, рыбное сырьё с размером частиц продукта 0,005-0,0015 м и куттерованное. На рис. 2 приведена зависимость напряжения сдвига от скорости течения для измельчённой трески при её движении в цилиндрических каналах.

Анализ полученных графиков показал, что измельчённое сырьё с различными размерами частиц ведёт себя одинаково. Движение рыбного сырья происходит без сдвиговых деформаций в объёме, то есть имеет поршневой режим движения. Построенные зависимости напряжения сдвига на стенке капилляра ($\theta_{ст}$) от средней скорости потока продукта ($\omega_{ср}$) для трески с разной степенью измельчения (0,005 м, 0,0015 м) и трески, обработанной в куттере, подтвердили вышеизложенное. Зависимости $\theta_{ст} = f(\omega_{ср})$ при различных

значениях диаметра капилляра сходятся в одну линию (рис. 2).

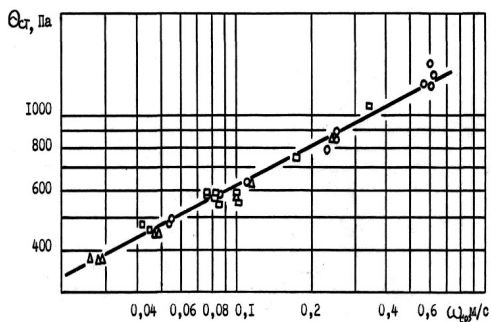


Рисунок 3 – Зависимость напряжения сдвига от средней скорости течения измельченной трески в цилиндрических каналах диаметром: ω - 0,0515 м; Δ - 0,0390 м; θ - 0,0325 м., размер частиц продукта 0,0050 м

Определено, что тонкое измельчение мясного сырья приводит к появлению деформации в объёмных слоях, тогда как у тонко измельчённой трески этого не наблюдается. Поршневой режим движения измельчённой трески в цилиндрических каналах обусловлен высокой сдвиговой прочностью сырья.

В исследованных диапазонах движения измельчённого сырья выявлена характерная особенность его деформирования при постоянных напряжениях сдвига. Эта особенность заключается в том, что в определённых диапазонах деформирования наблюдается неравномерное движение продукта по каналу и пульсация давления. Данная характеристика также свойственна измельчённому мясному сырию.

Учет неравномерного движения измельчённого продукта необходим при его транспортировке по трубопроводам. Такая неравномерность может нарушить стабильную работу непрерывно-действующего технологического оборудования и снизить качество продукта.

Таблица 2 содержит характерные экспериментальные данные о расходно-напорных характеристиках измельчённой трески, полученной на волчке с диаметром отверстий решётки 0,003 м, при движении по цилиндрическим каналам разного диаметра.

Из таблицы видно, что при расходе менее $10,3 \times 10^{-5}$ м³/с сырьё движется по каналу диаметром 0,0515 м стабильно. При увеличении расхода устойчивый режим сменяется неустойчивым, и при расходе более $53,4 \times 10^{-5}$ м³/с измельчённый продукт снова движется стабильно. Полученные результаты необходимо учитывать при транспортировке измельченного сырья по трубопроводам.

Одним из приоритетных направлений является использование

технологического оборудования, имеющего систему контроля свойств сырья.

Таблица 2

Расходно-напорные характеристики при движении измельчённой трески цилиндрических каналов

Диаметр канала, м	Рабочее давление, $P \cdot 10^{-5}$, Па	Производительность, $V_c \cdot 10^{+5}$, м ³ /с	Режим движения
0,0515	0-0,90	0-10,3	Устойчивый
	0,90-1,10	10,6-45,3	Неустойчивый
	1,10-1,23	45,3-53,4	Неустойчивый
	0,75	53,4-58,0	Устойчивый
0,0390	0-1,20	0-5,2	Устойчивый
	1,20-1,60	9,3-35,8	Неустойчивый
	1,60-2,33	35,8-50,4	Неустойчивый
	0,83	50,4-56,2	Устойчивый
0,0325	0,-2,20	0-5,5	Устойчивый
	2,20-2,55	19,7-45,0	Неустойчивый
	2,55-3,25	45,0-52,0	Неустойчивый
	0,87	53,0-56,0	Устойчивый

Такое оборудование позволяет изменять режимы обработки, тем самым сохраняя нативные свойства сырья и вырабатывая качественные пищевые продукты. Кроме того, оборудование обеспечивает и нормативный выход продукта при механической обработке.

В рыбообработочном оборудовании использование таких систем имеет большое значение, поскольку это связано с геометрическим сходством сырья, обрабатываемого машиной. Известно, что рыбы одного вида, имеющие разные размеры, геометрически подобны: существуют линейные и другие зависимости между различными размерами рыбы, такими как масса и площадь тела. Для большинства видов рыбы линейные зависимости имеют вид:

$$f(L) = (l_1, l_2, l_{y.z.}, \dots, b, h),$$

где L – биологическая длина; $l_1, l_2, l_{y.z.}$ - размеры от начала рыла до

характерных точек на теле рыбы; b, h – толщина и высота тела рыбы. Например, длина головы минтая $l_2 = 0,19L + 13$, наибольшая толщина тела сайры $b = 0,775L - 3$; высота тела сайры $h = 0,1287L + 0,1$. Создать или подобрать машину, не изучив сырьё и его геометрическое сходство, практически невозможно.

Тепловая обработка сырья и продуктов приводит к сложным изменениям биохимических и физико-химических свойств, а также видоизменяет составные части. Цель тепловой обработки многообразна: снижение количества микроорганизмов и уничтожение патогенных форм, инаktivация ферментов для повышения стойкости при длительном хранении, обеспечение специфических вкуса, запаха, цвета и консистенции, создание благоприятных температурных условий для микробиологических процессов, выпаривания, хранения, механической обработки и других.

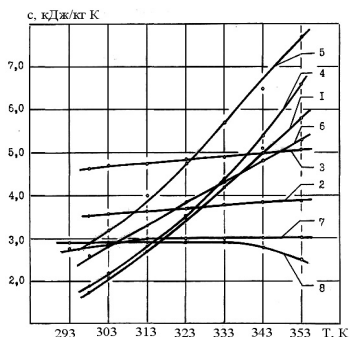


Рисунок 4 – Зависимость удельной теплоёмкости от температуры: 1 - измельченная треска; 2, 3 – мясо птицы после механической обвалки, соответственно кур и уток; консервы: 4 - "Пюре мясное детское"; 5 - "Мальш для детского питания"; 6 - Пудинг рыбный для детского питания; 7, 8 - измельчённая говядина, свинина, соответственно

Режимные параметры тепловой обработки сырья и продуктов зависят от их теплофизических свойств. Автором исследовано влияние температуры на теплофизические свойства сырья животного происхождения и измельчённых продуктов (рис. 4). Определено, что значения удельной теплоёмкости в исследованном диапазоне температуры для всех видов продуктов и 1,7 раза.

Создание, совершенствование и эксплуатация технологического оборудования для пищевых производств должны основываться на изучении закономерностей формирования и прогнозирования качества сырья и готовых продуктов. Показатели качества необходимо учитывать на стадии проектирования оборудования, а в процессе производства должна быть

предусмотрена система контроля и управления качеством.

Для сохранения нативности сырья и качества пищевого продукта применяют высокоинтенсивные процессы, соблюдая их щадящие режимы. Такие подходы способствуют поддержанию важных составляющих качества продуктов. В большинстве случаев наиболее тонкие различия в качестве выявляются только с помощью субъективных методов. Даже если данные объективной оценки подтверждают качество продукта (по составу, физико-химическим свойствам, показателям безопасности), их нужно дополнить результатами органолептической оценки.

Единичные показатели качества пищевых продуктов должны применяться при оценке технического уровня оборудования. Для этого необходимо установить аналитические и эмпирические зависимости, а также создать математические модели взаимосвязи качества получаемого продукта с конструктивными, кинематическими и технологическими параметрами машин. Такой подход позволит выбрать наиболее рациональные конструкции оборудования, сократить разнообразие машин, упростить их эксплуатацию и обеспечить производство высококачественных пищевых продуктов.

Библиографический список

1. Bredihin S.A., Andreev V.N., Martekha A.N., Schenzle M.G., Korotkiy I.A. Erosion potential of ultrasonic food processing. *Foods and Raw Materials*. 2021. Т. 9. № 2. С. 335-344.
2. Антипов С.Т., Бредихин С.А., Овсянников В.Ю., Панфилов В.А. Индустриальные технологические комплексы продуктов питания: СПб.: Лань, 2020. – 440 с.
3. Бредихин С.А. Технологическое оборудование переработки молока 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2024. – 412 с.
4. Бредихин С.А., Бредихин А.С., Жуков В.Г., Космодемьянский Ю.В., Якушев А.О. Процессы и аппараты пищевой технологии 2-е изд., стер. СПб.; Лань, 2023. – 544 с.
5. Березовский Ю.М., Бредихин С.А., Андреев В.Н., Мартеха А.Н. Инженерная реология. Физико-механические свойства и методы обработки пищевого сырья: учебное пособие для вузов, 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. – 192 с.
6. Андреев В.Н., Березовский Ю.М. Моделирование процессов формирования структур пищевых полуфабрикатов и формования готовых изделий: монография. М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2019. - 168 с.

IMPACT OF PROCESS EQUIPMENT DESIGN ON FOOD QUALITY

Bredikhin Sergey Alekseevich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor of the Department of Processes and Processing Equipment, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: Sbredihin_kpia@rgau-msha.ru

Andreev Vladimir Nikolaevich, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Processing Equipment, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: v.andreev@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: Technological equipment occupies an important place in preserving and forming the quality of food products. Creation and operation of technological equipment for food production should be carried out on the basis of studying the regularities of formation and prediction of quality indicators of raw materials and finished products. The influence of reliability, manufacturability of constructive elements of the equipment on the product quality is shown. The data on change of rheological and thermophysical properties of food raw materials at mechanical and thermal processing are given.

Key words: technological equipment, working bodies, reliability, quality, food products, rheological properties, specific heat capacity.

УДК 664:658.513

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА БАЗЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА

Волошина Елена Сергеевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: voloshina@rgau-msha.ru

Дунченко Нина Ивановна, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой Управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: ndunchenko@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: в статье представлена разработанная авторами процедура управления рисками пищевого предприятия на базе процессного подхода. Процедура включает пять этапов: идентификацию и декомпозицию процессов с помощью нотации IDEF0; формирование реестров технологических рисков; выявление причинно-следственных связей источников рисков; анализ и определение статуса рисков. Авторами сформулированы принципы идентификации процессов пищевого предприятия. В рамках совокупной системы были выделены основные, вспомогательные и процессы менеджмента.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход, процессный подход, управление безопасностью пищевой продукции, совокупная система управления рисками.

Внедрение на предприятиях пищевой промышленности систем обеспечения безопасности продукции в современных условиях является обязательным требованием российского законодательства [1,2]. Это обязательство связано, в первую очередь с возрастающими рисками массовых отравлений и алиментарных болезней. Применение риск-ориентированного подхода позволяет всесторонне проанализировать вероятности возникновения негативных последствий рисков событий, и, как следствие, сформировать эффективную систему управления качеством и безопасностью пищевого предприятия (СМБПП). Современные версии стандартов, содержащие требования к СМБПП, условно делят мероприятия по минимизации опасных факторов на два уровня [3,4]. Первый уровень – это формирование результативной программы обязательных предварительных мероприятий – минимально необходимый набор процедур, позволяющий обеспечить выпуск безопасной продукции. Второй уровень – это хорошо зарекомендовавшая себя система НАССР, позволяющая за счет процедур мониторинга и корректирующих действий, идентифицировать и отслеживать спонтанно возникающие опасности. Оба эти уровня эффективно снижают вероятности наступления негативных последствий для потребителя в результате микробиологических, физических, химических и аллергенных опасных факторов, однако, не учитывают риски связанные с умышленной порчей продукции, биотерроризмом и экономической фальсификацией. Актуальность исследования обоснована, возрастающими угрозы современного общества, накладывающими на производителей пищевой продукции дополнительную ответственность перед потребителем в части обеспечения безопасности продуктов питания, реализовать которую возможно только за счет применения современной совокупной системы управления рисками на базе процессного подхода.

В работе представлен метод управления технологическими и организационными рисками, возникающими на пищевом предприятии, позволяющий снизить вероятность выпуска несоответствующей установленным требованиям продукции и повысить удовлетворенность потребителей.

Согласно исследованиям [5,6,7] управление рисками является наиболее эффективным способом обеспечения безопасности и качества пищевой продукции. Структурированное управление рисками включает в себя идентификацию, классификацию и анализ описных факторов [8]. Ошибки совершенные на первом этапе идентификации могут весьма негативно сказаться на дальнейшей работе и эффективности всей совокупной системы управления рисками. В связи с этим, нами предложено на этапе идентификации и классификации рисков применять процессорный подход, который позволяет детализировать процессы и упростить идентификацию рисков для каждого из них. Данный подход предполагает представление деятельности предприятия как

комплекс взаимосвязанных процессов. Применение процессного подхода обусловлено значительными преимуществами перед традиционной функционально-иерархической моделью, к ним можно отнести усиление управляемости процессами, увеличение скорости принятия решения, а также исключение дублирующих операций [9].

Проведенный анализ процессов осуществления деятельности по выпуску пищевой продукции свидетельствует о том, что идентификацию процессов совокупной системы управления рисками наиболее результативно проводить, основываясь на этапах жизненного цикла продукции. Конкретизация этапов осуществляется с учетом применяемых технологий и организационной модели предприятия.

Нотация IDEF0 позволяет провести дальнейшую декомпозицию процессов. Сущность метода заключается в графическом представлении этапов или подпроцессов деятельности, а также направлений взаимодействия. Функциональный блок отображается подпроцесс или операцию, а интерфейсные дуги – взаимодействия и взаимосвязи. Авторами установлено несколько типов разветвления интерфейсных дуг: простое разветвление, когда одна стрелка включается в два или более блоков; и сложное, когда интерфейсная дуга процесса высшего уровня разветвляется в процессах последующих уровней. Авторы рекомендуют начинать декомпозицию технологических процессов с применения методологии вытягивающего потока, т.е. начинать с завершающего процесса и далее по восходящей траектории от анализируемого процесса к предшествующему, т.н. внутреннему поставщику.

Авторами предложена структурная схема (рис.1), применение которой позволяет классифицировать процессы по типам на основе анализа входов, выходов, ресурсов, управляющих воздействий и взаимодействий между ними [10]. Предложенная методология классифицирует процессы на основные, вспомогательные и процессы управления. Процессы, с признаками нескольких типов относят к смешанным.

Исходя из вышеизложенного, были сформулированы следующие принципы идентификации и классификации процессов пищевого предприятия:

1. Выделение процессов совокупной системы управления рисками базируется на стадиях жизненного цикла продукции. Набор и количество стадий определяется в соответствии с организационной структурой предприятия, а также спецификой выпускаемой продукции.

2. Выбор процессов осуществляется с учетом функций, выполняемых в пределах существующих организационных подразделений.

3. При декомпозиции процесса следует учитывать возможность простого и сложного разветвления потоков.

4. Определение границ процессов осуществляется на основе технологии вытягивающего потока, при этом описание процессов происходит по цепочке от конечного потребителя к поставщику.

5. Идентификация и классификация процессов по типам осуществляется на основе анализа входов, выходов, ресурсов, управляющих воздействий и взаимодействий между ними в соответствии с разработанной

структурной схемой (рис. 1).

6. Процессы, образующие выходы нескольких типов, относят к смешанным.

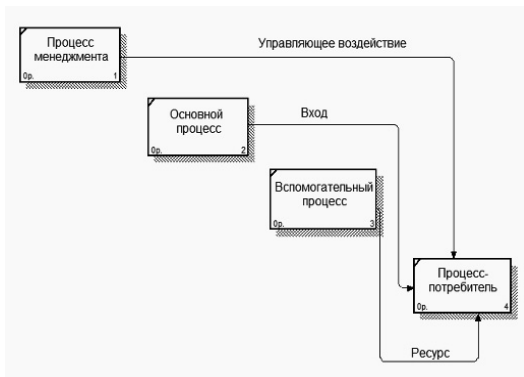


Рисунок 1 – Схема классификации процессов по типам

Предложенные принципы идентификации и классификации процессов рекомендуется использовать в качестве рекомендаций при разработке совокупной системы управления рисками на предприятиях пищевой промышленности.

В качестве наглядного примера в статье представлена диаграмма процесса «Постановка на производство нового вида продукции» (рис.2).

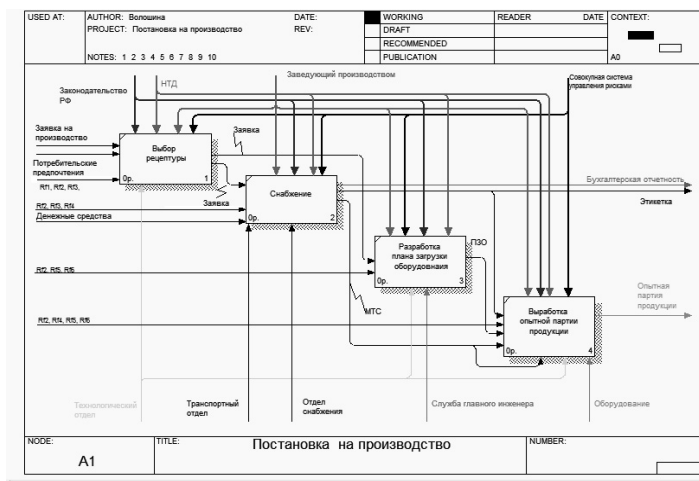


Рисунок 2 – Диаграмма A1 Процесс «Постановка на производство»

Функциональные блоки отражают процессы более низкого уровня или подпроцессы, стрелки слева обозначают входы процесса, стрелки справа — выходы, стрелки входящие в функциональные блоки снизу характеризуют ресурсы, которые участвуют в процессе, но не меняются в ходе его реализации. Стрелки сверху — это управляющее воздействие, кроме требований законодательства, нормативной и технической документации, а также распоряжений владельца процесса, к ним отнесены требования совокупной системы управления рисками.

К основным процессам отнесены: выбор рецептуры, разработка плана загрузки оборудования, выработка опытной партии продукции; к вспомогательным – снабжение. На диаграмме также указаны факторы риска для каждого этапа процесса.

Для пищевой продукции можно выделить следующие значимые факторы риска:

- Rf1: доля влияния объекта исследования на безопасность населения
- Rf2: неопределённость внешней среды
- Rf3: неопределённость состава исходного сырья
- Rf4: посторонние включения
- Rf5: санитарное состояние производства
- Rf6: личная гигиена сотрудников

Факторы риска Rf4, Rf5, Rf6 (посторонние включения, санитарное состояние производства, личная гигиена сотрудников) являются определяющими, прежде всего для операционных рисков и эффективно купируются системой HACCP. Однако, такой фактор риска как Rf4, посторонние включения, может быть вызван умышленным загрязнением сырья или продукции в результате биотерроризма или вредительства и в этом случае система HACCP может оказаться не состоятельна. Это указывает на необходимость применения более широкого спектра инструментов управления рисками, в частности, разработку и внедрение систем VACCP (Vulnerability Assessment Critical Control Point) и TACCP (Threat Assessment Critical Control Point).

Основными источниками информации при разработке Плана HACCP, VACCP, TACCP являются:

- требования нормативной документации к сырью, материалам и веществам, контактирующим с полуфабрикатами и готовой продукцией;
- санитарные, ветеринарные правила и нормы;
- технические регламенты ЕАЭС, регламентирующие показатели безопасности;
- технологические документация производства;
- результаты анкетирования сотрудников;
- данные с камер наблюдения;
- анализ «слепых» зон.

В нашей работе оценку организационных рисков проводили с применением анализа рисков технологических систем [ГОСТ Р 51901.1-2002]. В результате анализа опасных факторов составлен реестр технологических рисков

для каждого выделенного ранее процесса, который включает идентификационный индекс риска, наименование риска и описание. В качестве примера в работе приведен реестр физических рисков при производстве мясной продукции (табл. 1)

Разработанные авторами реестры рисков могут успешно применяться как элемент совокупной системы управления рисками либо самостоятельно в рамках систем HACCP, VACCP, TACCP. Применение реестров риска позволяет вести базу данных потенциальных и реальных опасностей, с учетом деления на 4 типа рисков: физические, химические, биологические и аллергены. Реестр включает наименование и индекс риска, а также характеристику опасности. При разработке реестров риска необходимо учитывать нормативные требования к объекту исследования, технологические особенности производства, специфику предприятия, а также иную доступную научно подтвержденную информацию о видах опасности и вероятности их возникновения.

Таблица 1

Реестр физических рисков для процесса «выработка опытной партии процесса»

Индекс риска	Наименование риска	Характеристика риска
Ph001	Упаковочные материалы	Часть упаковки бумажной, картонной, пластиковой, полиэтиленовой.
Ph002	Стекло	Может присутствовать в сырье или попасть в продукцию в процессе производства.
Ph003	Дерево	Может присутствовать в сырье или попасть в продукцию в процессе производства (например: паллеты, строительные материалы, инструменты, используемые персоналом)
Ph004	Камни	Может присутствовать в сырье или попасть в продукцию в процессе производства (строительные материалы, почва)
Ph005	Металл	Может присутствовать в сырье или попасть в продукцию в процессе производства (сколы с оборудования, провода, личные вещи персонала)
Ph006	Кости	Может присутствовать в сырье или попасть в результате неправильной переработки сырья
Ph007	Личные вещи	Предметы, принадлежащие персоналу
Ph008	Насекомые	Являются переносчиками болезнетворной микрофлоры и возбудителей порчи
Ph009	Грызуны	Являются переносчиками болезнетворной микрофлоры и возбудителей порчи
Ph010	Пыль	Является механическим загрязнением и переносчиком сапрофитной микрофлоры (возбудителей порчи, спор плесеней)

На следующем этапе работы, по результатам анализа процессов и опасных

факторов авторами с привлечением группы экспертов была сформирована причинно-следственная диаграмма. Диаграмма позволяет наглядно представить причинно-следственные связи возникновения несоответствий. На рисунке 3 представлена причинно-следственная диаграмма несоответствий пищевой продукции, на примере вареных колбас. Причины или источники рисков сгруппированы в соответствие с правилом «5М и Е» [11]. Каждому источнику присваивается идентификационный индекс. Изучение причин возникновения дефектов позволяет определить статус риска на каждом из этапов производства и более эффективно оценивать вероятность возникновения опасности.

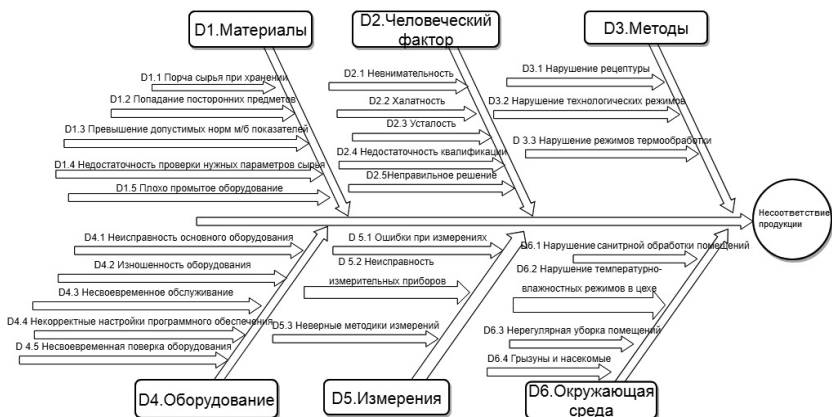


Рисунок 3 – Причинно-следственная диаграмма причин возникновения несоответствий продукции при производстве вареных колбас

Ключевым этапом процедуры управления рисками является оценка статуса риска (табл.2). Проанализировав данные получены в ходе идентификации и декомпозиции процессов, формирования реестров рисков, выявления источников рисков, можно выделить два вида рисков: допустимый и недопустимы. Допустимый риск имеет либо крайне низкую вероятность возникновения, либо незначительную критичность последствий. Для рисков находящие в этом статусе достаточно применения программы предварительных мероприятий. Риски с высокой вероятностью возникновения и тяжелой критичностью последствий находятся в статусе недопустимого риска, по отношению к ним, в обязательном порядке, должна применяться система мониторинга, а в ключевых процессах их возникновения должны быть установлены критические контрольные точки.

На рисунке 4 представлен разработанная авторами процедура управления рисками на базе процессного подхода, которая позволяет управлять как рисками, так и причинами их вызывающими, что позволяет в значительной степени снизить негативные последствия технологических рисков и минимизировать вероятность реализации потребителю небезопасной продукции, а также снизить

чрезмерные затраты на исправление или утилизацию несоответствующей продукции.

Таблица 2

Анализ рисков при производстве вареных колбас (фрагмент)

Этапы процесса	Индексы реестра риска	Источники опасности	Оценка риска		
			Вероятность возникновения	Тяжесть последствий	Статус риска
Входной контроль сырья	Bio001, Bio003, Bio007	D1.1, D1.3, D2, D 5.3, D5.4,	3	4	Недопустимый риск
	Ch001, Ch003, Ch004, Ch005, Ch006, Ch007	D1.4, D2, D5.1, D5.2, D5.3,	3	4	Недопустимый риск
	Ph001, Ph002, Ph003, Ph004, Ph005, Ph006, Ph007, Ph008, Ph009, Ph010.	D1.2, D2, D5.3, D5.4,	1	1	Допустимый риск
Термическая обработка	Bio001, Bio002, Bio003, Bio005, Bio007, Bio010, Bio011	D1.3, D2, D3.3, D4.1, D4.2, D4.4, D5.2, D6.1	4	4	Недопустимый риск
	Ch001, Ch002	D1.2, D1.5, D2, D3.2, D6.3	3	4	Недопустимый риск
	Ph001, Ph002, Ph003, Ph004, Ph006, Ph007, Ph008, Ph009, Ph010.	D1.2, D2, D6.1, D6.3, D6.4	2	4	Допустимый риск
Металло-детекция	Ph005	D1.2, D2.1, D2.2, D4.1, D4.2	3	4	Недопустимый риск

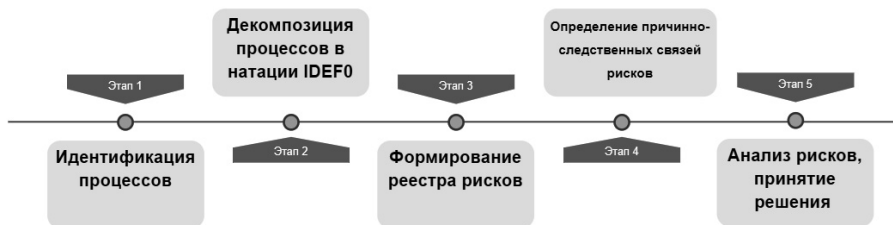


Рисунок 4 – Процедура управления рисками на базе процессного подхода

Процессный подход, основанный на систематизации технологических рисков, причин и факторов их вызывающих, демонстрирует преимущества всем заинтересованным сторонам. Управление рисками позволяет систематически оценивать воздействие контрольных и превентивных мер, выбранных для

управления рисками, повысить объективность и скорость принятия решений в совокупной системе управления рисками [10,12]. Регулярное ведение, актуализация и расширение реестров рисков, а также формирование паттернов процессов позволяет адаптировать предложенным инструментарий для средств цифровизации и ведения баз данных.

Библиографический список

1. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ. URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (дата обращения: 15.03.2024).
2. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 N 880 "О принятии технического регламента Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции" (вместе с "ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции") (с изм. и доп., вступ. в силу с 11.07.2020)
3. ГОСТ Р ИСО 22000-2019 Системы менеджмента безопасности пищевой продукции Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции (ISO 22000:2018, IDT) Издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июля 2019 г. № 416-ст: введен взамен ГОСТ Р ИСО 22000-2007 / Москва: Стандартинформ, 2019 – 42 с.
4. ГОСТ Р 70634-2023 Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Совокупность требований к системе менеджмента безопасности пищевой продукции и процессу сертификации. Food safety management systems. A set of requirements for food safety management systems and certification process. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 января 2023 г. N 29-ст 4: введен впервые / Москва: Российский институт стандартизации, 2023 – 8 с.
5. Олсуфьева, Е. Н. Обзор рисков контаминации антибиотиками молочной продукции / Е. Н. Олсуфьева, В. С. Янковская, Н. И. Дунченко // Антибиотики и химиотерапия. – 2022. – Т. 67, № 7-8. – С. 82-96. – DOI 10.37489/0235-2990-2022-67-7-8-82-96.
6. L Jacxsens Food safety management and risk assessment in the fresh produce supply chain et al 2017 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1234567890 193 (2017) 012020 doi:10.1088/1757-899X/193/1/012020
7. Konstantinos P Koutsoumanis, Zafiro Aspidou, Moving towards a risk-based food safety management, Current Opinion in Food Science, Volume 12, 2016, P.36-41, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.06.008>.
8. Методология квалиметрии рисков как основа обеспечения качества и безопасности продукции / В. С. Янковская, Н. И. Дунченко, Е. С. Волошина [и др.] // Молочная промышленность. – 2021. – № 11. – С. 52-53. – DOI 10.31515/1019-8946-2021-11-52-53.
9. Волошина, Е. С. Управление качеством колбасных изделий с

использованием процессного подхода / Е. С. Волошина, Н. И. Дунченко // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2016. – № 1. – С. 76-77.

10. Волошина, Е. С. Управление качеством вареных колбасных изделий на основе процессного подхода : специальность 05.02.23 "Стандартизация и управление качеством продукции" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Волошина Елена Сергеевна. – Москва, 2009. – 123 с.

11. Дунченко, Н. И. Квалиметрическая оценка продукции АПК / Н. И. Дунченко, В. С. Янковская // Контроль качества продукции. – 2016. – № 6. – С. 54-57.

12. Колончин, К. В. Предполагаемые риски и новые возможности для производителей рыбной продукции / К. В. Колончин, И. Н. Игонина, Е. Н. Харенко // Контроль качества продукции. – 2018. – № 6. – С. 6-9.

13. Безопасность и качество пищевых продуктов / Н. И. Дунченко, С. В. Кущова, А. Л. Шегай, С. В. Денисов. – Иркутск: ООО "Мегапринт", 2018. – 135 с. – ISBN 978-5-905624-70-4.

PROCEDURE FOR ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL RISKS BASED ON PROCESS APPROACH

Voloshina E. S., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: voloshina@rgau-msha.ru

Dunchenko N.I., PhD, Professor, Head of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: ndunchenko@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: *The article presents the risk management procedure for a food enterprise developed by the authors based on the process approach. The procedure includes five stages: identification and decomposition of processes using IDEF0 notation; formation of registers of technological risks; identifying cause-and-effect relationships of risk sources; analysis and determination of risk status. The authors formulated principles for identifying processes in a food enterprise. Within the framework of the overall system, main, auxiliary and management processes were identified.*

Key words: *risk-based approach, process approach, food safety management, integrated risk management system.*

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МЕТОДОВ
РИТУАЛЬНОГО УБОЯ НА ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЫШЕЧНОЙ
ТКАНИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

Гиро Татьяна Михайловна, *д-р техн. наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой технологии хранения и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: giro.tm@rgau-msha.ru*

Корневская Полина Александровна, *канд. биол. наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: korenevskaya.pa@rgau-msha.ru*

Казакова Екатерина Владимировна, *канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: kazakova.ev@rgau-msha.ru*

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: Спрос на мясо, полученное от ритуального убоя крупного рогатого скота, с каждым годом увеличивается. В связи с этим изучение влияния кошерного и халяльного убоя и влияние таких видов убоя по сравнению с классической технологией на качественные характеристики мясного сырья является весьма актуальной задачей. При анализе полученных результатов, пришли к выводу, что мясо, полученное в результате халяльного убоя крупного рогатого скота, отличалось лучшими функционально-технологическими, структурно-механическими, микроструктурными показателями

Ключевые слова: технология убоя, ритуальный убой, классический убой, халяль, кошер, мясо, говядина

Введение. Производство мяса кошерного и халяльного забоя в России перспективно в связи с повышенным спросом потребителей. Оно востребовано не только людьми, исповедующими ислам и иудаизм, но приверженцами «Здорового питания». Этот вид сырья имеет более высокую цену, по сравнению с полученным традиционным методом убоя.

Рынок кошерной продукции быстро развивается в мире, хотя и не такими стремительными темпами как халяльной. По данным «Market Research Group» годовой оборот кошерной продукции составляет 260 млрд долларов США, тогда как оборот халяльной продукции составляет 650 млрд долларов США [24].

Половина покупателей халяльной продукции в США не мусульмане и 80 % покупателей кошерной продукции – не связаны с иудаизмом. Например, в США при численности еврейского населения всего 2 % доля пищевой продукции, реализуемой с этикеткой «кошер», составило в 2014 году 48 %, увеличившись за пять лет на треть (Рис.1) [41].

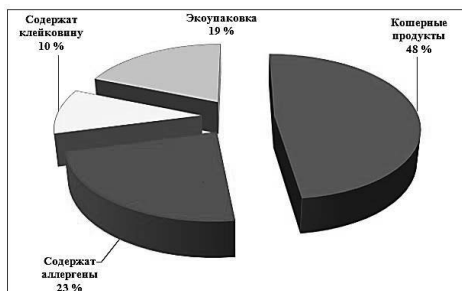


Рисунок 1 – Рейтинг пищевой продукции по популярности среди покупателей

Для производства кошерного халяльного мяса допускаются только здоровые животные. Технология убоя исключает или сводит к минимуму негативное влияние стресс-фактора воздействия на живой организм.

В настоящее время ученые не имеют доказанной базы, какой из способов убоя более гуманен по отношению к животному и какое мясо более полезно для здоровья и нормального функционирования организма человека.

Поэтому, сравнительное изучение разных способов убоя является новым и актуальным направлением при изучении качества мясной продукции.

Целью являлись сравнительные исследования влияния методов ритуального убоя крупного рогатого скота на функционально-технологические, микроструктурные и микробиологические показатели говядины.

Полученные результаты позволяют выявить наиболее перспективный способ убоя продуктивных животных и подтвердить гипотезу о том, что полученное в результате ритуального убоя мясо отличается более высокими качественными показателями.

Результаты исследований. При забое животных для получения мяса категории «Халяль» предъявляются следующие требования: перед началом работ оборудование должно пройти санитарную обработку в соответствии с документацией, действующей на предприятии. Убой животных выполняют специалисты, исповедующие Ислам. Контроль за процессом осуществляет представитель Духовенства Управления Мусульман (ДУМ) или Совета муфтиев России (СМР). Шахет, в процессе перерезания шейных артерий обязан произнести фразу: «Бисмиллях, Аллаху акбар». Процесс убоя должен исключать стресс животного.

Оглушение животных перед забоем обязаны производить с использованием методов, исключающих летальный исход.

Мясо, полученное после шхиты, подвергается дальнейшей обработке. При том, что большая часть крови была удалена в процессе шхиты, необходимо удалить ее остатки. Для удаления остатков крови мясо вымачивают в воде не менее получаса, а затем посыпают крупной солью. Просоленное мясо помещают на наклонно поставленную доску, расположенную над емкостью с тем, чтобы вытекающая под действием соли кровь могла стечь в нее. Так мясо выдерживается в течение часа, после чего обмывается под струей воды и становится полностью откошерованным. При этом соль вытягивает кровь, но не проникает в мясо и не делает его соленым. Вымачивание в воде не должно быть слишком продолжительным (не более 24 ч), так как под воздействием внешней воды «защитная оболочка» крови постепенно разрушается, делая мясо некошерным [26].

Получается, что основные стадии процесса классического, халяльного и кошерного убоя во многом схожи. Однако, при детальном разборе каждой отдельной операции выявлены существенные различия, которые кардинальным образом сказываются на качестве полученного в дальнейшем мясного сырья и полуфабрикатов.

Одним из общих требований для признания мяса халяльным является совершение всех процедур предубойной подготовки и убоя без введения животного в состояние стресса.

Внешний вид: по внешнему виду в говядине классического убоя наблюдались отдельные кровоизлияния, связанные с этапом электрооглушения. Поскольку в халяльном убое также присутствует данный этап, наблюдались редкие участки кровоизлияний, однако эти части не признаются халяльными и удаляются с туши. В кошерном мясе кровоизлияний не отмечено, нарушений внешнего вида мышечной ткани, вызванного спецификой убоя не выявлено.

Цвет: кошерное мясо отличалось более темным цветом, что по-видимому, связано с процессом кошеровки (применением поваренной соли) и изменением миоглобина под воздействием NaCl.

Запах и вкус: по аромату мясо не обладало несвойственным говядине запахом и не отличалось между собой в исследуемых группах. Вареная говядина как кошерная, так и халяльная была более жесткая при пережевывании нежели мясо классического убоя.

Оценка физико-химических характеристик мяса показала, что способ убоя влияет на некоторые качественные параметры. Данные исследований физико-химических показателей представлены в таблице 1.

Результаты эксперимента показали, что говядина после кошеровки отличается от говядины, полученной от животных в результате классической и халяльной схем убоя по содержанию поваренной соли.

Очевидно, что это связано с дальнейшей обработкой мяса после шхиты – высаливанием (для удаления остатков крови).

Результаты физико-химических исследований

Показатель	Технология убоя		
	Классическая	Халяль	Кошер
Влага, %	73,9	76,7	75,1
Жир, %	3,1	3,5	2,4
Соль, %	0,08	0,03	0,36
Белок, %	22,25	18,5	20,85
Белковый азот, %	3,40	2,77	2,94

Содержание свободных аминокислот (АК) представлено рисунке 2.

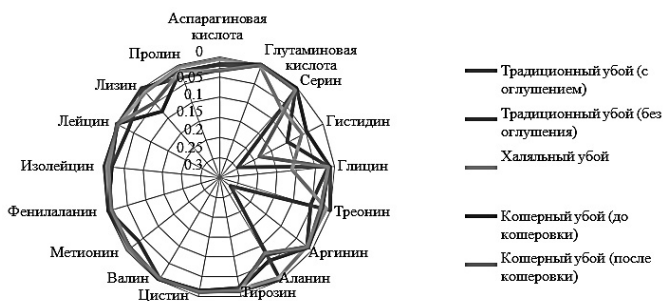


Рисунок 2 – Результаты исследований по свободным АК

Аминокислотный профиль свободных аминокислот показывает, в целом, одинаковую картину для всех способов убоя, за исключением аргинина, гистидина и лизина.

Способ убоя оказывает значимое влияние на содержание гистидина. Так мясо, полученное в результате кошерного убоя (до кошеровки) показывает наименьшее количество гистидина, примерно в 5 раз меньше по сравнению с классической технологией без оглушения. В свою очередь содержание гистидина в халяльном мясе в 4 раза меньше, чем в классическом убое без оглушения.

Учитывая, что гистидин – одна из двух (вместе с аргинином) условно незаменимая аминокислота, которая в большом количестве содержится в гемоглобине. Значительное снижение содержания гистидина в мясе животных, подвергшихся ритуальному убою, может объясняться применяемыми способами максимального удаления крови из туши после убоя.

Вместе с лизином и аргинином гистидин образует группу основных аминокислот.

В целом, мы можем сказать, что по содержанию свободных аминокислот халяльное мясо примерно соответствует классическому после оглушения, т. е. оно сходно, поскольку в обеих технологиях используется этап электрооглушения. Кошерное мясо после кошеровки выше по содержанию свободных аминокислот, чем халяльное в 1,4 раза, но меньше, чем контроль без оглушения примерно в 1,5 раза, что связано со способом убоя.

Также проводили фракционирование белков химическим методом. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты фракционирования белков химическим методом

Показатель	Технология убоя		
	Классическая	Халяль	Кошер
Белок, %	22,25	18,5	20,85
Водорастворимый белок, %	2,25	1,94	2,08
Солерастворимый белок, %	4,56	1,13	3,08
Щелочерастворимый белок, %	13,95	15,10	12,9

Водорастворимые белки – растворяются в воде или в растворах с малой ионной силой ($<0,6$ ммоль/дм³) – саркоплазматические белки (миоглобин, миоальбумин, миоген), глобулин-Х; гликолитические, митохондриальные, лизосомальные и окислительные ферменты.

Солерастворимые белки (растворимые в растворах слабой ионной силы 1-1,5 % солей) – приблизительно 20 белков всего, миофибриллярные белки (миозин, актин, актомиозин) – сократительные белки; регуляторные белки (тропомиозин, тропонин); цитоскелетные белки (титин, небулин).

Труднорастворимые белки (щелочерастворимые белки) – белки стромы (коллаген, эластин и ретикулин).

Соотношение водо-, солее-, щелочерастворимых белков в традиционном, халяльном и кошерном мясе соответственно: 1:2:6; 1:0,5:6,5; 1:1,5:6

При сравнительном анализе трех групп содержание водорастворимых белков было приблизительно одинаковое во всех трех группах (11-12 % от общего).

Содержание солерастворимых белков в халяльной говядине было в 2,8 и 3,7 раза меньше, чем в кошерной и классической, соответственно, что, по-видимому, связано быстрым наступлением посмертного окоченения.

По щелочерастворимым белкам максимальное значение выявлено в халяльной говядине (83 %), меньше в традиционной (классической) и кошерной говядине. Такие различия также можно объяснить применением кошеровки.

Таким образом, по белковому профилю мясо разных групп различалось между собой. Способ убоя серьезно повлиял на соотношение фракций белков.

В результате халяльного убоя часть белков, скорее всего, трансформировалась в процессе быстрого наступления посмертного ооченения и перешла в нерастворимую форму, что подтверждается данными исследования. Учитывая, что изменения свойств белков оказывают влияние на функционально-технологические характеристики мяса, было интересно исследовать изменения рН и ВУС.

Функционально-технологические характеристики. Влияние убоя на величину рН и ВУС. Экспериментальные данные изображены на рисунке 3.

Показатель рН (концентрация ионов) зависит от метода предубойного содержания, пола, возраста, состояния здоровья и технологии убоя.

определено, что показатель рН водно-мясной вытяжки у исследуемых образцов находился на оптимальной величине, но в халяльной говядине был несколько выше и приближен к значению DFD, что подтверждается высокой величиной влагоудерживающей способности.

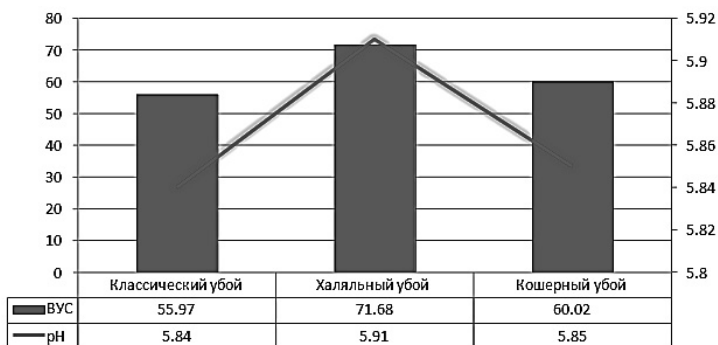


Рисунок 3 – Данные исследований по показателям рН и ВУС

Влияние способа убоя на микробиологические показатели.

Микробиологические исследования проводились в соответствии с техническим регламентом таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Микробиологические показатели являются также показателями безопасности мясного сырья.

С целью определения влияния способа убоя на качество мяса включали в себя следующие показатели: КМАФАнМ, БГКП (колиформы), патогенные, в т. ч. сальмонеллы и *L. monocytogenes*.

Данные микробиологического исследования представлены в таблице 3.

Бактериальная обсемененность мясного сырья

Технологии убоя	Результаты испытаний			
	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (колиформы)	Патогенные м/о, в т.ч. сальмонеллы	L. monocytogenes
Классическая	$2,1 \times 10^2$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Халяль	$1,8 \times 10^2$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Кошер	менее $1,0 \times 10^1$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено

Микробиологические показатели мясного сырья отвечают требованиям ТР ТС 021/2011.

Микроструктурные характеристики мяса исследуемых групп. Классический убой. Исследования гистологических показателей мышцы *Longissimus dorsi*, показали, что волокна волнистой формы, расположены параллельно относительно друг друга, границы между волокнами отчетливо выражены. Ядра волокон гомогенны, поперечная исчерченность ослаблена (Рис. 4).

Деструктивные изменения выявляются в виде поперечных трещин, целостность сарколеммы сохранена.

На поперечном срезе мышечные волокна лежат свободно друг к другу, полигональной формы, соединительнотканые прослойки набухшие (Рис. 5).

Структура волокон характерна для стадии послеубойного расслабления мышц.

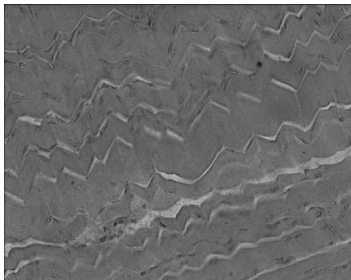


Рисунок 4 – Микроструктура образца. Продольный срез (об. 40х)

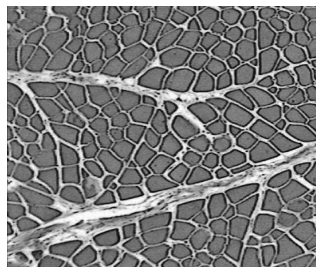


Рисунок 5 – Микроструктура образца. Поперечный срез (об. 40х)

Халяльный убой. На продольном срезе мышечные волокна прямые, границы между ними отчетливо выражены, ядра волокон с четкой хроматиновой структурой. Поперечная исчерченность выражена отчетливо. Целостность сарколеммы не нарушена (Рис. 6).

На поперечном срезе мышечные волокна полигональной формы, соединительнотканые прослойки плотные, волнистой формы (Рис. 7).

Автолитические изменения выявляются в виде микро- и поперечных трещин.

Структура волокон характерна для стадии послеубойного расслабления мышц.

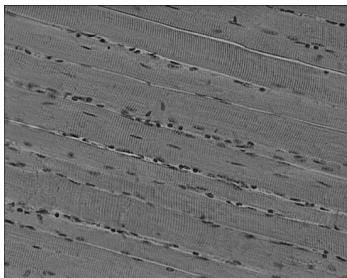


Рисунок 6 – Микроструктура образца. Продольный срез (об. 40х)

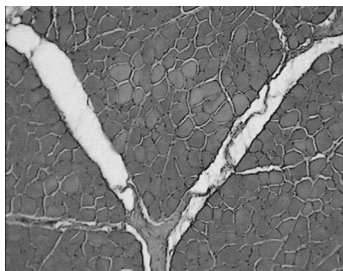


Рисунок 7 – Микроструктура образца. Поперечный срез (об. 40х)

Применение для оглушения тока промышленной частоты или токов повышенной частоты, в частности, для крупного рогатого скота тока частотой в 250-300 и 600 Гц, в значительной мере ускоряет развитие деструктивных автолитических процессов в мышечной ткани, что свидетельствует об определенном электростимулирующем эффекте его воздействия. Через 30-40 минут после убоя мышечная ткань характеризовалась признаками, характерными для начала развития в мышцах процесса ооченения.

Кошерный убой. На продольном срезе форма мышечных волокон преимущественно спрямленная, встречались отдельные волокна волнистой формы. Отчетливо выражена поперечная исчерченность, продольная исчерченность сглажена. Волокна уплотненно располагаются друг по отношению к другу. Ядра хорошо окрашиваются, имеют овальную форму и располагаются непосредственно под сарколеммой (рис. 8). Структура волокон характерна для стадии послеубойного расслабления мышц, границы между отдельными мышечными волокнами устанавливаются без особых затруднений (рис. 9).

Соединительнотканые прослойки перимизия волнистые, плотно прилегают к пучкам мышечных волокон. Ядра в соединительнотканых прослойках отчетливо выявляются на препарате. В случае кошерного убоя автолитические изменения развиваются в мышечной ткани замедленно.

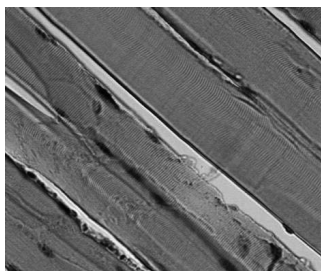


Рисунок 8 – Микроструктура образца. Продольный срез (об. 40x)

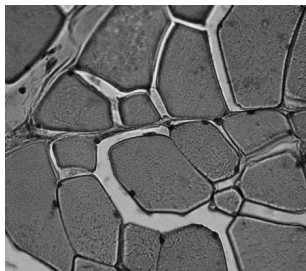


Рисунок 9 – Микроструктура образца. Поперечный срез (об. 40x)

Стадия развития посмертного сокращения наблюдается в пределах 1-2 суток, разрешение окоченения длится до 3-5 суток, начало деструкции миофибрилл с фрагментацией отдельных мышечных волокон обнаруживается в период 6,5-10 суток, деструкция миофибрилл с фрагментацией большинства мышечных волокон между 10-20 сутками, а деструкция мышечных волокон с зернистым распадом отдельных фрагментов – 20-30 сутками.

По результатам микроструктурного анализа характер посмертных изменений мышц примерно одинаковый, однако, в случае кошерного убоя автолитические процессы развиваются медленнее, нежели в двух других группах, что вполне может быть связано с отсутствием этапа электроогушения. В отличие от кошерной говядины на момент исследования в халяльной и классической уже были заметны процессы мышечного расслабления. Определены протеомного профиля

Результат проведенного одномерного гель-электрофореза представлены в таблице 4 и на рисунке 10.

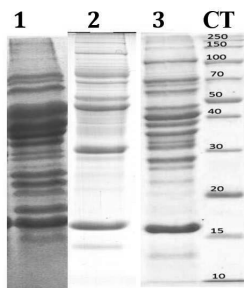


Рисунок 10 – Белковый профиль мясного сырья

Условные обозначения: 1 – классический убой; 2 – халяльный убой; 3 – кошерный убой; Ст – стандарт молекулярных масс: 250,150, 100, 70, 50, 40, 30, 20, 15, 10 кДа (сверху вниз)

Белковые профили мяса халяльной и кошерной групп в диапазоне от 30 кДа и ниже достаточно близки, но в отличии от классической говядины наблюдаются, в основном, минорные полосы, а в классической концентрация белков очень высока.

Таблица 4

Количество белков в различных диапазонах

Исследуемые образцы	Диапазон молекулярных масс белков, кДа				
	250-100	99-50	49-30	29-20	19 и ниже
Классическая говядина	3	3	3	5	3
Халяльная говядина	3	7	4	2	2
Кошерая говядина	3	4	6	3	3

В группе халяльной говядины преобладают белки в диапазоне молекулярных масс от 50 до 99 кДа. Таких белков 7, однако большинство этих белков образуют минорные полосы. Можно предположить, что вследствие скорого наступления стадии посмертного сокращения мышц образовавшийся актомиозиновый комплекс, ввиду значительной молекулярной массы, не проник в гель и остался на границе гелевой пластины.

В мясе кошерного уоя наблюдается равномерное перераспределение белков в сторону уменьшения молекулярных масс, что может свидетельствовать о начале этапа распада белков, ускорившегося под воздействием кошеровки.

Во всех образцах, кроме классического уоя, мажорная полоса находится на уровне примерно 100 кДа.

В результате анализа протеомного профиля видно, что в зависимости от технологии уоя идет перераспределение белков. В дальнейшем мы предполагаем идентификацию данных белков и изучить взаимосвязь их с факторами стресса.

Закключение: 1. По результатам фракционирования белка химическим способом можно сделать вывод, что способ уоя оказывает влияние на соотношение водо-, соле- и щелочерастворимых фракций белков. В результате халяльного уоя часть белков, скорее всего, трансформировалась в процессе быстрого наступления посмертного окоченения и перешла в нерастворимую форму, что подтверждается данными исследования.

2. По содержанию свободных аминокислот, можно заключить, что халяльное мясо примерно соответствует классическому после оглушения, т.е. оно сходно, поскольку в обеих технологиях используется этап электрооглушения. Кошерное мясо после кошеровки выше по содержанию свободных аминокислот, чем халяльное в 1,4 раза, но меньше, чем контроль без оглушения примерно в 1,5 раза, что связано со способом уоя.

3. При изучении функционально-технологических характеристик установлено, что показатель рН водно-мясной вытяжки исследуемых образцов находился на оптимальной величине, но в халяльной говядине был несколько выше и приближен к значению DFD, что подтверждается высокой величиной влагоудерживающей способности.

4. Бактериальная обсемененность подтвердила, что мясное сырье не содержало патогенных микроорганизмов, а по показателям безопасности соответствовало требованиям ТР ТС 021/2011.

5. По результатам микроструктурного анализа характер посмертных изменений мышц примерно одинаковый, однако, в случае кошерного убоя автолитические процессы развиваются медленнее, нежели в двух других группах, что вполне может быть связано с отсутствием этапа электроошлушения. В отличие от кошерной говядины на момент исследования в халяльной и классической уже были заметны процессы мышечного расслабления.

6. По результатам анализа протеомного профиля видно, что в группе халяльной говядины преобладают белки в диапазоне молекулярных масс от 50 до 99 кДа. Таких белков 7, однако большинство этих белков образуют минорные полосы. Можно предположить, что вследствие скорого наступления стадии посмертного сокращения мышц образовавшийся актомиозиновый комплекс, ввиду значительной молекулярной массы, не проник в гель и остался на границе гелевой пластины. В мясе кошерного убоя наблюдается равномерное перераспределение белков в сторону уменьшения молекулярных масс, что может свидетельствовать о начале этапа распада белков, ускорившегося под воздействием кошеровки.

7. Кошерное мясо можно рекомендовать для использования в натуральном виде, в виде фарша или рубленых полуфабрикатов, так как оно имело ярко пурпурный цвет, и высокие сенсорные свойства. Халяльное мясо может быть использовано по аналогии с классическим: в натуральном виде, в виде кусковых полуфабрикатов, а также для производства цельномышечных продуктов.

Библиографический список

1. Гиро, Т. М. Особенности убоя животных в зависимости от религиозных традиций / Т. М. Гиро, А. В. Куликовский, Е. В. Мякишева // Инновационное развитие аграрно-пищевых технологий: Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 04–05 июня 2020 года / Под общей редакцией И.Ф. Горлова. – Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "СФЕРА", 2020. – С. 99-103.

2. I.S. Al-Amri, I.T. Kadim, A.Y. Alkindi, Q.M.I. Haq, D.S. Al-Ajmi, A. Haemd, R. Quibol, R.S. Al-Magbali, S.K. Khalaf, K.S. Al Hosni The effect of pre-slaughter electrical stunning on bleeding efficiency, meat quality, histology, and microbial count of several goat muscles S. Afr. J. Anim. Sci., 52 (2023), pp. 630-644

3. Growth and development of bulls of different types of productivity / A. Donetskikh, S. Grikshas, O. Pastukh [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human

Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00040. – DOI 10.1051/bioconf/20213700040.

4. A technique for integrated assessment of food quality as affected by various technological processes / O. N. Krasulya, K. A. Sarbashev, Ye. V. Kazakova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 062004. – DOI 10.1088/1755-1315/640/6/062004.

5. Muhamad Shirwan Abdullah Sani, Noor Faizul Hadry Nordin, Amal A.M. Elgharbawy, Chapter 20 - Halal detection technologies: analytical method approaches, validation and verification, and multivariate data analysis for halal authentication, Editor(s): Nina Naquiah Ahmad Nizar, Siti Aimi Sarah Zainal Abidin, Aishah Bujang, Innovation of Food Products in Halal Supply Chain Worldwide, Academic Press, 2023, Pages 253-271, ISBN 9780323916622, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91662-2.00015-6>.

6. Биологическая ценность мяса коз Республики Тыва / Ч. А. Аракчаа, С. А. Грикшас, П. А. Кореневская [и др.] // Мясная индустрия. – 2023. – № 5. – С. 50-52. – DOI 10.37861/2618-8252-2023-05-50-52.

7. Морозова, А. С. Кошерное мясо: от истории к современности / А. С. Морозова // Мясные технологии. – 2019. – № 5(197). – С. 40-43.

8. Mian N. Riaz, Nooran M. Riaz, Requirements for Halal Food Production, Editor(s): Geoffrey W. Smithers, Encyclopedia of Food Safety (Second Edition), Academic Press, 2024, Pages 588-598, ISBN 9780128225202, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822521-9.00003-4>.

9. Гиро, Т. М. Влияние эссенциальных микроэлементов на протеомный профиль белковой части мышечной ткани баранины / Т. М. Гиро, А. В. Куликовский, А. В. Гиро // Техника и технология пищевых производств. – 2023. – Т. 53, № 2. – С. 396-403. – DOI 10.21603/2074-9414-2023-2-2443.

10. R. Lametsch, E. Bendixen Proteome analysis applied to meat science: characterizing post mortem changes in porcine muscle J. Agric. Food Chem., 49 (2001), pp. 4531-4537

COMPARATIVE STUDIES OF THE INFLUENCE OF RITUAL SLAUGHTER METHODS ON CHANGES IN THE INDICATORS OF MUSCLE TISSUE IN CATTLE

Giro Tatyana Mikhailovna, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Technology of Storage and Processing of Livestock Products, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A.

Timiryazev, e-mail: giro.tm@rgau-msha.ru

Korenevskaya Polina Aleksandrovna, Ph.D. biol. Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Livestock Products, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A.

Timiryazev, e-mail: korenevskaya.pa@rgau-msha.ru

Kazakova Ekaterina Vladimirovna, Ph.D. agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Livestock Products,

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: kazakova.ev@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: *The demand for meat obtained from the ritual slaughter of cattle is increasing every year. In this regard, studying the influence of kosher and halal slaughter and the influence of these types of slaughter in comparison with classical technology on the quality characteristics of raw meat is a very urgent task. When analyzing the results obtained, we came to the conclusion that the meat obtained as a result of halal slaughter of cattle was distinguished by the best functional-technological, structural-mechanical, microstructural indicators*

Key words: *slaughter technology, ritual slaughter, classical slaughter, halal, kosher, meat, beef*

УДК 602.4

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСТРУЗИИ В ОДНОШНЕКОВОМ ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРЕ

Доня Денис Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры Процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: d.donya@rgaumcxa.ru

Попов Анатолий Михайлович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры Мехатроники и автоматизации технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», e-mail: popov4116@yandex.ru

Бородулин Дмитрий Михайлович, д-р техн. наук, профессор, директор Технологического института, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: borodulin@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: в статье рассмотрены некоторые вопросы поведения биоматериалов при экструзии в шнековом пресс-грануляторе, а также получения и обработки кривых течения по различным реологическим уравнениям.

Ключевые слова: шнек, экструдер, реология, кривые течения, реологические уравнения.

Одношнековые экструдеры впервые были использованы для экструзии в начале 1930-х годов. Их применение в пищевой промышленности началось в 1935 году, когда впервые был применен одношнековый экструдер для непрерывной экструзии макаронных изделий [9]. В настоящее время экструзия применяется в самых разнообразных процессах: при приготовлении снеков, круп, макаронных изделий, кондитерских изделий, кормов для животных, колбасных изделий, белковых добавок, аналогов мяса, порошковых напитков, хлебобулочных изделий и т.д.

В процессе экструзии пищевого материала происходит несколько процессов, материал подвергается значительным сдвигающим усилиям и перемешивается. Тепло, выделяемое при вязком рассеянии механической энергии, а также при добавлении дополнительного тепла приводит к желатинизации крахмалов, денатурации белков, варке или даже стерилизации. В пресс-форме материал формируется, в то время как резкое снижение давления на выходе из пресс-формы может привести к вспучиванию или (мгновенной) сушке пищевого материала [3]. Одношнековый экструдер в основном применяется для производства макаронных изделий, кондитерских изделий, кормов для домашних животных, белковых добавок и аналогов мяса. Пищевой материал подается в устройство из бункера. Затем материал подхватывается направляющими, которые перемещают его по каналу экструдера и начинают перерабатывать в пластифицированную массу или тесто. Через секцию сжатия, где диаметр шнека обычно несколько увеличивается, материал поступает в секцию дозирования, где диаметр шнека остается постоянным. Матрица расположена в конце секции дозирования. Температура в секциях дозирования при сжатии может достигать $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, а давление до $2 \cdot 10^7\text{ Па}$.

Знание схемы течения материала внутри экструдера позволяют получить представление о механизмах перемешивания, распределении времени выдержки, прогнозировании расхода, перепаде давления и энергопотреблении. На рисунке 1 приведена схема канала подачи в одношнековом экструдере [4].

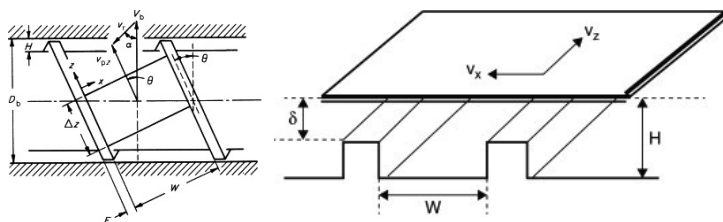


Рисунок 1 – Схема канала в одношнековом экструдере

Основная проблема при описании структуры потока внутри экструдера заключается в том, что поток в секции сжатия и дозирования является неньютоновским и неизотермическим. Поэтому для получения точной структуры потока необходимо решить уравнение движения, а также уравнение энергии.

Решения системы уравнений могут быть получены только при выполнении широких приближений. Наиболее важными из них являются предположение о стационарном состоянии, пренебрежение силами инерции и тяжести, а также предположение о полностью развитом типе потока несжимаемой смазки (независимо от координат x и z) (рисунок 1).

При таких предположениях поток в канале экструдера сводится к потоку в зазоре высотой h и шириной w , одна стенка которой движется со скоростью $\pi ND \cos \theta$ и против градиента давления а dp/dz . Поток рассматривается относительно прямоугольной системы координат x, y, z (рисунок 1), которая вращается с угловой скоростью вала. Цилиндр имеет скорость V относительно этой системы координат с составляющими: $V_x = \pi ND \sin \theta$, $V_y = 0$, $V_z = \pi ND \cos \theta$. Поток в направлении z является результатом действия двух движущих сил: сопротивления, вызванного z -составляющей относительной скорости цилиндра V_z и градиента давления в направлении z . С учетом этих допущений и упрощений возможно решение уравнения движения вместе с уравнением энергии [5].

Наиболее простой случай возникает, когда материал обладает ньютоновским режимом текучести с вязкостью, не зависящей от температуры, и когда мы пренебрегаем составляющими скорости в направлении y вблизи пролетов. Последнее предположение является разумным приближением, когда $(h/w < 0,1)$. Интересно отметить, что уравнение энергии довольно сложно решить даже для этого упрощенного реологического процесса из-за конвекционного фактора. Только при условии адиабатического выдавливания и пренебрежимо малых температурных градиентов в направлении y получается относительно простой результат.

Расход материала может быть получен из профиля скорости v_z путем интегрирования по поперечному сечению канала подачи и умножения этого расхода на число витков k шнека:

$$Q_v = k \int_0^w \int_0^h v_z dx dy, \quad (1)$$

Используя профиль скорости получаем:

$$Q_v = \frac{1}{2} h \cdot k \cdot w \cdot V_z \left(1 - \frac{1}{3} M\right) = \frac{1}{2} h \cdot k \cdot w \cdot V_z - \frac{1}{12} \cdot \frac{h^3 \cdot k \cdot w}{\eta} \left(\frac{dp}{dz}\right), \quad (2)$$

где M определяется как:

$$M = \frac{h^2}{2\eta V_z} \left(\frac{dp}{dz}\right). \quad (3)$$

В уравнении (2) потоком утечки через зазор между цилиндром и направляющими поверхностями пренебрегли.

Когда учитывается поток утечки между витками и стенкой цилиндра, необходимо внести поправку в уравнение (2) [6].

$$Q_v = \frac{1}{2} h k w V_z - \frac{1}{12} \frac{h^3 k w}{\eta} \left(\frac{dp}{dz} \right) - \frac{k w V_x \delta}{2 \tan \theta}, \quad (4)$$

Поток Q_v должен проходить через матрицу. Если мы предположим, что матрица представляет собой круглый канал диаметром d и длиной l , то получим:

$$Q_v = \frac{\pi}{128} \frac{d^4 \Delta p}{\eta l}, \quad (5)$$

$$\frac{Q_v \sin \theta}{k w h N L} = \frac{\pi}{2} \frac{\left(1 - \frac{\delta}{h}\right) \left(\frac{d}{L}\right) \sin \theta \cos \theta}{1 + \frac{32}{3\pi} \left(\frac{h}{d}\right)^3 \frac{l w k}{d L} \sin \theta}. \quad (6)$$

Введем безразмерный расход, используя в качестве эталонного расхода произведение скорости вращения N , (c^{-1}) и общего объема канала экструдера $k w h L / \sin \theta$ (m^3). Из уравнения (5) следует, что Q_v пропорционально скорости вращения шнека для данной геометрии экструдера. На практике большинство пищевых материалов, подлежащих экструзии, обладают неньютоновскими реологическими свойствами. Некоторые авторы проанализировали подобные ситуации и представили обзор модельных исследований экструдеров с подачей расплава с использованием степенного выражения для тензора напряжений τ :

$$\tau = B_0 \dot{\gamma}^n, \quad (7)$$

Данных о реологических свойствах пищевых материалов в условиях экструзии (температура, давление) в литературе крайне мало. В литературе упоминаются три метода определения констант в определяющем уравнении для тензора напряжений [7].

- 1) Измерение повышения давления в экструдере с закрытой матрицей.
- 2) Измерение расхода и перепада давления с помощью различных матриц.
- 3) Измерение расхода и перепада давления с помощью капиллярных вискозиметров, установленных в матрице экструдера.

Из-за трудностей с описанием точных режимов потока и поддержанием постоянной температуры в экструдере первый способ практически бесполезен. Второй способ отличается тем, что для подачи сырья обычно требуется небольшая длина канала, поэтому необходимы корректировки на входе и выходе. Только использование капиллярных вискозиметров может дать точные результаты при точно известной температуре.

Таким образом, можно сделать вывод в том, что до сих пор невозможно описать закономерности течения в одношнековых экструдерах, перерабатывающих биоматериалы. Основной причиной этого является отсутствие данных о реологических свойствах биоматериалов в условиях экструзии. Эти реологические свойства могут быть очень сложными. В уравнение, определяющее тензор напряжений, может потребоваться ввести коэффициенты нормальных напряжений и эффекты упругости (время

релаксации, время замедления). Также очень важно, чтобы в процессе экструзии происходили химические реакции (например, желатинизация крахмала или материалы, полученные из крахмала, денатурация белков), которые сильно влияют на реологические свойства биоматериала при прохождении через экструдер. Очевидно, что, когда это происходит, возникает вопрос о возможности измерения реологических свойств.

Реологическое уравнение состояния в виде степенного уравнения, с точки зрения простоты математической интерпретации, представляется наиболее приемлемым. В связи с этим можно сказать, что для получения математической модели процессов обработки продуктов в шнековых пресс-грануляторах помимо знания реологических и физических особенностей поведения продукта необходимо иметь четкое представление о граничных условиях, характеризующих особенности поведения продукта при переработке в шнековом пресс-грануляторе [2].

Зависимость вязкости от скорости сдвига может быть выражена математически посредством реологического уравнения состояния, которое отражает деформационное состояние продукта. В настоящее время ряд ученых предложили несколько уравнений, описывающих деформационное поведение различных материалов [3]. Каждое из этих уравнений включает в себя определенное количество эмпирических параметров, зависящих от физических и термодинамических свойств продукта, проявляющихся при деформационном исследовании продукта. При этом каждое из реологических уравнений деформационного поведения продукта является в какой-то мере идеализацией действительного поведения материала при его деформационном поведении, что в значительной степени вносит погрешность в описание реологического поведения продукта [1, 6].

Несмотря на громоздкость некоторых реологических уравнений, они не в состоянии описать деформационное поведение всего спектра материалов с достаточной степенью точности. Даже при простоте аналитических представлений реологических уравнений общее аналитическое решение этих уравнений весьма сложно. Однако при применении соответствующих граничных условий и допущений возможно получение частных решений [4, 9].

Были проведены реологические исследования с образцами гранулированного продукта, полученного из сыпучих компонентов: сахар-песок, картофельный крахмал, мякоть ягоды брусники и аронии, в качестве связующего элемента был использован концентрированный сок брусники, эксперименты проводились с образцами, имеющими различную начальную влажность. Для получения зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига проводились измерения с применением ротационного вискозиметра. Обработку экспериментальных данных производили с помощью программы «Виртуальная модель кривых течения» (свидетельство об официальной регистрации № 2008612695). Результаты исследования представлены на рисунках 2 и 3.

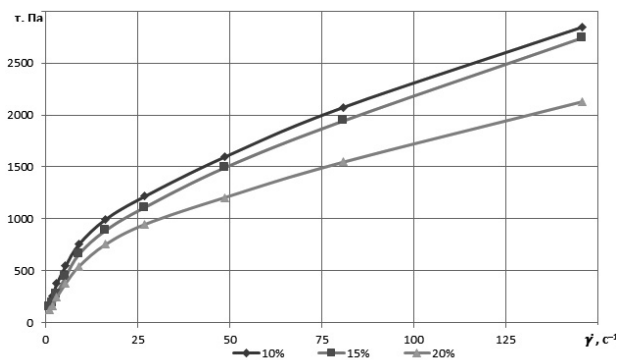


Рисунок 2 – Кривые течения при влажности образца W 10, 15, 20 %

Представленные на рисунке кривые течения исследуемых образцов с различной влажностью, показывают, что все образцы подчиняются степенному уравнению Оствальда-де-Вилля и показывают псевдопластическое течение. На рисунке 3 представлены зависимости вязкости образцов от скорости сдвига. Для получения коэффициентов реологического уравнения использовали программу «Виртуальные кривые течения», которая позволяет проводить обработку экспериментальных данных как по одному реологическому уравнению, так и с разбивкой на отдельные сегменты кривой течения с получением реологических уравнений для каждого сегмента.

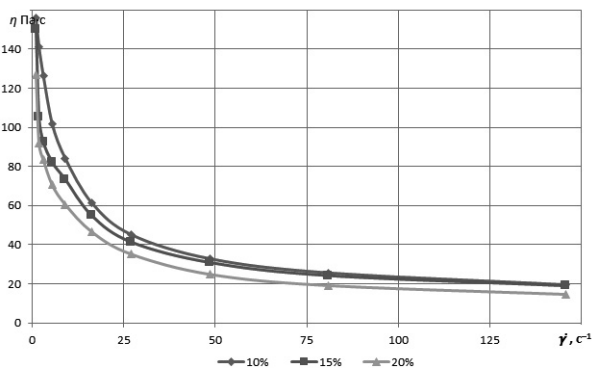


Рисунок 3 – Кривые вязкости при влажности образца W 10, 15, 20 %

В таблице 1 представлены результаты обработки кривых течения по степенному уравнению Оствальда-де-Вилля, в таблице 2 представлены результаты обработки этих же данных, но с разделением кривой течения и описанием различными реологическими уравнениями.

Таблица 1

Коэффициенты для реологического уравнения Оствальда-де-Вилля

$W, \%$	B_0	n	$\bar{\epsilon}$
10	134,95	0,57	8,09
15	152,37	0,59	7,19
20	190,8	0,56	8,55

Таблица 2

Коэффициенты для реологических уравнений, описывающих кривые течения

$W, \%$	Реологическое уравнение	$\dot{\gamma}, \text{c}^{-1}$	τ_0	B_0	n	$\eta_{\text{пл}}$	$\bar{\epsilon}, \%$
10	$\tau = B_0 \dot{\gamma}^n$	1 – 9		119,52	0,68		2,09
	$\tau = \tau_0 + \eta_{\text{пл}} \dot{\gamma}$	9 – 16,2	282,5	–	–	29,17	
	$\tau = \tau_0 + B_0 \dot{\gamma}^n$	16,2 – 145,7	296,48	81,92	0,62		
15	$\tau = \tau_0 + \eta_{\text{пл}} \dot{\gamma}$	1 – 9	82,24	–	–	64,69	1,63
	$\tau = \tau_0 + \eta_{\text{пл}} \dot{\gamma}$	9 – 16,2	374	–	–	31,67	
	$\tau = \tau_0 + B_0 \dot{\gamma}^n$	16,2 – 145,7	493,26	44,97	0,79	0,97	
20	$\tau = B_0 \dot{\gamma}^n$	1 – 5,4	–	160,14	0,75	–	2,04
	$\tau = \tau_0 + \eta_{\text{пл}} \dot{\gamma}$	5,4 – 9	239,5	–	–	57,5	
	$\tau = B_0 \dot{\gamma}^n$	9 – 145,7	–	258,22	0,48	–	

После обработки экспериментальных данных и получения реологических уравнений деформационного поведения образцов, провели статистическую оценку адекватности описания кривых течения как одним уравнением, так и с применением различных реологических уравнений, в результате получили среднюю ошибку аппроксимации $\bar{\epsilon}$.

Все исследуемые образцы являются неньтоновскими жидкостями, имеющими аномально-вязкий характер реологического течения. Для описания деформационного поведения данных образцов можно применить реологическое уравнение Оствальда-де-Вилля, однако в таком случае получается довольно неточное описание реальной деформационной картины течения продукта (ошибка аппроксимации $\bar{\epsilon}$ будет в пределах от 7,19 до 8,55). Снизить неточность описания деформационного поведения образцов можно разбив кривые течения на отдельные участки, которые будут описываться соответствующим реологическим уравнением, в таком случае ошибка аппроксимации $\bar{\epsilon}$ будет уже в пределах от 1,63 до 2,09. Таким образом, применение для обработки результатов исследований программы «Виртуальные кривые течения» позволяет более точно описать деформационное поведение материала, при этом в значительной степени усложняется математический аппарат. Однако переработке материала в шнековом пресс-грануляторе как по длине шнека, так и в его матрице

не будут развиваться скорости сдвига, которые приведут к использованию всего набора реологических уравнений для описания поведения материала. Как правило, достаточно будет одного, максимум двух уравнений при значительно более высокой точности описания реологического поведения.

Библиографический список

1. Шариков, А.Ю. Экструдирование смесей пшеницы и выжимок моркови повышенной влажности в технологии продуктов, готовых к употреблению. / Шариков А.Ю., Степанов В.И., Иванов В.В., Поливановская Д.В., Амелякина М.В. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018;80(3):43-49. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-43-49>

2. Термопластическая экструзия в процессах пищевой биотехнологии / А.Ю. Шариков, В.В. Иванов, М.В. Амелякина, Е.М. Серба. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Первое экономическое издательство", 2022. – 116 с. – ISBN 978-5-91292-447-7. – DOI 10.18334/9785912924477.

3. Получение гранулированного активного угля из отходов растительного сырья / Е.А. Фарберова, Е.А. Тиньгаева, А.Д. Чучалина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология. - 2018. - Т. 61, № 3. - С. 51-57. DOI: <https://doi.org/10.6060/tcct.20186103.5612>.

4. Разработка состава и технологии получения таблетированной формы концентрата безалкогольного напитка / М.Н. Школьников, Е.В. Аверьянова, Д.В. Доня, И.В. Хлопотов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – № 3(46). – С. 96-101.

5. Доня, Д.В. Реологические показатели комбинированных мясных фаршей / Д.В. Доня, Е.В. Махачева // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 4(91). – С. 249-253. – EDN SFDTAJ.

6. Литвинова, И.А. Компьютерные технологии в реологических исследованиях молочных продуктов: специальность 05.18.04 "Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Литвинова Инга Анатольевна. – Кемерово, 2012. – 155 с.

7. Доня, Д.В. Реология вязкопластичных сред в одношнековых экструдерах / Д.В. Доня, К.Б. Плотников; Кемеровский государственный университет. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. – 165 с.: ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8353-2382-1. – Текст: электронный.

8. Моделирование мехатронных систем производства инстантированных напитков с добавлением амарантовой муки / А.М. Попов, К.Б. Плотников, П.П. Иванов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 273-281. – DOI 10.21603/2074-9414-2020-2-273-281. – EDN BBCSRB.

9. The effects of sequential enzyme modifications on structural and physicochemical properties of sweet potato starch granules / L. Guo, H. Tao, B. Cui [et al.] // Food Chemistry. - 2019. - Vol. 277. - P. 504-514. DOI:

RHEOLOGICAL ASPECTS OF EXTRUSION IN A SINGLE-SCREW GRANULATOR PRESS

Donya Denis Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Devices of Processing Industries, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, e-mail: d.donya@rgaumcxa.ru

Popov Anatoly Mikhailovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Professor of the Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Kemerovo State University, e-mail: popov4116@yandex.ru

Borodulin Dmitry Mikhailovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Director of the Technological Institute, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: borodulin@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: the article discusses some issues of the behavior of biomaterials during extrusion in a screw granulator press, as well as obtaining and processing flow curves according to various rheological equations.

Key words: auger, extruder, rheology, flow curves, rheological equations.

УДК 664.3

НОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПОДСОЛНЕЧНЫХ МАСЕЛ

Дубровская Ирина Александровна, канд. техн. наук., доцент кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», e-mail: dubrovskaya.ia@mail.ru

Бутина Елена Александровна, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», e-mail: butina_elena@mail.ru

Герасименко Евгений Олегович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», e-mail: rosmaplus@gmail.com

Жданов Дмитрий Дмитриевич, ведущий инженер лаборатории
контроля качества и безопасности Испытательного центра,
e-mail: neodimmus@gmail.com

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
Россия, г. Краснодар, e-mail: ktgr11@mail.ru

Аннотация: статья посвящена результатам исследований содержания новых контаминантов – сложных эфиров монохлорпропандиолов и глицидиловых эфиров в подсолнечных маслах отечественных производителей, которые, широко используются в РФ в пищевых технологиях, в том числе при создании и производстве продуктов функционального назначения.

Ключевые слова: оценка безопасности, контаминанты, глицидол, монохлорпропандиолы, масло подсолнечное.

Актуальность. Обеспечение продовольственной безопасности является одним из важных вызовов современности, в том числе определяющим необходимость мониторинга уровня содержания загрязняющих веществ в продовольственном сырье и продуктах питания, что имеет определяющее значение для здоровья и безопасности человека [1, 2].

Вопросы безопасности пищевого сырья и ингредиентов особенно актуальны при разработке и производстве функциональных пищевых продуктов, как важных составляющих рациона здорового питания. Использование нового и нетрадиционного продовольственного сырья, внедрение инновационных технологий, в том числе глубокой переработки, сопровождаются возрастанием рисков возникновения и накопления новых контаминантов [3, 4]. Однако, и при использовании традиционных сырья и ингредиентов, существуют риски в обеспечении безопасности, связанные с присутствием в них новых контаминантов, выявление и обнаружение которых стало возможно только с развитием новых знаний и при расширении возможностей аналитических методов инструментального анализа.

К числу таких контаминантов принадлежат глицидол (ГЛ), глицидиловые эфиры жирных кислот (ГЭ), монохлорпропандиолы (МХПД) и их сложные эфиры с жирными кислотами (МХПДЭ) [5,6].

ГЛ, предположительно образующийся при гидролизе ГЭ в пищеварительном тракте, может провоцировать развитие онкологических заболеваний, приводить к мутациям ДНК, к бесплодию, а также вызывать поражения центральной нервной системы и других органов [7-10]. Международным агентством по исследованию рака (IARC) ГЛ отнесен к группе 2А, как высоковероятный генотоксичный канцероген, а ГЭ к аналогичной группе, как «вероятный канцероген для человека» [11, 12]. Аналогично ГЭ, антипитательные свойства сложных эфиров МХДП предположительно обусловлены повреждающим действием не самих сложных эфиров, а токсичностью 3-МХПД, высвобождающегося в пищеварительном тракте, и

оказывающего отрицательное воздействие на митохондрии и метаболизм клеток различных органов. При этом наиболее тяжелым поражениям подвержены почки, печень и органы репродуктивной системы [13-16]. Согласно классификации IARC 3-МХПД отнесен к группе 2Б, как негенотоксичный канцероген, тогда, как 2-МХПД (2-монохлорпропан-1,3-диол) в данной классификации отсутствует [11].

Впервые ГЛ и МХПД были обнаружены в гидролизованных растительных белках в 1978 году [7]. В настоящее время установлено, что одним из основных источников вышеуказанных контаминантов являются рафинированные дезодорированные растительные масла [6, 17-20].

Подсолнечное масло, преобладающее в объеме растительных масел, производимых в РФ, является важным источником эссенциальных полиненасыщенных жирных в связи с чем широко используется в пищевых технологиях, в том числе при создании и производстве функциональных пищевых продуктов. Оценка безопасности подсолнечных масел осуществляется в соответствии с требованиями технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 024/2011, однако уровень допустимого содержания вышеуказанных контаминантов этими документами до настоящего времени не установлен.

Следует отметить, что разработка мер по снижению уровня ГЭ, МХПД и их производных в растительных маслах и других пищевых продуктах относится к приоритетным направлениям исследований в области обеспечения безопасности продуктов питания. Европейская федерация масложировой и протеиновой промышленности (FEDIOL) инициирует и поддерживает научные исследования и реализацию пилотных проектов с последующим внедрением в производство, по разработке мер, обеспечивающих уровень содержания ГЭ во всех растительных маслах, не превышающего 1 мг/кг, а в маслах предназначенных для производства продуктов детского питания – не более 0,5 мг/кг.

В 2023 году был принят новый Регламент Европейской комиссии ЕС (COMMISSION REGULATION (EU) 2023/915 of 25 April 2023, устанавливающий нормы показателей безопасности пищевых продуктов взамен Регламента 1881/2006. Новый регламент, аналогично прежнему, предусматривает дифференцированное нормирование суммы 3-МХПД и сложных эфиров жирных кислот 3-МХПД, выраженных как 3-МХПД, для растительных масел и жиров в зависимости от их вида и направления использования. Для большинства растительных масел, включая масло кокосовое, кукурузное, рапсовое, подсолнечное, соевое, пальмоядровое и оливковое (состоящее из рафинированного оливкового масла и оливкового масла первого отжима) и смеси масел с маслами только из данной категории значение указанного показателя не должно превышать 1250 мкг/кг. Максимально допустимый уровень для прочих растительных масел (включая оливковое масло из жмыха), рыбьего жира и масла других морских организмов, а также смеси масел с маслами и жирами только из данной категории - 2500 мкг/кг, при этом для всех масел, используемых в составе продуктов детского питания - 750 мкг/кг. Допустимые уровни для глицидиловых

эфиров жирных кислот в пересчете на глицидол для большинства растительных масел составляют 1000 мкг/кг, при этом для масел, используемых в производстве продуктов детского питания - 500 мкг/кг.

В Российской Федерации нормирование глицидиловых эфиров (ГЭ) в пересчете на ГЛ в растительных маслах и другой пищевой масложировой продукции на уровне, не превышающем 1,0 мг/кг, планируется ввести с 01.01.2025 года., включив соответствующее положение в ТР ТС 024/2011.

Период отсроченного ввода в действие норматива, а также отсутствие нормирования содержания МХПДЭ, прежде всего, обусловлены необходимостью проведения исследований в целях разработки мероприятий, обеспечивающих выполнение вводимых нормативов в отношении масел, производимых на территории РФ, среди которых подавляющую долю составляет подсолнечное масло.

Учитывая изложенное, в настоящее время актуальным является проведение мониторинга содержания новых контаминантов в подсолнечных массах, вырабатываемых отечественными предприятиями, с целью выявления факторов, инициирующих их образование и разработки мер по минимизации присутствия ГЭ и МХПДЭ в продуктах питания и, прежде всего продуктах питания специализированного назначения, на основе и с использованием таких масел.

Цель и задачи. Целью настоящих исследований является анализ результатов мониторинга содержания МХПДЭ и ГЭ в подсолнечных маслах отечественных производителей.

Исходя из поставленной цели решались следующие задачи:

- сравнительная оценка стандартизованных методов определения МХПДЭ и ГЭ; - адаптация эффективного метода определения МХПДЭ и ГЭ с целью обеспечения возможности широкого использования для оперативного мониторинга и производственного контроля; - определение фактических уровней содержания контаминантов в подсолнечных маслах отечественных производителей; – анализ возможных причин возникновения и накопления контаминантов в подсолнечных маслах.

Объекты и методы исследования. На территории Российской Федерации одним из основных пищевых растительных масел как по объемам производства, так и по использованию структуре питания населения является подсолнечное, что и определило его выбор в качестве основного объекта исследования. Учитывая, что в Испытательный центр ФГБОУ ВО «КубГУ» поступает продукция из различных регионов РФ, имелась возможность проведения достаточно масштабных исследований на большой выборке объектов, произведенных в период 2022-2024 гг.

В результате анализа достоинств и недостатков стандартизованных в РФ методов определения МХПДЭ и ГЭ в качестве базового был выбран косвенный метод, основанный на ферментативном гидролизе липидов, регламентированный ГОСТ 34900-2022, как наиболее эффективный в аспектах оперативности и получения корректных результатов.

В качестве стандартных образцов использовали 3-МХПД, 2-МХПД,

глицидол, 3-МХПД-Д5, 2-МХПД-Д5, 3-МБПД, 3-МБПД-Д5.

Для анализа проб использовали хромато-масс-спектрометр компании «Хроматэк» - «Кристалл 5000.2» с масс-селективным детектором (МСД), оборудованный кварцевой капиллярной колонкой длиной 30 м, диаметром 0,25 мм, с неподвижной фазой толщиной 0,25 мкм (ZB-5plus).

Установленные параметры:

Газовый хроматограф:

- газ-носитель: гелий, постоянный поток 1,2 мл/мин;

- объем пробы: 1,5 мкл;

- режим ввода пробы: без деления потока, время продувки: 1,5 мин;

- температура инжектора: 250 °С;

- программирование температуры термостата ГХ (общее время 21 мин);

- начальная температура — 60 °С;

- изотермический режим — 1 мин;

- программируемый нагрев — до температуры 170 °С со скоростью 10 °С/мин;

- изотермический режим — 3 мин;

- программируемый нагрев — до температуры 300 °С со скоростью 100 °С/мин;

- изотермический режим — 5 мин;

Масс-спектрометр:

- метод ионизации: электронный удар, положительный режим;

- температура интерфейса: 300 °С;

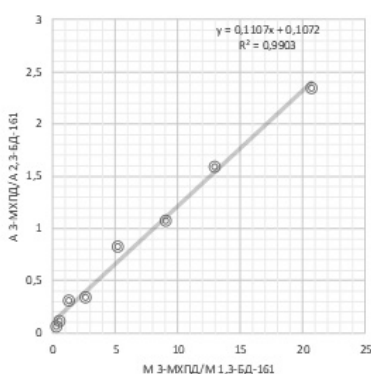
- температура ионного источника: 230 °С;

- время сканирования: 0,05—0,10.

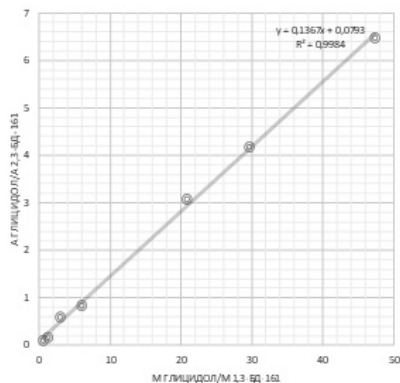
Результаты обрабатывали посредством программного обеспечения для хроматографии «Аналитик 3.1».

Результаты и их обсуждение. Практическая реализация метода определения МХПДЭ и ГЭ, регламентированного ГОСТ 34900-2022, показала, что основными ограничениями его широкого использования испытательными и производственными лабораториями является сложности в обеспечении стандартными образцами - пентадеутерированными соединениями 3-МХПД, 2-МХПД, и 3-МБПД, в которых пять атомов водорода замещены на пять атомов дейтерия (D5). Необходимо отметить, что аналогичная проблема существует и для других, стандартизованных в настоящее время РФ методов определения этих контаминантов.

На основании проведенных нами исследований было предложено использовать в качестве альтернативных внутренних стандартов вещества из класса гликолей, например, 1,3 – бутандиола (1,3БД) [21]. Были получены калибровочные графики относительно альтернативного внутреннего стандарта с коэффициентом корреляции, приближающимся к 0,99, что является удовлетворительным значением при количественном анализе (рисунок 1).



а



б

Рисунок 1 – Калибровочные графики 3-МХПД (а) и глицидола (б) относительно 1,3-бутандиола

Проведение сравнительных исследований образцов масел с использованием регламентированных дейтерированных и альтернативного внутренних стандартов показали некоторое занижение получаемых результатов в последнем случае (таблица 1).

Таблица 1

Результаты сравнительного исследования образцов масел с использованием регламентированных и альтернативного внутренних стандартов

Рафинированное дезодорированное подсолнечное масло	Содержание, мг/кг					
	3-МХПД		2-МХПД		Глицидол	
	Д5	1,3-БД	Д5	1,3-БД	Д5	1,3-БД
Образец № 1	0,16	0,14	Менее 0,1	Менее 0,1	0,27	0,23
Образец №2	0,24	0,21	Менее 0,1	Менее 0,1	2,51	2,34
Образец № 3	0,81	0,74	0,20	0,18	0,45	0,32
Образец № 4	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1	1,44	1,29
Образец № 5	0,49	0,37	0,14	0,11	0,89	0,67

Указанный факт может быть связан с рядом причин, основными из которых являются: некоторое отличие в величинах m/z количественных ионов 1,3-бутандиола, составляющих 161 и 176, и количественных ионов определяемых

аналитов, для которых величины m/z составляют 147 и 196; существенно большая (около 10 раз), чувствительностью МСД к производному 1,3-бутандиола, чем к производным определяемых анализов. Вместе с тем использование предлагаемых альтернативных стандартных образцов может быть вполне оправданным для осуществления оперативного мониторинга и производственного контроля, когда требуется проведение достаточно большого числа анализов, что особенно актуально в условиях изменчивости качества поступающего сырья и необходимости получения сравнимых данных при подборе технологических режимов.

В рамках решения следующей задачи проводили анализ содержания исследуемых контаминантов в образцах подсолнечных масел, поступивших на исследования в Испытательный центр ФГБОУ ВО «КубГТУ».

Согласно результатам наших исследований нерафинированные подсолнечные масла практически не содержат ни МХПДЭ, ни ГЭ, что согласуется с литературными данными [20, 22].

В таблице 2 приведены данные по содержанию МХПДЭ и ГЭ в образцах рафинированных дезодорированных подсолнечных масел отечественных производителей, сгруппированных по регионам локализации перерабатывающих масложировых предприятий.

Таблица 2

Содержание исследуемых контаминантов в образцах рафинированных дезодорированных подсолнечных масел отечественных производителей, локализованных в основных регионах выращивания и переработки подсолнечника

Наименование региона РФ	Наименование показателя		
	Содержание (концентрация) сложных эфиров 3-монохлорпропандиола (3-МХПД), мг/кг	Содержание (концентрация) сложных эфиров 2-монохлорпропандиола (2-МХПД), мг/кг	Содержание (концентрация) сложных эфиров глицидиола, мг/кг
Воронежская область	Менее 0,1	Менее 0,1	3,92±0,14
	Менее 0,1	Менее 0,1	3,74±0,14
	0,24±0,01	Менее 0,1	2,51±0,09
	Менее 0,1	Менее 0,1	1,69±0,06
	Менее 0,1	Менее 0,1	0,87±0,03
	Менее 0,1	Менее 0,1	0,76±0,03
	Менее 0,1	Менее 0,1	0,73± 0,03
	Менее 0,1	Менее 0,1	0,63±0,02
	0,14±0,01	Менее 0,1	0,72±0,03
	Менее 0,1	Менее 0,1	0,28±0,01
Алтайский край	0,16±0,01	Менее 0,1	0,27±0,01
	Менее 0,1	Менее 0,1	1,44±0,05
	0,19±0,01	Менее 0,1	1,38±0,05
	Менее 0,1	Менее 0,1	0,79± 0,03

	0,14±0,01	Менее 0,1	0,51±0,02
Краснодарский край	Менее 0,1	Менее 0,1	1,08±0,04
	0,20±0,01	Менее 0,1	0,82±0,03
	Менее 0,1	Менее 0,1	0,58±0,02
	Менее 0,1	Менее 0,1	0,50±0,02
	0,27±0,01	Менее 0,1	0,75±0,03
	0,20±0,01	Менее 0,1	0,26±0,09
Ставропольский край	0,18±0,01	Менее 0,1	0,25±0,01
	0,35±0,01	Менее 0,1	1,60±0,06
	0,42±0,02	Менее 0,1	1,41±0,05
	Менее 0,1	Менее 0,1	1,14±0,04
	0,41±0,01	Менее 0,1	0,88±0,03
Ростовская область	0,37±0,01	Менее 0,1	0,58±0,02
	0,54±0,02	0,12±0,01	1,26±0,05
	0,39±0,01	Менее 0,1	0,54±0,02
	0,44±0,02	Менее 0,1	0,41±0,01
	0,31±0,01	Менее 0,1	0,44±0,02

Показано, что 2-МХПД в подавляющем большинстве исследуемых образцов отсутствует, что согласуется с литературными данными [23, 24]. Содержание 3-МХПД колеблется в пределах от менее 0,1 мг/кг (предел обнаружения) до 0,54 мг/кг, а содержание ГЭ в пересчете на глицидол находится в диапазоне от 0,27 мг/кг до 3,92 мг/кг. Таким образом, тогда, как содержание 3-МХПД не превышает нормы, установленные Регламентом ЕС 2023/915 от 25.04.2023, содержание ГЭ в отдельных образцах превышает регламентированную норму более, чем 3 раза, что свидетельствует об актуальности разработки мер по снижению содержания ГЭ в подсолнечных маслах, получаемых отечественными предприятиями.

Образцы с наибольшим содержанием ГЭ характерны для Воронежской области. Это может быть связано, как с особенностями характеристик исходного сырья, поступающего на переработку, так и с особенностями технологических режимов, используемых при переработке подсолнечных масел предприятиями, расположенными с данным регионом. Следует отметить, что масла, поступающие от предприятий Краснодарского края, практически не имели превышение норматива по содержанию ГЭ.

Достаточный интерес представляют данные, представленные в таблице 3, где приведено содержание исследуемых контаминантов в так называемых «точечных» пробах, безотносительно региональной принадлежности предприятий.

Следует отметить, что, хотя для этих проб практически (кроме одной пробы) не было выявлено превышение нормируемого уровня содержания ГЭ, для отдельных из них отмечается достаточно высокое содержание 3-МХПД, достигающее 0,81 мг/кг, а также присутствие 2-МХПД на уровне от 0,11 до 0,20 мг/кг.

Таблица 3

Содержание исследуемых контаминантов в образцах рафинированных дезодорированных подсолнечных масел безотносительно региональной принадлежности

Порядковый номер образца	Наименование показателя		
	Содержание (концентрация) сложных эфиров 3-монохлорпропандиола (3-МХПД), мг/кг	Содержание (концентрация) сложных эфиров 2-монохлорпропандиола (2-МХПД), мг/кг	Содержание (концентрация) сложных эфиров глицидола, мг/кг
1	0,21±0,01	Менее 0,1	0,19±0,01
2	0,13±0,01	Менее 0,1	0,20±0,007
3	0,21±0,01	Менее 0,1	0,24±0,01
4	0,21±0,01	Менее 0,1	0,37±0,01
5	0,24±0,01	Менее 0,1	0,39±0,01
6	0,40±0,01	Менее 0,1	0,39±0,01
7	0,45±0,02	0,12±0,01	0,39±0,01
8	0,11±0,01	Менее 0,1	0,42±0,02
9	0,31±0,01	Менее 0,1	0,45±0,02
10	0,81±0,03	0,20±0,01	0,45±0,02
11	0,31±0,01	Менее 0,1	0,47±0,02
12	0,38±0,01	Менее 0,1	0,50±0,02
13	0,24±0,01	Менее 0,1	0,55±0,02
14	0,33±0,01	0,11±0,01	0,62±0,02
15	0,18±0,01	Менее 0,1	0,67±0,02
16	0,25±0,01	Менее 0,1	0,80±0,03
17	0,28±0,01	Менее 0,1	0,82±0,03
18	0,13±0,01	Менее 0,1	0,85±0,03
19	0,49±0,02	0,14±0,01	0,89±0,03
20	0,41±0,01	0,12±0,01	0,89±0,03
21	0,31±0,01	Менее 0,1	0,94±0,03
22	0,27±0,01	0,12±0,01	1,07±0,04

Анализ данных таблиц 2 и 3 свидетельствует об отсутствии корреляции между содержанием 3-МХПД, 2-МХПД и ГЭ. Для объяснения данного факта, а также для разработки мер по снижению уровня образования данных контаминантов следует обратиться к представлениям о механизмах их образования в растительных маслах.

Проведенный анализ современной научной литературы показал, что систематизированные статистически достоверные научные знания о механизмах образования глицидиловых эфиров, МХПД и их производных до настоящего времени отсутствуют. Предположительно ГЭ образуются путем трансформации диацил- и моноацилглицеринов в результате воздействия высоких температур, например, при дезодорации или дистилляционной рафинации масел.

Существует также теория, согласно которой может происходить двунаправленный процесс трансформации ГЛ и 3-МХПД, а также между их

этерифицированными формами в присутствии ионов хлора⁻ (рисунок 2).

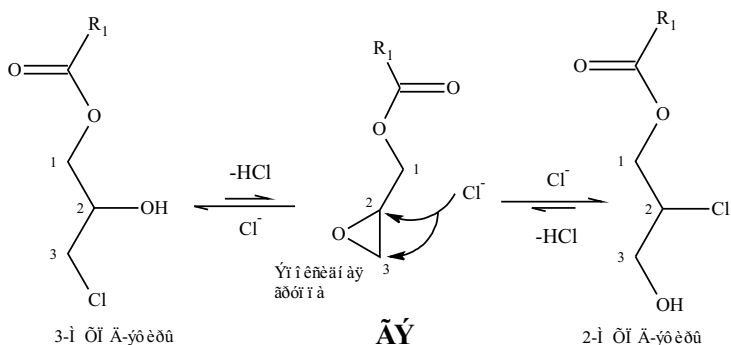


Рисунок 2 – Предполагаемый механизм двунаправленной трансформации МХПДЭ и ГЭ

В работах [25, 26] высказывается предположение о том, что ГЭ, а также эфиры 3-МХПД, вначале образуют промежуточный ион ацилоксония, а затем перегруппировываются путем миграции заряда, в конечном итоге образуя ГЭ. Однако, согласно исследованиям [26, 27], ГЭ и сложные эфиры 3-МХПД могут образовываться и другим путем, в зависимости от температуры и времени реакции.

Несмотря на существование различных теорий относительно механизмов образования МХПДЭ и ГЭ, все они сходятся в том, что одним из основных факторов, инициирующих образование данных контаминантов, является воздействие высоких (более 150 °С) температур.

Учитывая, что среди исследуемых образцов рафинированных дезодорированных подсолнечных масел были масла получены, как в результате физической рафинации, температурные режимы которой составляют от 240 до 260 °С, так и путем химической рафинации, с последующей дезодорацией, при которой температура не превышает 230°С, представляло интерес провести анализ накопления контаминантов в маслах, полученных по разным технологиям.

Результаты анализа представлены на рисунке 3. Показано, что содержание ГЭ в маслах, полученных физической рафинацией, значительно превышает допустимые нормы по сравнению с маслами, полученными химической рафинацией с последующей дезодорацией. Аналогичный вывод, касается и содержания сложных эфиров 3-МХПД.

Полученные данные подтверждают мнение большинства исследователей о том, что одним из основных технологических факторов, инициирующих процесс образования ГЭ и МХПДЭ, является повышенная (более 150 °С) температура [28, 29]. Однако, широкий интервал варьирования полученных нами данных свидетельствует о том, что температурные воздействия являются, хотя и важным,

но отнюдь не единственным фактором, интенсифицирующим образование ГЭ и МХПДЭ.

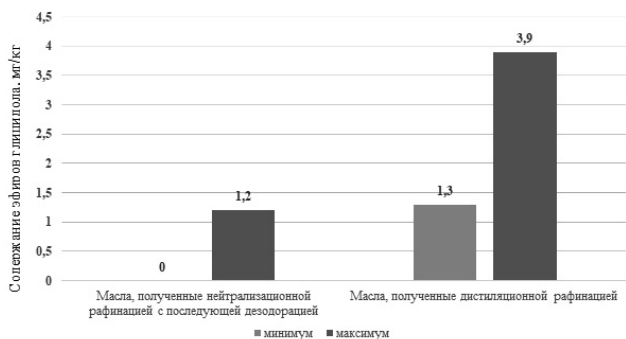


Рисунок 3 - Оценка содержания эфиров глицидола в зависимости от способа получения масел

Существенно меньшее содержание сложных эфиров 3-МХПД или 2-МХПД может быть связано, как с низкой интенсивность их образования в подсолнечных маслах в процессе рафинации, так и, с их интенсивной трансформацией в ГЭ. Для формулирования окончательного вывода по данному вопросу необходимо проведение углубленных дополнительных исследований.

Выводы. Сравнительная оценка стандартизованных в РФ методов определения МХПДЭ и ГЭ показала, что наиболее эффективным для проведения оперативного контроля с получением достаточно корректных результатов является косвенный метод, основанный на ферментативном гидролизе липидов, регламентированный ГОСТ 34900-2022.

Для обеспечения доступности использования стандартизованных в РФ методов определения МХПДЭ и ГЭ предложено использовать в качестве альтернативных внутренних стандартов вещества из класса гликолей, например, 1.3 – бутандиола.

Мониторинг подсолнечных масел, вырабатываемых отечественными предприятиями, показал, что содержание сложных эфиров 3-МХПД не превышает нормы, установленные Регламентом ЕС 2023/915 от 25.04.2023, тогда, как содержание ГЭ в отдельных образцах превышает регламентированную норму более, чем 3 раза, что свидетельствует об актуальности разработки мер по снижению содержания ГЭ в подсолнечных маслах, получаемых отечественными предприятиями.

Одним из основных технологических факторов, инициирующих процесс образования ГЭ и МХПДЭ, является повышенная (более 230 °С) температура. Обеспечение снижение уровня МХПДЭ и ГЭ прежде всего связано с необходимостью снижением температурных воздействий на масла в процессе их

переработки, при этом следует также продолжать исследования с целью выявления других факторов, интенсифицирующих процессы образования указанных контаминантов.

Благодарности. *Исследования выполнены в рамках госзадания Минобрнауки РФ, проект № FZEZ-2023-0004.*

Библиографический список

1. Food Systems – Definition, Concept and Application for the UN Food Systems Summit / Joachim von Braun, Kaosar Afsana, Louise O. Fresco, Mohamed Hassan, Maximo Torero // A paper from the Scientific Group of the UN Food Systems Summit March 5. 2021. <https://sc-fss2021.org>
2. Тарасова О.Б. Продовольственная безопасность России как комплекс взаимосвязанных факторов // Вестник евразийской науки. 2022. Т.14. №2. URL: <https://esj.today/PDF/49ECVN222.pdf>
3. Basso B., Antle J. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*. 2020. V. 3(4). P.254-256.
4. Which practices co-deliver food security, climate change mitigation and adaptation, and combat land degradation and desertification? / P. Smith, K. Calvin, J. Nkem, D. Campbell, F. Cherubini, G. Grassi, ... & E. Nkonya // *Global change biology*.2020. V. 26(3). P. 1532-1575.
5. Becalski A, Feng S, Lau BP-Y, Zhao T. A pilot survey of 2- and 3-monochloropropanediol and glycidol fatty acid esters in foods on the Canadian market 2011–2013. *Food Comp Anal*. 2015. V.37.P. 58-66.
6. 3-MCPD Esters: A new challenge for the palm oil industry/ N.Ibrahim, A.A. Razak , R. Ramli, M. Ramli, A. Kuntom // Conference Paper November 2016. Available from: <file:///C:/Users/HP/Downloads/3-MCPDE-Anewchallengeforpalmoilindustry.pdf>
7. Монохлорпропандиолы, глицидол и их эфиры в детском питании / М.А. Макаренко, А.Д. Малинкин, Д.О. Боков, В.В. Бессонов // *Вопросы детской диетологии*. 2019. № 17(1). С. 38–48. DOI: 10.20953/1727-5784-2019-1-38-48.
8. Моргунова Е., Бабодей В, Пчельникова А. Глицидиловые эфиры жирных кислот. Мировой тренд в безопасности продуктов питания // *Наука, питание и здоровье*. Том 1. Часть 2. 2021. С. 400-407.
9. Чернова А.В., Доскач Л.А. О нормировании содержания глицидиловых эфиров жирных кислот и глицидола в пищевой продукции // *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2022. Т. 60. № 2. С. 13–22.
10. 3-MCPD and glycidol coexposure induces systemic toxicity and synergistic nephrotoxicity via NLRP3 inflammasome activation, necroptosis, and autophagic cell death / P.W. Liu et al. // *J. Hazard. Mater*. 2021. Vol. 405. P. 124241.
11. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans // World Health Organization: International Agency for Research on Cancer. 2000. Vol. 77. P. 469–486.
12. Some chemicals present in industrial and consumer products // International Agency for Research on Cancer. Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum. 2012. Vol. 101.

P. 349–374.

13. 3-Chloro-1, 2-propanediol inhibits autophagic flux by impairment of lysosomal function in HepG2 cells / Lu J. et al. // *Food Chem. Toxicol.* 2020. Vol. 144. A. 111575

14. 3-MCPD as contaminant in processed foods: state of knowledge and remaining challenges / A. Eisenreich, B.H. Monien, M.E. Götzt, T. Bührke, A. Oberemm, K. Schultrich, K. Abraham, A. Braeuning, B. Schäfer // *Food Chem.* 2022. P. 134332.

15. Proteomic analysis of 3-MCPD and 3-MCPD dipalmitate toxicity in rat testis / S. Sawada et al. // *Food Chem. Toxicol.* 2015. Vol. 83. P. 84–92.

16. 3-Monochloropropane-1, 2-diol causes irreversible damage to reproductive ability independent of hormone changes in adult male rats / H.Z. Xing et al. // *Food Chem. Toxicol.* 2019. Vol. 124. P. 10–16.

17. On the necessity of edible oil refining and possible sources of 3-MCPD and glycidyl esters / F. Pudel, P. Benecke, P. Fehling, A. Freudenstein, B. Matthäus, A. Schwaf // *Eur J Lipid Sci Technol.* 2011. V.113. P. 368–373.

18. Occurrence, formation mechanism, detection methods, and removal approaches for chloropropanols and their esters in food: An updated systematic review / Sun Changxia, Wu Ni, Kou Shunli, Wu Haolin, Liu Yu, Pei Annan, Li Qiang // *Food Chemistry: X* 17. 2023. Vol. 100529. P. 1-10.

19. Монохлорпропандиолы, глицидол и их эфиры в детском питании / М.А. Макаренко, А.Д. Малинкин, Д.О. Боков, В.В. Бессонов // *Вопросы детской диетологии.* 2019. № 17(1). С. 38–48. DOI: 10.20953/1727-5784-2019-1-38-48

20. Determination of 3-mcpd in grilled meat using pressurized liquid extraction and gas chromatography-high resolution mass spectrometry / K. Schallschmidt, A. Hitzel, M. Pöhlmann, F. Schwägele, K. Speer, W. Jira // *J. Verbrauch. Lebensm.* 2012. Vol. 7. P. 203-210.

21. Жданов Д.Д., Сонин С.А., Попкова П.О. Разработка метода определения монохлорпропандиолов и глицидола в растительных маслах с использованием доступных внутренних стандартов // *Известия вузов. Пищевая технология.* 2023. № 5-6, С. 140-147.

22. Development of a QuEChERS method for simultaneous analysis of 3-Monochloropropane-1,2-diol monoesters and Glycidyl esters in edible oils and margarine by LC-APCI-MS/MS / Jorge A. Custodio-Mendoza, Raquel Send'on, Ana Rodríguez-Bernaldo de Quir'os, Rosa A. Lorenzo, Antonia M. Carro // *Analytica Chimica Acta.* 2023. Vol. 1239 A. 340712. P.1-9.

23. Koyama K, Miyazaki K, Abe K, Ikuta K, Egawa Y, Kitta T, Kido H, Sano T, Takahashi Y, Nezu T. Optimization of an indirect enzymatic method for the simultaneous analysis of 3-MCPD, 2-MCPD, and glycidyl esters in edible oils. *J Oleo Sci.* 2015. 64:1057–64.

24. Esters of 3-chloro-1,2-propanediol (3-MCPD) in vegetable oils: Significance in the formation of 3-MCPD / W. Seefelder, N. Varga, A. Studer, G. Williamson, F.P. Scanlan, R.H. Stadler // *Food Addit. Contam. Part A.* 2008. Vol. 25. P. 391–400.

25. Weißhaar R, Perz R. 2010. Fatty acid esters of glycidol in refined fats and oils. *Eur J Lipid Sci Technol* 112:158–65.

26. Rahn AKK, Yaylayan VA. Monitoring cyclic acyloxonium ion formation in palmitin systems using infrared spectroscopy and isotope labelling technique. Eur J Lipid Sci Technol. 2011. 113:330–4.

27. Haines TD, Adlaf KJ, Pierceall RM, Lee I, Venkitasubramanian P, Collison MW. Direct determination of MCPD fatty acid esters and glycidyl fatty acid esters in vegetable oils by LC–TOFMS. J Am Oil Chem Soc. 2011. 88:1–14.

28. Effects of temperature and NaCl on the formation of 3-MCPD esters and glycidyl esters in refined, bleached and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips / Yu, H. W., Muhamad, H., Abas, F., et al. // Food Chemistry. 2017. V. 219. P. 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.130>

29. A summary of 2-, 3-MCPD esters and glycidyl ester occurrence during frying and baking processes Kok Ming Goh, Yu Hua Wong, Chin Ping Tan, Kar Lin Nyam // Current Research in Food Science. 2021. 4. P. 460–469.

NEW ASPECTS OF ENSURING THE SAFETY OF FUNCTIONAL PRODUCTS BASED ON SUNFLOWER OILS

Dubrovskaya Irina Aleksandrovna, Ph.D. tech. Sci., Associate Professor of the Department of Technology of Fats, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Apparatus, Kuban State Technological University,
e-mail: dubrovskaya.ia@mail.ru

Butina Elena Aleksandrovna, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Fats, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Devices, Kuban State Technological University,
e-mail: butina_elena@mail.ru

Gerasimenko Evgeniy Olegovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Fats, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Devices, Kuban State Technological University,
e-mail: rosmaplus@gmail.com

Zhdanov Dmitry Dmitrievich, leading engineer of the quality control and safety laboratory of the Testing Center, e-mail: neodimmus@gmail.com

Kuban State Technological University,
Russia, Krasnodar, e-mail: ktgr11@mail.ru

Abstract: the article is devoted to the results of studies of the content of new contaminants - esters of monochloropropanediols and glycidyl ethers in sunflower oils of domestic producers, which are widely used in the Russian Federation in food technologies, including in the creation and production of functional products.

Key words: safety assessment, contaminants, glycidol, monochloropropanediols, sunflower oil.

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАГОТОВОК ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Евдокимов Никита Сергеевич, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», e-mail: dredasti@mail.ru

Евдокимова Оксана Валерьевна, д.т.н., профессор кафедры анатомии, физиологии и хирургии, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», e-mail: evdokimova_oxana@bk.ru

Иванова Тамара Николаевна, д-р техн. наук, профессор кафедры товароведения и таможенного дела, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», e-mail: titud-orel@mail.ru

Лазарева Татьяна Николаевна, канд. техн. наук, доцент кафедры продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», e-mail: tata_85@inbox.ru

Симоненкова Анна Павловна, канд. техн. наук, зав. кафедрой технологии продуктов питания и организации ресторанного дела, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», e-mail: simonenkova1@mail.ru

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Россия, Орел, e-mail: rector@orelsau.ru

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Россия, Орел, e-mail: info@oreluniver.ru

Аннотация: в статье приведены правила заготовок лекарственного растительного сырья (ЛРС), указаны задачи и проблемы, связанные с воспроизводством, поиском и отбором новых видов лекарственных растений, их заготовкой. Указана роль ЛРС в фармацевтической и пищевой промышленности, здравоохранении. Представлены мероприятия по повышению конкурентоспособности фитопродукции и инновационные подходы при возделывании лекарственных растений. Определены вопросы использования ЛРС для обогащения и создания функциональных и специализированных продуктов. Даны предложения Департаментам лесного хозяйства и здравоохранения субъектов РФ по организации подтверждения функциональных свойств сырья.

Ключевые слова: лекарственное растительное сырьё, заготовка, производство, биологически активные вещества

Лекарственное растительное сырьё (ЛРС), как источник биологически и физиологически активных веществ, широко применяется не только в фармацевтической [15], но и пищевой промышленности при производстве обогащенных, функциональных и специализированных пищевых продуктов [17]. Более половины лекарственных препаратов производят из растительного сырья, из них более 50% получают из дикорастущих лекарственных растений, дикоросы, по сравнению с культурными растениями накапливают большее количество биологически активных веществ. Ученые в области пищевых технологий расширяют спектр использования ЛРС [14]. Интерес у диетологов, технологов и населения растёт в связи со значительными преимуществами по сравнению с искусственными препаратами.

Первым преимуществом ЛРС является минимум побочных проявлений и противопоказаний по сравнению с искусственными препаратами, малая токсичность, выступают в качестве вспомогательных веществ при комплексной терапии, имеют более широкий диапазон используемых доз, меньшая аллергия при применении ЛРС. Лекарственные растения являются исходным сырьем для изготовления биологически активных добавок, которые оказывают положительный эффект при профилактике многих заболеваний.

Второе преимущество растений состоит в том, что эволюция животных организмов тесно связана с эволюцией растений, так как животные организмы питаются органической пищей – растениями и другими животными. Пищевая связь между ними объясняется сходствами биохимических процессов, происходящих в клетках организмов [2].

Изучение ЛРС является актуальным, необходимо выявление среди дикорастущих растений таких видов, которые бы максимально содержали природные биологически- и физиологически активные вещества. Необходимы доказательства фармакологической активности для профилактики и лечения отдельных заболеваний. Поиск и отбор новых, перспективных видов ЛРС, сопровождающийся анализом динамики накопления важнейших биологически активных веществ, определяет время сбора и заготовки лекарственных растений. Особое внимание уделяется подготовке кадров, компетентных в данном направлении [16].

Заготовкой ЛРС (моносборов трав, ягод, корней) занимаются индивидуальные предприниматели, общества с ограниченной ответственностью, крупнейшими из которых являются «Агроберес ПК Комфорт-Сибирь», «Сырьевая компания Сибири», «Калита», «Сфера решений», «Рязанские просторы», «Алтай-ЭКО» и другие. Компания ООО «Натуринг» является экспертом в области биохимии, фармакологии и анализа лекарственных растений. Крупным предприятием, специализирующимся на разработке и производстве биологически активных добавок является ООО фирма «Биокор» (Рязанская область), ООО «Алтайэкоби». Такие предприятия имеют социальную значимость, поэтому необходимо решение вопроса о льготном

налогообложении, позволяющее снизить себестоимость заготавливаемого сырья, биологически активных добавок и продуктов с его использованием, повысить экономическую привлекательность данной отрасли производства.

Несмотря на развитие производства ЛРС в России, объемы заготовок и переработки ЛРС значительно отстаёт от потребности пищевой, фармацевтической промышленности. Технология производства ЛРС включает основные операции присущие крупномасштабному сельскохозяйственному производству. По сравнению с заготовкой аналогичного сырья от дикорастущих растений возделывание лекарственных культур имеет ряд преимуществ: высокую урожайность и качество сырья, охрана растений от болезней и вредителей, получение продукции экологически чистой, высокого и однородного качества [12,13].

В СССР промышленной заготовкой и культивированием лекарственных растений занимались все союзные объединения. Через специализированные совхозы и колхозы заготавливалась более 50% всего лекарственного сырья. Центр-Союз заготавливал сырьё для нужд здравоохранения, пищевой, красильной, кожевенной промышленности. Объёмы заготовок планировались с учётом экспедиционных материалов карт по запасам лекарственных растений и потребностей отраслей.

С учетом возможного спроса на ЛРС во многих регионах проводят культивирование растений. Так, в Орловской области культивируют женьшень, плантация расположена к заповедной зоне «Орловское полесье». При выращивании лекарственных растений необходимо для повышения урожайности соблюдение правил агротехники, соблюдение севооборота, чередование культур. [5].

Для рациональной эксплуатации ресурсов лекарственных растений приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 28 июля 2020 года №494 утверждены правила заготовки пищевых лекарственных ресурсов и сбора лекарственных растений. Согласно правилам, заготовка лекарственных растений допускается в объёмах, обеспечивающих своевременное восстановление растений и воспроизводство запасов сырья, то есть полного восстановления запасов сырья конкретного вида растений, рекомендованы периодичность заготовок отдельных видов и время заготовок [8].

В справочнике «Лекарственные растительные средства» приводятся правила сбора, сушки, первичной обработке лекарственных растений. Каждый этап направлен на высокий уровень сохранности биологически активных веществ. Заготавливают части растений, содержащие максимальное количество БАВ.

Учитывая календарные сроки сбора ЛРС можно добиться максимального содержания биологически активных веществ и большего эффекта фармакологических свойств [10, 11]. Сбор ЛРС необходимо проводить после специальной подготовки сборщиков, которые должны овладеть знаниями правил сборки. Составляются договоры, сотрудникам выдается удостоверение на право сбора лекарственных растений.

Особое значение имеет сушка ЛРС. Сушка – важный технологически этап, целью которого является соблюдение режимов, позволяющих максимально сохранить биологически активные вещества ЛРС. Режимы сушки различны. Так, сырье с высоким содержанием эфирных масел, во избежание их испарения, сушат при температуре 30-35°C; сырье с высоким содержанием гликозидов во избежание инактивирования ферментов, разрушающих гликозиды – при 50-60°C; с высоким содержанием витамина С для инактивации аскорбинатоксидазы – при 80-90°C [4,6,9]. Это важное условие параметров сушки влияет на функциональные свойства ЛРС, поэтому заготовительные предприятия должны иметь необходимое технологическое оборудование для сушки и технологические инструкции по способам сушки.

В мире установлена положительная динамика потребления лекарственных трав. Социологические исследования показали, что более 50% населения в США и Германии предпочитают лечение травами. Аналогичная тенденция наблюдается на российском рынке. Повышение спроса на лекарственные травы связывают с относительной безопасностью, отсутствием побочных эффектов, ценовой доступностью по сравнению с синтетическими лекарственными препаратами, а также с многовековыми традициями народной медицины.

Для повышения конкурентоспособности фитопродукции на отечественном и зарубежных рынках необходимы инновационные подходы при возделывании лекарственных растений с применением современной техники и оборудования.

Для эффективного использования дикорастущего ЛРС необходимо соблюдать следующее:

- планирование районов заготовок сырья на территориях с высокой жизнеспособностью легко возводимой доминирующей растительности;
- ограничение по эксплуатации зарослей для их возобновления, что вызывает необходимость пользоваться установленными правилами сбора ЛРС;
- разработка рациональных способов заготовки сырья, направленных на уменьшение вреда растению и максимальное сохранения действующих веществ;
- сбор ЛРС, руководствуясь установленным правилам, сборщиками, прошедшими специальными подготовку и имеющими удостоверение на право сбора;
- выбор способа и режима сушки для максимального сохранения биологически активных веществ;
- очистка сырья от нетоварных и дефектных частей.

Несмотря на разработанные мероприятия в условиях микронутриентной недостаточности в питании населения, использование ЛРС для обогащения и создания функциональных и специализированных продуктов остаётся ещё ряд нерешённых вопросов.

В отношении лекарственных растений имеются рекомендации ученых – специалистов в области фармакогнозии по применению в профилактических и

лечебных целях. Фармакогнезия – наука, изучающая лекарственные растения, обладающие определенным фармакологическим эффектом [7].

Специалисты в области фармакологии обращают внимание на взаимодействие лекарственных веществ. Доказано, что одновременное применение нескольких лекарств могут развиваться нежелательные эффекты. Так, применение 1-5 препаратов у 4% наблюдались улучшения, а при одновременном применении 16-20 медикаментов у 54% больных наблюдались осложнения [1].

В фармакологии приняты понятия, касающиеся взаимодействия лекарственных средств: физико-химическое, химическое, фармакокинетическое.

Физико-химическое взаимодействие встречается редко и проявляется в основном в виде антагонизма взаимодействующих компонентов. Например, активированный уголь адсорбирует на своей поверхности различные химические вещества, в том числе биологически активные.

В результате химических реакций между отдельными веществами ЛРС, например, в процессе приготовления настоев или отваров из композиций могут образовываться новые вещества, снижающие или повышающие биологическую активность.

Фармакокинетическое воздействие происходит тогда, когда под влиянием одного вещества изменяется концентрация в крови. Концентрация препарата зависит от его всасывания, распределения, выведения из организма и т.д. Изучено влияние взаимодействия веществ на величину рН в процессе всасывания в ЖКТ, влияние на моторику кишечника, на мембранные транспортные системы кишечника; в процессе распространения в организме, выведения из организма [1].

Такие же эффекты могут проявляться при использовании ЛРС, которое содержит комплекс биологически- и физиологически активных веществ. На ЛРС действует ГОСТ 24027. 0 – 80, предусматривающий требования к правилам приёмки и методам отбора проб, приведены понятия о партиях, объёме выборки, объединённой пробе, средней пробе. На органическую продукцию из дикорастущего сырья действует ГОСТ 59425-2021. Некультивируемое дикорастущее ЛРС (дикоросы), предназначено для получения органической продукции на определённых для сбора естественно-природных территориях.

В соответствии с ГОСТ 55577-2013 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности при маркировке функциональных пищевых продуктов должна быть указана информация о пищевой ценности и профилактическом действии на состояние организма человека. Только при этом условии продукт считается функциональным. Причём содержание каждого пищевого или биологически активного вещества в порции продукта с использованием ЛРС должно составлять более 15% рекомендованной суточной потребности. Таким образом, каждая партия ЛРС, заготавливаемая определённой организацией должна отражать в маркировке содержание отдельных биологически активных веществ, накопление которых зависит от ряда факторов, в том числе от почвенно-климатических условий [3].

При наличии объёмов данных о содержании отдельных биологически активных веществ в ЛРС и рекомендаций специалистов диетологии в отношении использования отдельных растений для профилактики и лечения отдельных заболеваний предприятия пищевой промышленности могут рассчитать рецептуру функциональных пищевых продуктов, обосновать функциональные свойства и изложить их в маркировке и рекламе.

Таким образом, при заготовке ЛРС кроме документов, подтверждающих качество ЛРС, необходимо предоставлять данные о содержании биологически активных веществ в отдельных видах сырья, что позволит рассчитать их содержание в готовом продукте с учетом вносимого количества растительного ингредиента.

В связи с этим предприятия, занимающиеся заготовкой ЛРС должны заключать договоры с аккредитованными лабораториями, например, Роспотребнадзора, идеальным вариантом может быть создание аккредитованной лаборатории с участием Департаментов лесного хозяйства и здравоохранения.

Вторым аспектом производства функциональных пищевых продуктов является доказанная информация, приведённая в маркировке потребительской упаковки, отражающая данные о желаемом профилактическом эффекте на состояние организма человека, с учетом входящего в состав продукта функционального пищевого ингредиента, в т.ч. ЛРС. Доказательная база должна быть основана на утверждённых методах доказательной медицины, которая предусматривает клинические испытания на группе пациентов. Организация таких испытаний должна проходить в клиниках, имеющих разрешение органов здравоохранения.

Завершающим этапом, дающим возможность производить и распространять функциональный пищевой продукт, снабженный маркировкой с информацией о желаемом профилактическом эффекте для организма человека, является заключение о результатах клинической апробации.

Выводы:

1. Для обоснования содержания биологически активных веществ в ЛРС для создания функциональных пищевых продуктов необходимо Департаментам лесного хозяйства субъектов РФ организовать подтверждение функциональных свойств сырья в аккредитованных лабораториях.

2. В организации доказательной базы функциональных пищевых продуктов, подтверждающей благоприятное влияние на состояние организма человека в интересах организаций, заготавливающих ЛРС и производителей функциональных пищевых продуктов должны участвовать Департаменты здравоохранения субъектов РФ, определяющие клиники для проведения клинических испытаний.

Библиографический список

1. Балткайс Я.Я., Фитеев В.А. Взаимодействие лекарственных веществ (фармакотерапевтические аспекты).- М.: Медицина, 1991.- 304с.

2. Гаммерман А.Ф., Кадаев Г.Н., Яценко–Хмелевская А.А. Лекарственные растения: Справочное пособие.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1983.- 400с.
3. ГОСТР 55577- 2013. Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности.- Москва. Издательство: ФГУП Стандартиформ, 2013.- с. 24.
4. Кьосев П.А. Лекарственные растения: самый полный справочник. – М.: Эксмо, 2011. – 944 с.
5. Лекарственное растениеводство // Сборник научных трудов. М. : РАСХН ВИЛАР – 2006 – 406 с.
6. Лекарственное растительное сырье. Фармакогнозия: Учеб. Пособие / Под ред. Г.П. Яковлева и К.Ф. Блиновой. – спб.: спецлит, 2004. – 765 с.
7. Лекарственные растения / Справочное пособие./ Под. ред. Н.И. Гринкевич.- М.: Высшая школа.- 1991.- 397 с.
8. Об утверждении правил заготовки пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений: приказ М-ва природных ресурсов и экологии Рос. Федерации Приказ от 28 июля 2020 года № 494 // Электронный текст документа подготовлен АО "Кодекс" и сверен по: Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 14.12.2020, N 0001202012140052
9. Полуденный Л.В., Терехин А.А., Маланкина Е.Л. // Дикорастущие лекарственные растения. – М. : Издательство МСХА. – 2001 – 40 с.
10. Самылина И.А. Фармакогнозия: учебник / И.А. Самылина, Г.П. Яковлев; - М. ГЭОТАР. – Медиа, 2014. – 969 с.
11. Справочник «Лекарственные растительные средства» под ред. Г.Е. Пронченко, 2002г. М.: ГЭОТАР-МЕД, 288с.
12. Терехин А.А., Вандышев В.В./ Технология возделывания лекарственных растений. Учеб. Пособие. – М.: РУДН . – 2008. – 201 с.
13. Тетерин Ю.Н. / Современные модели ведения агробизнеса // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2011. - №12. – с. 39-42.
14. Piao X. Advances in Saponin Diversity of Panax ginseng / X. Piao, Z. Hao, P.K. Jong [et al.] / Molecules. 2020; 25(15): 3452. DOI: 10.3390/molecules25153452.
15. The World Traditional Medicines Situation, in Traditional medicines: Global Situation, Issues and Challenges. Geneva: WHO Press, 2011: 14.
16. Tsitsilin A.N. Opyt podgotovki kadrov dlya lekarstvennogo i efiromaslichnogo rastenievodstva [Experience in training personnel for medicinal and essential oil plant production] / A.N. Tsitsilin // Materialy II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Nauchniy i innovatsionniy potentsial razvitiya proizvodstva, pererabotki i primeneniya efiromaslichnykh i lekarstvennykh rasteniy” (Simferopol’, 25–26 June, 2020). – Simferopol’: IT “ARIAL”. 2020: 191–193. (In Rus.)
17. World Health Organization. – URL: https://www.who.int/health-topics/food-fortification#tab=tab_1 (дата обращения 03.03.2024r)

ON THE ISSUE OF ORGANIZING PURCHASE OF MEDICINAL PLANT RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS

¹*Evdokimov Nikita Sergeevich, Ph.D., senior lecturer of the Department of Food of Animal Origin, Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina", e-mail: dredasti@mail.ru*

¹*Evdokimova Oksana Valerievna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Surgery, Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina" e-mail: evdokimova_oxana@bk.ru*

²*Ivanova Tamara Nikolaevna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Commodity Science and Customs Affairs, Oryol State University named after I.S. Turgenev", e-mail: ttd-orel@mail.ru*

¹*Lazareva Tatyana Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food of Animal Origin, Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina", e-mail: tata_85@inbox.ru*

²*Simonenkova Anna Pavlovna, Ph.D., Head. Department of Food Technology and Organization of Restaurant Business, "Oryol State University named after I.S. Turgenev", e-mail: simonenkova1@mail.ru*

¹Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina, Russia, Orel, e-mail: rector@orelsau.ru

²Oryol State University named after I.S. Turgenev, Russia, Orel, e-mail: info@oreluniver.ru

Abstract: *the article provides rules for the procurement of medicinal plant raw materials (MPS), indicates the tasks and problems associated with the reproduction, search and selection of new types of medicinal plants, and their procurement. The role of pharmaceuticals in the pharmaceutical and food industries and healthcare is indicated. Measures to increase the competitiveness of phytoproducts and innovative approaches to the cultivation of medicinal plants are presented. The issues of using pharmaceutical products for enrichment and creation of functional and specialized products have been identified. Proposals were given to the Departments of Forestry and Health of the constituent entities of the Russian Federation to organize confirmation of the functional properties of raw materials.*

Key words: *medicinal plant raw materials, procurement, production, biologically active substances*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ И РЕЖИМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА КОРНЯ СОЛОДКИ

Максименко Юрий Александрович, *д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», e-mail: amxs1@yandex.ru*

Свирина Светлана Алексеевна, *канд. техн. наук, ассистент кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», e-mail: svetlanasv97@yandex.ru*

Соколова Екатерина Владимировна, *ассистент кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», e-mail: k_sokolova93@mail.ru*

Коннова Ольга Ивановна, *ассистент кафедры «Технология товаров и товароведение», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», e-mail: okonnova88@gmail.com*

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
Россия, Астрахань, e-mail: nayka@astu.org

Аннотация: Корень солодки известен широкой сферой применения в пищевой промышленности. Целью настоящей работы было исследование процессов экстракции и оценки влияния температуры и гидромодуля на продолжительность технологической операции и интенсивность массообмена. Были рассмотрены различные варианты проведения процесса экстракции, в том числе с циркуляционным перемешиванием и использованием микроволнового излучения. Полученные экстракты исследовались на соответствие требованиям государственного стандарта. Предложена конструкция экстрактора для интенсификации процесса экстрагирования.

Ключевые слова: корень солодки, экстракция, микроволновое излучение, интенсификация, гранулометрический состав, гидромодуль, время экстракции.

Корень солодки является уникальным и достаточно универсальным растительным сырьем, содержащим широкий спектр биологически активных веществ. В пищевой промышленности солодка широко применяется, например, для изготовления кофе, какао, маринадов, компотов, киселей, мучных изделий, халвы, карамели, пастилы и шоколада, а также в качестве вкусовой добавки.

В настоящее время активно выполняются исследования, направленные на: изучение функционально-технологических свойств корня солодки, полуфабрикатов и продуктов на его основе [1, 2]; совершенствование техники и технологий для переработки корня и получения его экстрактов [3, 4]; изучение, интенсификацию и моделирование массообменных процессов при экстракции

ценных компонентов [5, 6, 7, 8].

В рамках договора о научно-техническом сотрудничестве с ООО «Солодка-А» в научно-исследовательской лаборатории «Пищевые системы и биотехнологии» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» выполняются исследования по получению экстракта корня солодки, соответствующего требованиям ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия [9].

В качестве сырья для интенсификации процесса водной экстракции целевых компонентов из лакричного корня его дезинтегрировали до разной степени измельчения (ГОСТ 22839-88. Корни и корневища солодки. Технические условия. [10]), выращенный в Астраханской области в Красноярском районе. Измельчение корня осуществлялось на промышленных дробилках в производственных условиях ООО «Солодка-А». Измельченный корень содержал фракции различного размера. Для характеристики степени измельчения в ходе серии экспериментов произведена оценка гранулометрического (дисперсного) состава ситовым методом (таблица 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав сырья – измельченного корня солодки

Размеры частиц фракций, мм	Масса фракций, г.	Масса фракций, %.
<0,5	10,839	10,84
0,5	1,935	1,94
1	16,842	16,84
2	17,849	17,85
3	39,700	39,70
5	12,455	12,46
7	0,380	0,38
Всего	100,000	100,00

В результате экспериментов установлено, что рациональные соотношения гидромодуля при экстрагировании корня солодки находятся в диапазоне 1:5..1:10, причем, в качестве экстрагента применялась вода, подготовленная в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая» [11] и вода, полученная при водоподготовке в производственных условиях.

В ходе исследований процесса экстрагирования и оценки влияния температуры и гидромодуля на продолжительность технологической операции и интенсивность массообмена, экстракция корня солодки осуществлялась в следующих вариантах:

- 1) Экстрагирование при температуре гидромодуля $t=15..20^{\circ}\text{C}$ и периодическом перемешивании в течение 48 часов.
- 2) Экстрагирование при температуре гидромодуля $t=55..60^{\circ}\text{C}$

термостате и периодическом перемешивании в течение 30 часов.

3) СВЧ – экстрагирование при температуре гидро модуля $t=55..60^{\circ}\text{C}$ при механическом (до 20 об./мин) и циркуляционном перемешивании в течение 3..4 часов, причем температура достигалась и поддерживалась с помощью СВЧ-нагрева при различной мощности в диапазоне 600..1000 Вт с периодическими остановками генераторов для исключения перегрева гидро модуля выше 60°C (рисунок 1).

4) Экстрагирование при температуре гидро модуля $t=55..60^{\circ}\text{C}$ при механическом (до 20 об./мин) и циркуляционном перемешивании гидро модуля в течение 4-6 часов при различной кратности циркуляции (рисунок 1, без использования магнетронов).

5) Экстрагирование (перколяция) при температуре гидро модуля $t=55..60^{\circ}\text{C}$ в течение 4-6 часов при различной кратности циркуляции экстрагента (рисунок 2, без использования магнетронов).

6) СВЧ – экстрагирование (перколяция) при температуре гидро модуля $t=55..60^{\circ}\text{C}$ в течение 4-6 часов при различной кратности циркуляции экстрагента, причем температура достигалась и поддерживалась с помощью СВЧ-нагрева при различной мощности в диапазоне 600..1000 Вт (рисунок 2).

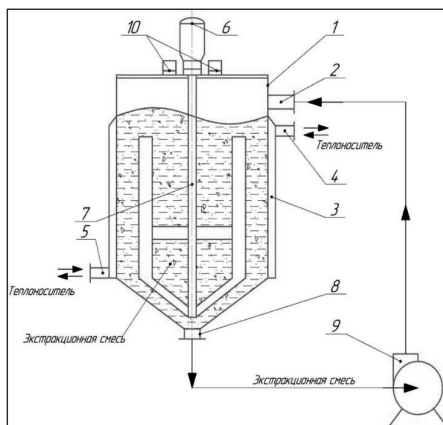


Рисунок 1 – Схема экстрагирования при механическом и периодическом перемешивании экстракционной смеси:

- 1 – емкость, 2, 8 – патрубки, 3 – контур терморегуляции (обогрев, охлаждение),
- 4, 5 – патрубки для входа/выхода теплоносителя,
- 6 – мотор-редуктор, 7 – рамная мешалка, 9 – насос, 10 – магнетрон

Время экстрагирования для всех вариантов устанавливалось по кривой экстракции и соответствовало времени достижения наибольшей равновесной концентрации сухих веществ в экстрагенте, которое далее практически не изменяется во времени процесса.

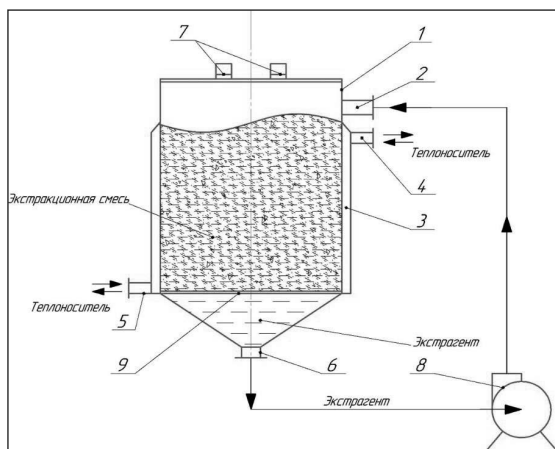


Рисунок 2 – Схема экстрагирования (перколяции) при циркуляции экстрагента:
 1 – емкость, 2, 6 – патрубki, 3 – контур терморегуляции (обогрев, охлаждение),
 4, 5 – патрубki для входа/выхода теплоносителя,
 7 – магнетроны, 8 – насос, 9 – фильтрующая перегородка

На рисунке 3 представлены кривые экстракции для некоторых вариантов организации процесса при гидромодуле 1:5.

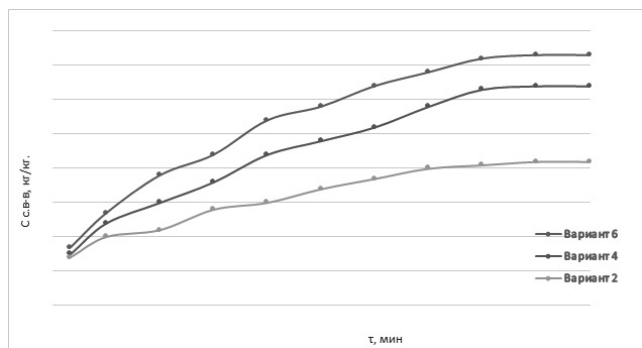


Рисунок 3 – Вариант 6 – СВЧ экстрагирование,
 Вариант 4 – экстрагирование при циркуляционном перемешивании,
 Вариант 2 – экстрагирование при периодическом перемешивании.

В результате экспериментов получены образцы экстрактов с содержанием сухих веществ 4..7%. Наибольшая интенсивность процесса экстракции соответствует вариантам с циркуляционным перемешиванием экстракционной смеси или экстрагента через слой сырья при перколяции.

Определение массовой доли влаги проводилось двумя методами: на анализаторе влажности «Эвлас – 2М» в соответствии с прилагаемой инструкцией и методикой [12] и по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия [9].

Далее все полученные растворы подвергались фильтрованию и последующему вакуум-выпариванию при температуре до 60°C до достижения требуемой влажности не менее 32% и не более 38%. Образцы готового экстракта были исследованы на соответствие требованиям ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия [9]. Для всех образцов установлено соответствие основным требованиям стандарта, и, следовательно, все варианты могут быть рекомендованы к реализации на предприятии ООО «Солодка-А». Принимая во внимание необходимость рационального планирования производства следует отметить, что перспективным вариантом является перколяция при t=55-60°C и циркуляционном перемешивании экстрагента, причем это рационально с позиции снижения затрат на последующий нагрев экстракционного раствора при вакуум-выпаривании. Нагрев экстракционной смеси можно реализовывать прямым нагревом, СВЧ-нагревом или комбинированным способом. В таблице 2 представлены результаты испытаний для 5 и 6 вариантов организации процесса экстракции.

Таблица 2

Результаты испытаний экстракта (вариант 5 / вариант 6) на соответствие требований ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытаний	Норматив
Органолептические показатели				
1	Вкус	-	Соответствует	Приторно-сладкий, слегка раздражающий
2	Внешний вид	-	Соответствует	Густая однородная масса без комков и посторонних включений
3	Запах	-	Соответствует	Слабый, своеобразный
4	Цвет	-	Соответствует	Темно-коричневый
Показатели качества				
5	Глицирризиновая кислота	%	20,6 / 19,7	не менее 18
6	Массовая доля веществ, не растворимых в горячей воде	%	2,4 / 2,4	не более 2,5
Физико-химические показатели				
7	Влажность	%	32,2 / 33,1	не более 38, не менее 32
8	Массовая доля общей золы	%	6,2 / 6,1	не более 9

Для промышленной реализации экстракции корня солодки разработана конструкция СВЧ-экстрактора (патент №223871) [13], который рекомендовано использовать как отдельный аппарат в составе технологической линии или как корпус в двух- или трехкорпусной экстракционной установке.

В дальнейшем исследовании будут продолжены для оценки перспектив повторной экстракции сырья для его рационального использования и большего извлечения ценных водорастворимых компонентов. Актуальным представляется исследование процесса экстрагирования с использованием 2-х или 3-х стадийной экстракции в батарейных перколяторах. Кроме того, при экстракции по варианту перколяции слой сырья на фильтрующей перегородке в процессе используется как естественный фильтр для фильтрации экстрактивного раствора для дальнейшего его направления сразу на вакуум-выпаривание.

Библиографический список

1. Солобаева Н.Ю., Черевач Е.И., Текутьева Л.А. Разработка технологии обогащенных сладких десертов на основе сапонинсодержащих растительных пенообразователей // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2022. № 2 (73). С. 24-29.

2. Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Быковская Е.И., Говядова И.А., Овчинникова Е.В. Влияние рецептурных компонентов хлеба цельнозернового пшеничного на его пищевую ценность // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. № 1. С. 27-34.

3. Бородычев В.В., Константинова Т.Г., Новиков А.Е., Филимонов М.И. Прессование корней и корневищ солодки // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 249-260.

4. Саидов С.С., Каримов Р.К., Таджикибаева М.Р., Донияров Ф.Т., Ибодуллаева Г.Х.К., Эгамова М.К., Халилов М.Н. Оптимизация процесса экстракции корня солодки // Universum: технические науки. 2023. № 6-3 (111). С. 61-66.

5. Бабич О.О., Ульрих Е.В., Ларина В.В., Бахтиярова А.Х. Исследование состава и свойств экстрактов *Glycyrrhiza Glabra*, выращенной в Калининградской области, и перспективы ее применения // Пищевые системы. 2022. Т. 5. № 3. С. 261-270.

6. Белова О.А., Куркин В.А., Егоров М.В. Методика количественного определения суммы флавоноидов в траве солодки голой // Фармация и фармакология. 2023. Т. 11. № 2. С. 127-136.

7. Wanru Wang, Yunquan Yang, Kewen Tang Selective extraction of glabridin from *Glycyrrhiza glabra* crude extracts by sulfolbutylether- β -cyclodextrin in a ternary extraction system. *Process Biochemistry*. 2023. Vol. 129, pp. 1-10. DOI: 10.1016/j.procbio.2023.02.027.

8. Can Peng, Yulong Zhu, Fulong Yan, Yue Su, Yaqin Zhu, Ziyu Zhang, Chijing Zuo, Huan Wu, Yunjing Zhang, Jiayi Kan, Daiyin Peng The difference of origin and extraction method significantly affects the intrinsic quality of licorice: A new method

for quality evaluation of homologous materials of medicine and food. Food Chemistry. 2021. Vol. 15. 127907. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127907.

9. ГОСТ 22840-77 Экстракт солодкового корня. Технические условия.

10. ГОСТ 22839-88. Корни и корневища солодки. Технические условия.

11. ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.

12. Руководство по эксплуатации САП 022.00.00.000-02 РЭ анализатора влажности Эвлас-2М [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://static.biolight.ru/files/0003381-1.pdf>.

13. Патент Российская Федерация 223 871 U1. МПК С11В 1/10 (2006.01). Экстрактор: № 2023134914: заявл. 25.12.2023; опубл. 06.03.2024 / Максименко Ю.А., Коннова О.И., Алексанян И.Ю., Соколова Е.В., Неповинных Н.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет».

RESEARCH OF THE EXTRACTION PROCESS AND OPERATION PARAMETERS FOR OBTAINING AN AQUEOUS EXTRACT OF LICORICE ROOT

Maksimenco Yuri Aleksandrovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Professor of the Department of “Technological Machines and Equipment”, Astrakhan State Technical University, e-mail: amxs1@yandex.ru

Svirina Svetlana Alekseevna, Ph.D. tech. Sciences, assistant of the department of “Technological machines and equipment”, Astrakhan State Technical University, e-mail: svetlanasv97@yandex.ru

Sokolova Ekaterina Vladimirovna, assistant of the department of “Technological machines and equipment”, Astrakhan State Technical University, e-mail: k_sokolova93@mail.ru

Konnova Olga Ivanovna, assistant of the department “Technology of goods and commodity science”, Astrakhan State Technical University, e-mail: okonnova88@gmail.com

Astrakhan State Technical University, Russia, Astrakhan, e-mail: nayka@astu.org

Abstract: Licorice root is known for its wide range of uses in the food industry. The purpose of this work was to study extraction processes and assess the influence of temperature and hydraulic module on the duration of the technological operation and the intensity of mass transfer. Various options for carrying out the extraction process were considered, including circulation stirring and the use of microwave radiation. The extracts obtained were examined for compliance with the requirements of the state standard. An extractor design has been proposed to intensify the extraction process.

Key words: licorice root, extraction, microwave radiation, intensification, particle size distribution, hydromodulus, extraction time.

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЗАИМОСВЯЗИ ФАКТОРОВ,
ФОРМИРУЮЩИХ И ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ
ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ И ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ БРАКА
ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ**

Михайлова Кермен Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры
Управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
e-mail: mikhaylovakv@rgau-msha.ru

Одинцова Арина Александровна, преподаватель кафедры Управления
качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский
государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
e-mail: odintsowaarina@rgau-msha.ru

Харитоновна Полина Сергеевна, ассистент кафедры Управления качеством и
товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
e-mail: polina.kharitonova@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: в статье систематизированы факторы, формирующие и влияющие на качество и безопасность полутвердых сыров, проведена оценка степени влияния каждого фактора на качество и безопасность сыра, подобраны управляющие действия, обеспечивающие качество и безопасность, а также с применением информационно-матричной модели (ИММ) была проведена оценка степени взаимосвязи между факторами и возникновением брака полутвердых сыров.

Ключевые слова: сыр, качество, брак, несоответствие, контроль качества, информационно-матричная модель.

Актуальность. Отсутствие системы мониторинга качества при производстве и обращении полутвердых сыров приводит к возникновению брака. Отмечается, что текущий подход к контролю качества на распределительных центрах торговых сетей неэффективен, так как не позволяет выявлять системные проблемы с качеством продукции [1, 3, 6].

Актуальной становится задача анализа факторов, которые влияют на формирование качества и безопасности полутвердых сыров, а также оценки степени их взаимосвязи с возникновением брака. Анализ позволит разработать управляющие действия предотвращения или минимизации рисков возникновения брака при производстве полутвердых сыров и их обращении, а также оценить степень взаимосвязи между факторами формирующих и

влияющих на качество и безопасность полутвердых сыров и возникновением брака.

Предотвращение попадания в торговую сеть некачественной продукции повысит уровень доверия со стороны покупателей и партнеров, что приведет к увеличению спроса и улучшению имиджа предприятия.

Цель исследования – анализ факторов, влияющих на формирование качества и безопасности полутвердых сыров, а также оценки степени их взаимосвязи с возникновением брака полутвердых сыров.

Задачи: изучить этапы жизненного цикла полутвердых сыров и систематизировать факторы, формирующие качество полутвердых сыров с учетом требований нормативных документов; оценить степень влияния каждого фактора на качество и безопасность полутвердого сыра, разработать управляющие действия выявленными факторами, разработать информационно-матричную модель (ИММ) анализа причин несоответствий и по результатам ИММ установить факторы, оказывающие наиболее сильное негативное воздействие на риск возникновения брака, и факторы, способные существенно снизить риски возникновения несоответствий.

Объекты и методы. Технология производства полутвердого сыра (на примере сыра «Российский»), данные о выявленных несоответствиях (брака) полутвердых сыров, реализуемых в торговых сетях. Методика построения ИММ анализа причин возникновения брака полутвердых сыров, методика статистической обработки данных, полученных экспертным путем.

Результаты и их обсуждение. Формирование качества и безопасности полутвердых сыров происходит на каждом этапе «от фермы до прилавка», включающим в себя не только производство самого пищевого продукта, но и порода животного, его кормление, условия содержания, процессы производства, транспортирования и хранения сырья, а также процессы связанные с реализацией продукции, хранении в торговых предприятиях [2, 5, 6, 7]. Все эти факторы, формирующие качество и безопасность указаны на рисунке 1.

Систематизированные факторы с учетом требований нормативных документов на каждом этапе представлены на рисунке 2 (фрагмент). Эти данные являются основой для обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов, прослеживаемости и управления технологическими рисками. Учитывали поставщика, владельца и заказчика партии продукции/сырья, место реализации этапа и документы устанавливающие требования при контроле. К документам, устанавливающим требования при контроле, относят товарно-транспортные накладные, транспортные накладные, национальные и региональные стандарты, кодекс Алиментарииус, технические регламенты таможенного союза.

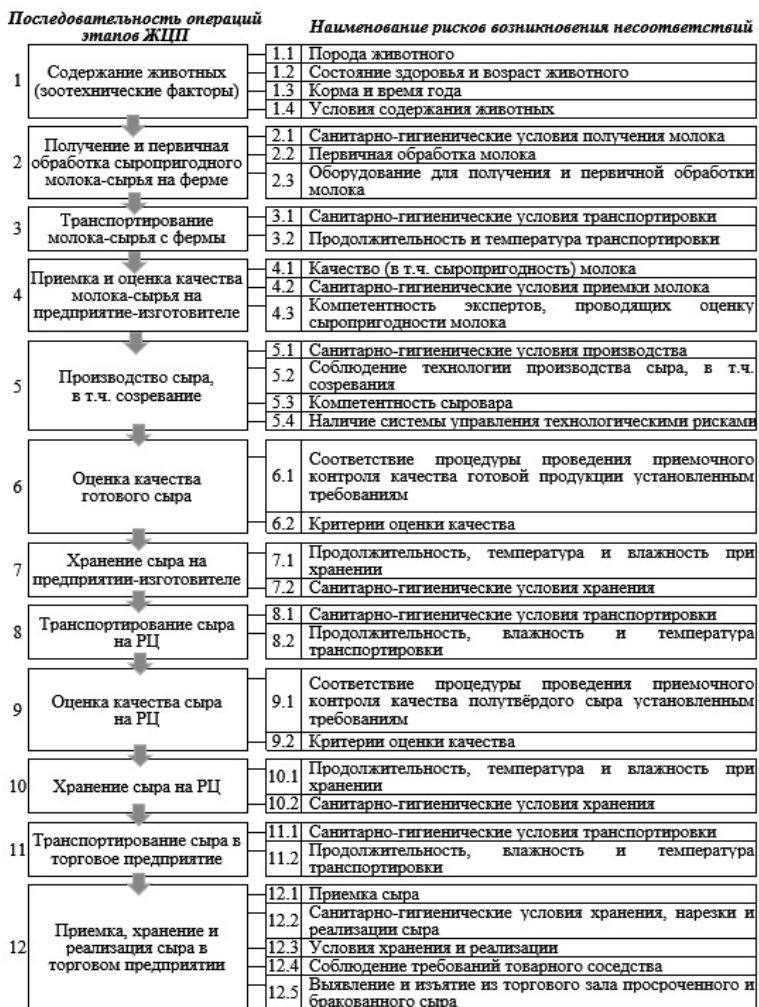


Рисунок 1 – Номенклатура факторов, формирующих качество реализуемых полутвердых сыров

Систематизированные факторы с учетом требований нормативных документов на каждом этапе представлены на рисунке 2 (фрагмент). Эти данные являются основой для обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов, прослеживаемости и управления технологическими рисками.

**Основные элементы системы прослеживаемости
«от фермы до прилавка» сыра «Российский»**

№ п/п	Наименование продукции/сырья/материалов и др.	Поставщик партии	Владелец партии	Приобретатель (заказчик) партии	Место реализации этапа	Основные документы, устанавливающие требования при контроле
1	2	3	4	5	6	7
1. Наименование этапа цепочки прослеживаемости – производство молока-сырья (основное сырье)						
1.1	Корма и кормовые добавки	Наименования каждого производителя кормов и кормовых добавок	Наименование фермерского хозяйства (и дистриьютера – при наличии)	Наименование предприятия-изготовителя полутвердого сыра	Фермерское хозяйство	ТН, ТН, ДПКИБЦ ГОСТ Р 51899-2002 «Комбикорма гранулированные. Общие технические условия» ГОСТ Р 55452-13 «Сено и сенаж. Технические условия» ГОСТ Р 55986-14 «Силос из кормовых растений. Общие технические условия» ГОСТ 9268-2015 «Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота. Технические условия» Кодекс Аддитивитивус Общий стандарт по <u>контаминантам</u> и токсинам в пищевых продуктах и кормах (CODEX STAN 193-1995) ГОСТ Р 58188-2018/ISO/TS 22002-6:2016 «Программы предварительных требований по безопасности пищевой продукции. Часть 6. Производство кормов для животных»
1.2	Вода	Наименование поставщика воды	Наименование фермерского хозяйства (и дистриьютера – при наличии)	Наименование предприятия-изготовителя полутвердого сыра	Фермерское хозяйство	ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» ГОСТ 18963-73 «Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа»

Рисунок 2 – Основные элементы системы прослеживаемости «от фермы до прилавка» полутвердого сыра (фрагмент)

Была проведена оценка степени влияния факторов на качество полутвердых сыров с применением 6 бальной семантической квалиметрической шкалы, установлена степень влияния (d) факторов на качество и безопасность сыра. Анализ результатов позволил установить, что из выявленных факторов нет малозначимых, все они получили от 3 до 5 баллов (рисунок 3).

Были подобраны управляющие действия, обеспечивающие качество и безопасность сыра. Основные управляющие действия:

1) установлены в нормативно-технической документации, включая требования к процессам производства сырья и продукции, транспортированию, хранению, реализации, требования к материалам и оборудованию, охватывая всю цепочку прослеживаемости «от фермы до прилавка»;

2) установлены в документации элементов системы обеспечения безопасности на базе принципов ХАССП;

3) включают использование современного оборудования, которое является ключевым фактором для минимизации ручного труда и контакта сырья или продукта с производственной средой;

4) относятся к ветеринарным рекомендациям, зоотехническим факторам, условиям содержания, кормления, лечения и профилактики заболеваний животных;

5) относятся к проблеме подбора компетентных экспертов, особенно для оценки и управления технологическими процессами;

6) заключаются в разработке и внедрении системы управления качеством и технологическими рисками, которая позволит снизить риски выпуска и

реализации некачественной продукции;

7) заключаются в разработке и внедрении системы мониторинга причин возникновения брака, которая позволит минимизировать вероятность реализации покупателю продукции с несоответствиями;

8) заключается в разработке и внедрении принципов элементов системы управления качеством в системе прослеживаемости на базе принципов МС ИСО ГОСТ Р ИСО 22005-2009, МС ИСО 9001-2015, ГОСТ Р ИСО 22000-2019, ГОСТ 51705.1-2001.

<i>Последовательность операций этапов ЖЦП</i>	<i>Наименование рисков возникновения несоответствий</i>		<i>d</i>	<i>Управляющие действия</i>
1	2	3	4	5
1. Содержание животных (зоотехнические факторы)	1.1	Порода животного	4	Подбор породы
	1.2	Состояние здоровья и возраст животного	4	Лечение и профилактика заболеваний, ветеринарный контроль
	1.3	Корма и время года	3	Подбор сбалансированных кормов
	1.4	Условия содержания животных	4	Строгое соблюдение требований по содержанию животных, гуманное отношение к животным
2. Получение и первичная обработка сыропригодного молока-сырья на ферме	2.1	Санитарно-гигиенические условия получения молока	4	Строгое соблюдение установленных требований, ХАССП
	2.2	Первичная обработка молока	4	Подбор этапов и режимов первичной обработки молока, ХАССП
	2.3	Оборудование для получения и первичной обработки молока	3	Современное оборудование, автоматизация процессов
3. Транспортирование молока-сырья с фермы на предприятие-изготовитель	3.1	Санитарно-гигиенические условия транспортировки молока	3	Строгое соблюдение установленных требований, ХАССП
	3.2	Продолжительность и температура транспортировки молока	4	Строгое соблюдение установленных требований, ХАССП
4. Приемка и оценка качества молока-сырья на предприятие-изготовитель	4.1	Качество (в т.ч. сыропригодность) молока	5	Строгий приемочный контроль качества сырья, система управления технологическими рисками
	4.2	Санитарно-гигиенические условия приемки молока	4	Строгое соблюдение установленных требований, ХАССП
	4.3	Компетентность экспертов, проводящих оценку сыропригодности молока	4	Подбор квалифицированных специалистов

Рисунок 3 – Оценка значимости факторов (d) прогнозирования показателей качества полутвердого сыра

Обеспечение стабильности качества и безопасности полутвердых сыров является важным аспектом для производителей и потребителей. Разрабатывая систему мониторинга несоответствий и управления технологическими рисками, можно эффективно контролировать все факторы, влияющие на качество и безопасность сыров, от начала производства до момента продажи. Это позволяет гарантировать, что потребители получают продукт высокого качества, безопасный для употребления. Путем разработки информационно-матричной модели анализа причин несоответствий были научно обоснованы причины возникновения брака. Оценка степени взаимосвязи между факторами и возникновением брака в ИММ производилась с помощью квалиметрической шкалы (рисунок 4) [4].

ИММ представляет собой таблицу, в строках которой перечисляются выявленные факторы, влияющие на качество сыра по 3 блокам прослеживаемости, а столбцах указываются выявленные и проанализированные, а также возможные несоответствия полутвердых сыров, учитывались нормируемые показатели безопасности продукции, соответствия маркировки требованиям, герметичности упаковки и наличие сопроводительных документов. Экспертным методом с применением квалиметрической шкалы устанавливалась сила и характер взаимосвязи между фактором влияния и вероятностью возникновения брака полутвердых сыров (рисунок 5).

Производился расчёт значимости каждого фактора, исходя из характера и силы влияния, определялось значение показателя важности каждого фактора (ПВФ). На пересечении столбца и строки указывалась численная характеристика экспертной оценки силы и характера взаимосвязи.

		Описание степени влияния фактора на возникновение брака полутвёрдых сыров	
		Балл	
Оценка факторов, препятствующих возникновению брака	Оценка причины возникновения брака	-5	фактор оказывает очень сильное влияние, является прямой причинной брака
		-4	фактор оказывает существенное влияние
		-3	фактор оказывает небольшое влияние
		-2	фактор при ряде других условий оказывает небольшое влияние
		-1	фактор при ряде других условий потенциально способен оказать незначительное влияние
	0	фактор абсолютно не влияет	
	+1	+1	фактор при ряде других условий потенциально способен незначительно снизить вероятность возникновения брака
		+2	фактор при ряде других условий способен немного снизить вероятность возникновения
		+3	фактор способен немного снизить вероятность возникновения
		+4	фактор способен существенно снизить вероятность возникновения
+5		фактор полностью предотвращает возможность возникновения брака	

Рисунок 4 – Квалиметрическая шкала оценки степени взаимосвязи между факторами и возникновением брака полутвердых сыров

Таблица 1

Факторы, оказывающие наиболее сильное влияние на риск возникновения несоответствий при производстве и товародвижении сыра

Блоки прослеживаемости	Факторы оказывающие наиболее сильное влияние на возникновения несоответствий	Факторы, способные существенно снизить риски возникновения несоответствий	Факторы, в большей степени обуславливающих возникновение или предотвращение несоответствий
Ферма	зоотехнические факторы (ЗФ= 179)	-	состояние здоровья животного (ПВФ = 1053,5)
	транспортирование молока на сыродельное предприятие (ЗФ= 69)	-	корма (ПВФ = 1335,6)
	-	-	условия транспортировки молока на сыродельное предприятие (ПВФ = 1161,6)
Производство	процессы в ванне (ЗФ= 63)	оценка качества молочного сырья на предприятии-изготовителе сыра (ЗФ+= 140)	оценка качества молочного сырья на предприятии-изготовителе сыра (ПВФ = 2811,3)
	посол (ЗФ= 68)	пастеризация молока (ЗФ+= 78)	пастеризация молока (ПВФ = 1245,2)
	созревание (ЗФ= 107)	процессы в ванне (ЗФ+= 207)	процессы в ванне (ПВФ = 2307,5)
	хранение (ЗФ= 67)	-	посол (ПВФ = 1167,3)
	-	-	хранение (ПВФ = 1369,6)
Реализация	хранение и транспортирование (ЗФ= 113)	оценка качества при приеме на РЦ (ЗФ+= 189)	хранение и транспортирование сыра с завода изготовителя до распределительного центра (ПВФ = 1334,5)
	-	контроль качества и условий хранения при реализации (ЗФ+= 159)	оценка качества при приеме на распределительном центре (ПВФ = 3309,3)
	-	-	хранение на распределительном центре и транспортирование до торговой точки (ПВФ = 2661,9)
	-	-	контроль качества и условий хранения при реализации (ПВФ = 2842,9)

Выводы. Данные, полученные от экспертов, показывают, что различные факторы, такие как качество используемого сырья, соблюдение технологии производства и условия хранения, могут влиять на качество полутвердых сыров и увеличивать вероятность брака. Оценка важности каждой операции позволяет определить, какие этапы производства и товародвижения наиболее важны для обеспечения качества продукта. Элементы цепочки прослеживаемости включают получение и транспортировку молока, производство сыра, его хранение и реализацию конечному потребителю. Документальное сопровождение каждой партии продукта помогает контролировать его качество и безопасность.

Библиографический список

1. Исследование причин рекламаций и возвратов полутвердых сыров

на различных этапах товародвижения / Н. И. Дунченко, В. С. Янковская, К. В. Михайлова, С. В. Купцова // Сыроделие и маслоделие. – 2022. – № 6. – С. 30-32.

2. Анализ факторов, формирующих качество полутвердых сыров в системе прослеживаемости / Н. И. Дунченко, В. С. Янковская, К. В. Михайлова [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2022. – № 6. – С. 20-22.

3. Михайлова, К. В. Анализ причин возникновения пороков полутвердых сыров / К. В. Михайлова, Н. И. Дунченко, В. С. Янковская // Сыроделие и маслоделие. – 2023. – № 3. – С. 16-18.

4. Дунченко, Н. И. Оценка рисков при производстве сыра "Российский" / Н. И. Дунченко, К. В. Михайлова, А. В. Попова // Сыроделие и маслоделие. – 2015. – № 6. – С. 30-32.

5. Анализ опасных факторов при производстве молока-сырья, предназначенного для выработки полутвердых сыров / В. С. Янковская, Н. И. Дунченко, С. В. Купцова, К. В. Михайлова // Сыроделие и маслоделие. – 2021. – № 4. – С. 50-52.

6. Анализ причин несоответствий продукции установленным нормам / В. С. Янковская, Н. И. Дунченко, К. В. Михайлова, Л. Н. Маницкая // Сыроделие и маслоделие. – 2021. – № 5. – С. 10-12.

7. Управление качеством продукции / Н. И. Дунченко, В. С. Янковская, Е. С. Волошина, М. А. Гинзбург. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – 89 с.

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF RELATIONSHIP OF FACTORS FORMING AND AFFECTING THE QUALITY AND SAFETY OF SEMI-SOLID CHEESE AND THE REASONS FOR DAMAGE OF SEMI-SOLID CHEESE

Mikhailova Kermen Vladimirovna, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Quality Management and Product Marketing, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
e-mail: mikhaylovakv@rgau-msha.ru

Odintsova Arina Aleksandrovna, teacher of the Department of Quality Management and Product Marketing, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
e-mail: odintsowaarina@rgau-msha.ru

Kharitonova Polina Sergeevna, assistant of the Department of Quality Management and Product Marketing, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
e-mail: polina.kharitonova@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: *the article systematizes the factors that form and influence the quality and safety of semi-hard cheeses, assesses the degree of influence of each factor on the*

quality and safety of the cheese, selects control actions that ensure quality and safety, and using the information matrix model (IMM) An assessment was made of the degree of relationship between factors and the occurrence of defects in semi-hard cheeses.

Key words: *cheese, quality, defects, non-conformity, quality control, information matrix model.*

УДК 664

БИГЕЛИ КАК НОВЫЕ ДВУХФАЗНЫЕ СИСТЕМЫ: СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Неповинных Наталия Владимировна, д-р техн. наук, доцент, профессор
кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский
государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени
Н.И. Вавилова», e-mail: nnepovinnnykh@yandex.ru*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»,
Россия, Саратов, e-mail: rector@vavilovsar.ru

Аннотация: Бигели как новые двухфазные системы привлекли значительное внимание исследователей благодаря своим преимуществам, охватывающим как свойства гидрогелей, так и олеогелей. Эффективность и применение бигелей в пищевых системах зависят от их структурно-механических свойств. В статье особое внимание уделяется характеристикам и внешним факторам, влияющим на структурно-механические свойства бигелей. Это понимание позволит спроектировать бигели для конкретных применений, связанных с пищевыми технологиями.

Ключевые слова: бигель, гидрогель, олеогель, пищевая промышленность

Гели классически определяются как мягкие вещества, состоящие по меньшей мере из одного компонента, структурирующего агента, и другого преобладающего соединения - растворителя. Гели могут быть классифицированы в зависимости от процесса гелеобразования полярной или неполярной жидкой фазы, в результате чего получаются гидрогели и олеогели, причем последние являются подкатегорией органогелей [1-3].

Гидрогели в основном состоят из воды, и их сеть формируется в результате образования биополимерных цепей посредством химического сшивания ковалентными связями, физического сшивания посредством нековалентных взаимодействий или обеих комбинаций. Гидрогели могут служить системами доставки, реагирующими на нежелательные воздействия окружающей среды, такие как изменения температуры и pH, и в качестве ингредиентов для

улучшения различных свойств пищевых продуктов, включая имитацию жира, эластичность и стабильность при производстве пищевых продуктов [4-6]. Однако не смотря на такие уникальные свойства, гидрогели не подходят для получения гидрофобных комплексов.

Олеогелирование - это процесс получения гелей, в которых жидкое масло иммобилизовано внутри трехмерной сетв, образованной олеогелеобразователем, и поскольку олеогелирование является физическим методом, оно не изменяет химическую природу масел и не приводит к образованию трансжирных кислот. Таким образом, олеогели определяются как полутвердые смеси, содержащие органическую жидкую фазу, заключенную в трехмерную сеть, получаемую добавлением небольшого количества желирующего агента в жидкое растительное масло [7-10].

На структуру и свойства олеогелей влияют различные факторы, включая структуру и состав масла и олеогелатора, количество олеогелатора, параметры обработки и взаимодействие между различными факторами. Поэтому крайне важно найти подходящие комбинации масла и олеогелаторов и условия обработки для получения олеогеля с желаемыми свойствами, поэтому хотя олеогели обладают рядом преимуществ, у них есть определенные недостатки, которые необходимо учитывать, включая их более мягкую текстуру и меньшую пластичность по сравнению с традиционными твердыми жирами.

Бигели - это инновационные двухфазные системы, состоящие из двух гелеобразных фаз, обычно образующихся в результате механического смешивания при определенной температуре и условиях гелеобразования. Производство бигелей обладает преимуществами как гидрогелей, так и олеогелей, включая способность включать как гидрофильные, так и гидрофобные компоненты, термодинамическую стабильность, а также характеристики контролируемого высвобождения [11-13].

Ключевыми свойствами бигелей являются их уникальное термодинамическое поведение, характеристики текстуры и универсальность. Эти свойства можно точно регулировать с помощью различных факторов, включая комбинации материалов, соотношения рецептур, типы желирующих агентов и включение добавок. Следовательно, бигели привлекли значительное внимание исследователей, особенно в области контролируемого высвобождения биологически активных соединений, таких как коэнзим Q10, ликопин, β -каротин и Омега-3 жирные кислоты [14-16].

Примечательно, что бигели нашли разнообразное применение в пищевой промышленности, способствуя повышению стабильности, вкуса, безопасности и пользы для здоровья, способствуя улучшению питательного состава и функциональных свойств пищевых продуктов. Кроме того, их универсальность и уникальные структурные свойства позволяют им служить заменителями жира, «умной» упаковкой пищевых продуктов, инновационным производством пищевых продуктов с 3D-печатью [17].

В настоящей статье представлена информация по разработке пищевых бигелей с желаемыми характеристиками, а также собственные исследования по разработке и включению бигелей в рецептурные составы традиционных

продуктов питания [18, 19].

Способы приготовления бигелей в основном включают метод гелеобразования при нагревании и метод гелеобразования при охлаждении, которые также называются одноступенчатым методом смешивания и двухступенчатым методом смешивания, соответственно. Метод гелеобразования при нагревании и метод гелеобразования при охлаждении основаны на разных механизмах гелеобразования. Метод гелеобразования при нагревании приводит к снижению межфазного натяжения между водной и масляной фазами и снижению вязкости системы. По сравнению с методом гелеобразования при нагревании, метод гелеобразования при холодном отверждении может обеспечить более упорядоченную сетчатую структуру, более высокую механическую прочность и стабильность. Таким образом, гели, приготовленные методом термостойкого гелеобразования, обычно выглядят как каучукоподобные гели, в то время как гели, приготовленные методом холодного гелеобразования, это мягкие гели. Параметры смешивания, особенно скорость и температура перемешивания, играют решающую роль в определении конечных свойств бигелей.

Также современные подходы к производству бигелей связаны с применением распылительной сушки, микроволновой обработки и гамма-излучения. Эти передовые технологии способствуют эффективному и контролируемому производству бигелей, делая их более подходящими для различных применений в пищевой и фармацевтической промышленности.

Включение двух гелеобразных фаз в систему бигеля может привести к получению различных структур, каждая из которых обладает своими уникальными свойствами и областями применения, а именно гидрогеля в олеогеле, олеогеля в гидрогеле и двухкомпонентных гелей. Тип образующихся бигелей зависит от концентрации компонентов олеогеля и гидрогеля. Тип олеогеля в гидрогеле: бигели проявляют тип олеогеля в гидрогеле, когда концентрация олеогеля ниже 50 %. Двухкомпонентный тип: бигели переходят в двухкомпонентный тип при равном содержании олеогеля и гидрогеля. Тип гидрогеля в олеогеле: дальнейшее увеличение концентрации олеогеля до 70 % приводит к тому, что бигели становятся типом гидрогеля в олеогеле. Эти системы бигеля находят перспективное применение в пищевой промышленности благодаря их термомеханическим свойствам и стойкости к разделению фаз с течением времени.

Факторы, влияющие на механические свойства бигелей, в основном включают внутренние характеристики, такие как корректировка рецептуры и сочетания гелевых фаз (например, соотношение олеогеля и гидрогеля, типы органогелирующих веществ и гидрогелаторов), и внешние факторы, такие как включение добавок / эмульгаторов, а также изменение pH. Регулируя как внутренние, так и внешние факторы, бигели можно адаптировать к различным потребностям применения.

Соотношение олеогель/гидрогель является фундаментальным параметром, который существенно влияет на структуру геля и, следовательно, на гелевые свойства бигелей, такие как прочность, адгезивность, вязкость, когезионная

способность и липкость. Как правило, изменения в соотношении олеогель / гидрогель могут влиять на межфазную поверхность бигелей, которая связана с участками взаимодействия дисперсной фазы и матрицы. Когда гидрогель служит доминирующей фазой (непрерывной фазой), олеогель действует как дисперсионная фаза. При увеличении соотношения олеогеля образуется больше капель масла. Эти капли масла увеличивают общую площадь межфазной поверхности бигелей, обеспечивая большее количество участков взаимодействия между дисперсной фазой и пищевой матрицей. С другой стороны, изменение соотношения олеогель / гидрогель может привести к более упорядоченному структурному образованию.

Так, прочность, присущая обеим фазам в составе бигелей, а именно фазе олеогеля и фазе гидрогеля, имеет фундаментальное значение для определения механической прочности и общей текстуры этих сложных материалов. Структура бигелей зависит от степени сшивания и прочности полимера обеих фаз.

Таким образом, бигели представляют собой структурированные системы, стабилизированные образованием трехмерной сети, создаваемой органогелаторами, соединениями, обладающие способностью иммобилизовать неполярную фазу в гелеобразной структуре. Добавление гелеобразующего агента считается важной стратегией для создания носителей с более компактной структурой. Обычно гелеобразующими агентами для структурирования масла служат низкомолекулярные гелеобразующие агенты, а для структурирования водной фазы используются высокомолекулярные гелеобразующие агенты.

Низкомолекулярные гелеобразующие агенты могут самоорганизовываться и создавать стабильную кристаллическую сеть из малых молекул, эффективно стабилизируя масляную фазу. Этот процесс основан на контролируемом температурой образовании физических взаимодействий между малыми молекулами, т.е. Ван-дер-Ваальсовых, гидрофобных и водородных связей. Из-за роли этих физических взаимодействий в структурообразовании и использования низкомолекулярных строительных блоков низкомолекулярные гелеобразующие агенты очень чувствительны к температуре и сдвигу. К этой категории относятся такие виды воска, как пчелиный воск, воск из рисовых отрубей, моностеарат сорбитана, обычно встречаются стеариновая кислота и глицерилстеарат. Именно, гелеобразующая способность органогелаторов в олеогелях зависит от достижения тонкого баланса между взаимодействиями между самими молекулами гелеобразователя (гелеобразующие взаимодействия) и взаимодействиями между молекулами гелеобразователя и масляной фазой (гелеобразующие взаимодействия с маслом).

Высокомолекулярные гелеобразователи представляют собой полимерные структуры, способные образовывать трехмерные сети. Высокомолекулярные гелеобразующие агенты, такие как белки и полисахариды, образуют полимерные сетчатые структуры за счет физических взаимодействий (т.е. водородных связей). Благодаря своей полимерной природе гидрогели проявляют вязкоупругие свойства, на которые сильно влияют молекулярный вес,

конформация и концентрация полимера.

При фиксированном соотношении олеогель / гидрогель различные желирующие агенты могут давать различные типы бигелей. Выбор гидрогелаторов играет решающую роль в определении текстурных и реологических свойств бигелей. Различные гидрогелаторы могут приводить к различиям в вязкости, растекаемости, твердости и стойкости к деформации бигелей. Различные биополимеры являются наиболее часто используемыми гелеобразующими агентами при производстве гидрогеля. Полисахариды, такие как альгинат натрия, гуаровая камедь, желатин, пектин, гидроксипропилметилцеллюлоза и смесь агара и желатина обычно используются в качестве гидрогелаторов в рецептурах бигелей. В процессе получения бигелей на основе полисахаридов взаимодействие между молекулами воды и данными гидрогелаторами приводит к образованию упорядоченной структуры вокруг молекул полисахаридов, способствуя структурной стабилизации. Например, когда гуаровая камедь диспергируется в воде, взаимодействие боковых цепей галактозы с молекулами воды приводит к «запутыванию» межмолекулярных цепей, что приводит к повышению вязкости бигелей. По мере увеличения концентрации гуаровой камеди усиливается «запутанность» или степень межмолекулярной цепной реакции, что приводит к увеличению вязкости бигелей. Такое усиленное переплетение приводит к образованию более плотной и взаимосвязанной сети, что способствует повышению механической прочности и жесткости. При практическом применении разветвленные и линейные полисахариды могут использоваться в качестве гидрогелаторов в рецептурах бигелей для достижения определенных структурных и механических свойств. Когда требуется более плотная или твердоподобная текстура, обычно предпочтительны разветвленные полисахариды, тогда как для получения более мягких или гелеобразных свойств могут быть выбраны линейные полисахариды. Выбор зависит от предполагаемого применения конечного продукта и желаемых вкусовых качеств.

Стабильность двухфазной матрицы зависит от равновесия между силами притяжения и отталкивания, действующими между ее компонентами. Хотя органогелаторы и гидрогелаторы обладают способностью иммобилизовать водомасляные компоненты, разделение фаз все же может происходить во время подготовки образца и перед гелеобразованием. Высокие температуры, применяемые в процессе термоэмульгирования, повышают подвижность молекул внутри системы. Эмульгаторы могут повысить стабильность бигелей за счет увеличения толщины межфазного слоя. Например, стеариновая кислота и моностеарат сорбитана действуют как смешанные эмульгаторы в бигелях и могут адсорбироваться на каплях масла с образованием более толстого межфазного слоя благодаря амфифильной природе молекул. Важно отметить, что многослойные структуры создаются за счет агрегации капель, которая происходит из-за адгезии между твердыми липидными частицами и гидрофильными гелями. Это обеспечивает равномерную и эффективную загрузку лекарственных средств различной растворимости.

Стоит отметить, что некоторые эмульгаторы, такие как монодиглицериды,

могут действовать как эмульгаторы, так и модификаторы кристаллов жира в системах бигеля. Добавление этих эмульгаторов может улучшить межфазную и структурную стабилизацию за счет образования кристаллов, задерживающих масляную фазу и затвердевающий олеогель. Другими словами, они обладают двойным эффектом: регулируют механические свойства и улучшают физическую стабильность.

Применение бигелей в пищевой промышленности обширно и разнообразно, охватывая различные аспекты производства продуктов питания и инноваций, от использования в качестве заменителей жира до эффективных систем доставки биоактивных ингредиентов и создания возможностей для инновационного производства продуктов питания с 3D-печатью.

Нами разработан ассортимент пищевой продукции с заменой в традиционной рецептуре изделий жировой составляющей (маргарина или кондитерского жира) на пищевые бигели [18, 19].

Для создания бигелей были использованы следующие рецептурные ингредиенты: вода питьевая, альгинат натрия, пчелиный воск, масло виноградных косточек.

Олеогель готовили из смеси 60 мл масла виноградных косточек с 20 % природного органогелатора пчелиного воска. Гидрогель готовили в количестве 10 мл 2 %-ого водного раствора альгината натрия. Для получения гибридных гелей гидрогель смешивали при помощи механической мешалки (Heidolph, Германия) при 600 об/мин в течение 15 мин при температуре $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ с олеогелем при различных соотношениях. Схематично производство пищевого бигеля представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема получения пищевого бигеля

В качестве одного из примера разработанных продуктов можно более подробно представить технологию кондитерской глазури и кондитерской массы для формования при замене в традиционной рецептуре изделий заменителя масла какао на разработанный пищевой бигель.

Для производства кондитерской глазури (массы для формования) рецептурные компоненты (сахар, какао-порошок, молоко) смешивают и гомогенизируют при постоянном нагреве при температуре 100°C , затем в полученную охлажденную до 70°C смесь вводят пищевой бигель, перемешивают до однородности и оставляют для структурирования и образования плотной

структуры при температуре 15-20 °С. Упаковка продукта возможна блоками или в наливном виде.

Рецептуры кондитерской глазури и массы для формования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Рецептуры кондитерской глазури и массы для формования

Наименование рецептурных компонентов	Расход рецептурных компонентов, кг	
	Кондитерская глазурь	Кондитерская масса для формования
Сахар белый	24	24
Какао-порошок	18	18
Молоко с массовой долей жира 2,5 %	24	24
Пищевой бигель	34	17
Кондитерский жир/заменитель масла какао	-	17
Выход	100	100

При замене заменителя масла какао на пищевой бигель в количестве 50 % от массы заменителя масла какао глазурь приобретает консистенцию массы для формования.

Результаты органолептического анализа кондитерской глазури (массы для формования) с заменой кондитерского жира или заменителя масла какао на пищевой бигель представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты органолептического анализа кондитерской глазури (массы для формования) с заменой кондитерского жира или заменителя масла какао на пищевой бигель

Наименование и изделия	Наименование показателя	Характеристика показателя	Баллы
Кондитерская глазурь	Яркость вкуса	При снижении температуры глазури слегка заметное послевкусие продуктов пчеловодства	4,7
	Послевкусие	Какао и продуктов пчеловодства	5,0
	Сладость	Выраженная	5,0
	Запах	Какао и продуктов пчеловодства	4,6
	Насыщенность запаха	Умеренная	5,0
	Текстура	Пластичная, однородная, в растопленном состоянии текучая	5,0

	Флейвор	Более гармоничный из-за медовых ноток	5,0
	Цвет	Шоколадный с переливом в карамельный	5,0
Кондитерская масса для формования	Яркость вкуса	При снижении температуры глазури заметное послевкусие продуктов пчеловодства	4,5
	Послевкусие	Какао и продуктов пчеловодства	5,0
	Сладость	Выраженная	5,0
	Запах	Какао и продуктов пчеловодства	4,6
	Насыщенность запаха	Умеренная	5,0
	Текстура	Твердая, однородная, в растопленном состоянии текучая	5,0
	Флейвор	Более гармоничный из-за медовых ноток	5,0
	Цвет	Коричневый с карамельным оттенком	5,0

По результатам органолептического анализа установлено, что образцы кондитерской глазури и массы для формования с заменой кондитерского жира или заменителя масла какао на пищевой бигель имели высокие органолептические показатели и соответствовали требованиям ГОСТ 34383-2018 «Шоколадная, кондитерская и жировая глазури и массы для формования».

Физико-химические показатели кондитерской глазури (массы для формования) представлены в таблице 3.

Таблица 3
Физико-химические показатели кондитерской глазури (массы для формования)

Наименование показателя	Значение показателя	
	Кондитерская глазурь	Кондитерская масса для формования
Массовая доля жира в пересчете на сухие вещества, %	32,1	34,0
Степень измельчения, %	91	93
Массовая доля влаги, %	0,3	
Массовая доля общего сухого остатка какао в пересчете на сухие вещества, %	12,1	

Физико-химические показатели кондитерской глазури (массы для формования) соответствовали требованиям ГОСТ 34383-2018 «Шоколадная, кондитерская и жировая глазури и массы для формования».

Проведенные результаты исследований показывают, что разработанный пищевой бигель может быть использован в качестве замены насыщенным, гидрогенизированным жирам и заменителя масла какао и позволяет получить здоровые трансобезжиренные продукты. Использование предлагаемого способа

приготовления кондитерской глазури (массы для формования) является одной из профилактических мер снижения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, развития сахарного диабета, повышения холестерина в организме человека в результате исключения/уменьшения потребления насыщенных и трансжиров.

В заключении следует отметить, что в настоящее время бигели стали объектом многочисленных исследований в пищевой науке благодаря своим двойным преимуществам олеогеля и гидрогеля, однако некоторые вопросы, тесно связанные с применением в пищевой промышленности, остаются нерешенными и со временем их необходимо изучить. Хотя бигели являются многообещающими пищевыми матрицами для разработки функциональных продуктов питания, метаболическую функцию компонентов, составляющих эти системы, еще предстоит подробнее изучить. В настоящее время бигели, разработанные для пищевых продуктов, были оценены исключительно в исследованиях *in vitro*. Однако проведение экспериментов *in vivo* необходимо для полного установления механизмов метаболизма. В этой связи для достижения этой цели важно рассмотреть более практичные модели, включая клеточные культуры, эксперименты на животных для точной оценки переносимости и усвояемости бигелей, а также биодоступности инкапсулированных биоактивных соединений в них. Несомненно, решение этих вопросов потребует значительных дальнейших исследований, в том числе и в нашей будущей исследовательской перспективе.

Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда на тему «Биополимерные гели как структуры пищи: «умные» ингредиенты и пищевые инкапсуляторы» (грант № 24-26-00108).

Библиографический список

1. Роговина, Л.З. К определению понятия "полимерный гель" / Л.З. Роговина, В.Г. Васильев, Е.Е. Браудо // Высокомолекулярные соединения. Серия С. - 2008. - № 7 (50). - С. 1397-1406.
2. Nishinari, K. Some thoughts on the definition of a gel / K. Nishinari // Progress in Colloid and Polymer Science. - 2009. – V. 136. - P. 87–94.
3. Cao, Y. Design principles of food gels / Y. Cao, R. Mezzenga // Nature Food. - 2020. - № 1. - P. 106-118
4. Nishinari, K. Hydrocolloid gels of polysaccharides and proteins / K. Nishinari, H. Zhang, S. Ikeda // Current Opinion in Colloid and Interface Science. - 2000. - № 5 - P. 195-201.
5. Ahmed, E.M. Hydrogel: preparation, characterization, and applications: a review / E.M. Ahmed // Journal of Advanced Research. - 2015. - № 6. - P. 105-121.
6. Khalesi, H. New insights into food hydrogels with reinforced mechanical properties: A review on innovative strategies / H. Khalesi, W. Lu, K. Nishinari, Y. Fang // Advances in Colloid and Interface Science. - 2020. - V 285. -P. 102278.
7. Marangoni, A.G. Edible Oleogels: Structure and Health Implications / A.G. Marangoni, N. Garti // Edible Oleogels: Structure and Health Implications. – 2018. –

P. 1-342.

8. Кочеткова, А.А. Пищевые олеогели: свойства и перспективы использования / А.А. Кочеткова, В.А. Саркисян, В.М. Коденцова, Ю.В. Фролова, Р.В. Соболев // *Пищевая промышленность*. – 2019. – Т. 8. – С. 30–35.

9. Фролова, Ю.В. Олеогели как перспективные пищевые ингредиенты липидной природы / Ю.В. Фролова, А.А. Кочеткова, Р.В. Соболев, В.М. Воробьева, В.М. Коденцова // *Вопросы питания*. – 2021. – № 4 (90). – С. 64–73.

10. Li, L. Edible oleogels as solid fat alternatives: Composition and oleogelation mechanism implications / L. Li, G. Liu, O. Bogojevic, J.N. Pedersen, Z. Guo // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2022. - № 21 (3). – p. 2077-2104.

11. Martins, A.J. Food-grade bigels: Evaluation of hydrogel:oleogel ratio and gelator concentration on their physicochemical properties / A.J. Martins, A. Guimarães, P. Fuciños, P. Sousa, A. Venâncio, L.M. Pastrana, M.A. Cerqueira // *Food Hydrocolloids*. – 2023. – V. 143. – 108893.

12. Martins, A.J. Hybrid gels: Influence of oleogel/hydrogel ratio on rheological and textural properties / A.J. Martins, P. Silva, F. Maciel, L.M. Pastrana, R.L. Cunha, M.A. Cerqueira, A.A. Vicente // *Food Research International*. – 2019. – V. 116. – P. 1298-1305.

13. Hashemi, B. Fabrication and characterization of novel whey protein-based bigels as structured materials with high-mechanical properties / B. Hashemi, M. Varidi, S.M. Jafari // *Food Hydrocolloids*, - 2023. – V. 145. – 109082.

14. Hashemi, B. Bigels as novel carriers of bioactive compounds: Applications and research trends / B. Hashemi, E. Assadpour, S.M. Jafari // *Food Hydrocolloids*. – 2024. – V. 147. – 109427.

15. Ibrahim, M.M. Organogels, hydrogels and bigels as transdermal delivery systems for diltiazem hydrochloride / M.M. Ibrahim, S.A. Hafez, M.M. Mahdy // *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2013. - № 8 (1). - P. 48-57.

16. Kanelaki, A. Hydrogels, oleogels and bigels as edible coatings of sardine fillets and delivery systems of rosemary extract / A. Kanelaki, K. Zampouni, I. Mourtzinos, E. Katsanidis // *Gels*. – 2022. - № 8 (10). - p. 660.

17. Chen, Z. Novel bigels constructed from oleogels and hydrogels with contrary thermal characteristics: Phase inversion and 3D printing applications / Z Chen, F. Bian, X. Cao, Z. Shi, Z. Meng // *Food Hydrocolloids*. – 2023. – V. 134. – 108063.

18. Куценкова, В.С. Органогели - заменители насыщенных и транс-жиров: производство и применение в пищевых технологиях / В.С. Куценкова, Е.В. Косарева, В.С. Чуплина, Н.В. Неповинных // *Основы и перспективы органических биотехнологий*. - 2021. - № 2. - С. 16-20.

19. Ghorghi, Z.B. Fabrication of novel hybrid gel based on beeswax oleogel: Application in the compound chocolate formulation / Z.B. Ghorghi, S. Yeganehzad, M.A. Hesarinejad, A. Faezian, V. Kutsenkova, Z. Gao, K. Nishinari, N. Nepovinnikh // *Food Hydrocolloids*. – 2023. – V. 140 – 108599.

BIGELS AS NOVEL BIPHASIC SYSTEMS: PROPERTIES AND APPLICATION PROSPECTS IN THE FOOD INDUSTRY

Nepovinnykh Natalia Vladimirovna, PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Food Technology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia, e-mail: rector@vavilovsar.ru

Abstract: *Bigels as novel biphasic systems have attracted considerable attention of researchers due to their advantages covering both the properties of hydrogels and oleogels. The effectiveness and application of bigels in food systems depend on their structural and mechanical properties. The article pays special attention to the characteristics and external factors affecting the structural and mechanical properties of bigels. This understanding makes it possible to design bigels for specific applications related to food technology.*

Key words: *bigel, hydrogel, oleogel, food industry*

УДК 613.22

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ АРКТИЧЕСКИХ РАЦИОНОВ

Романенко Сергей Павлович, канд. мед. наук, заместитель директора по научной работе, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора
e-mail: romanenko_sp@niig.su

Рождественская Лада Николаевна, канд. эконом. наук, доцент, заведующий кафедрой Технологии и организации пищевых производств ФГБОУ ВО Новосибирский государственный технический университет; вед. науч. сотр. ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора; ст. науч. сотр. ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: lada2006job@mail.ru

Мусина Ольга Николаевна, д-р. техн. наук, профессор, доцент кафедры Технология продуктов питания, ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, e-mail: musinaolga@gmail.com

Лачугин Алексей Павлович, младший научный сотрудник ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, магистрант ФГБОУ ВО Новосибирский государственный технический университет, e-mail: lachugin_ap@niig.su

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Россия,
Новосибирск, e-mail: ngi@niig.su

Аннотация: В статье указаны возможные способы обогащения рационов питания людей, проживающих на территории Арктической зоны с учетом возникающих дефицитов из-за воздействия неблагоприятных условий среды. Описаны возможные для обогащения блюд ресурсы-эндемики Арктических и субарктических территорий, обоснованы наиболее эффективные решения по увеличению нутритивной плотности разрабатываемых для Арктической зоны рационов питания. Расчёты, осуществляемые в ходе работы, проводились на основе кроссплатформенного программного средства «Мониторинг питания и здоровья». В ходе осуществления сравнительной оценки разных вариантов фортификации химического состава рационов питания было выявлено полное покрытие потребностей организма в витаминах и минеральных веществах.

Ключевые слова: рационы питания, Арктическая зона, ламинария, витаминно-минеральный комплекс

Значение Арктической зоны в социально-экономическом развитии Российской Федерации и обеспечении ее национальной безопасности обуславливает необходимость системных усилий по обеспечению основных задач в различных сферах развития Арктической зоны. Одним из существенных направлений в сфере социального развития является «...разработка мер профилактики заболеваний, в том числе инфекционных, и реализация комплекса мероприятий, направленных на формирование у граждан приверженности здоровому образу жизни, включая их мотивацию к переходу на здоровое питание...» [1].

Традиционная продовольственная система Арктической зоны опирается на использование пищевых ресурсов из близлежащей водно-почвенной среды. Это морские животные, северный олень, лось, птицы (например, куропатка и глухарь), рыба (например хариус, лосось, форель, арктический голец и сиг). Среди съедобных растительных пищевых источников можно выделить ягоды, листья, корни растений – эндемиков, мох, грибы и др. Из-за климатических условий большая часть продуктов питания исторически подвергалась сушке, ферментации, солению, копчению, обеспечивая возможность круглогодичного доступа к продовольственному ресурсу. Актуальный же в современных условиях быстрый переход от использования местных пищевых ресурсов к городскому образу жизни и рациону питания, например, в общинах, ориентированных на добычу полезных ископаемых и экспорт нефти, приводит к резкому изменению пищевых стереотипов в сторону менее здоровых и устойчивых форматов организации питания.

В свою очередь адаптация пришлого населения к условиям Арктики сопровождается прежде всего проблемами, связанными с влиянием на здоровье человека климата высоких широт. За последние полвека систематическое возвращение внимания исследователей к вопросам адаптации человеческого организма в условиях Крайнего севера позволило сформировать учёным ряд базисных положений: Хаснулиным В.И. о механизмах прогрессирования хронических заболеваний у жителей высоких широт [2, 3]; Паниным Л.Е. о

механизмах формирования специфического для условий Севера «полярного адаптивного метаболического типа» [4, 5]; Казначеевым В.П. о специфике осуществления трудовых функций в условиях «полярного напряжения», обуславливающих необходимость «биосоциальной надбавки за труд человека в условиях Крайнего Севера» [6, 7].

Отдельный блок работ учёных был посвящен изучению воздействия на организм человека неблагоприятных природно-климатических факторов, характерных для субарктических и Арктических зон. Низкие температуры; высокая относительная влажность, при низкой абсолютной температуре, что провоцирует кислородное голодание; геомагнитное воздействие, Полярный фотопериодизм - все эти компоненты оказывают как индивидуальное, так и комплексное провоцирующее стресс воздействие. Суровые природно-климатические факторы в совокупности с уникальным соотношением между микроэлементами почвы, воды и воздуха, серьезными логистическими проблемами, однообразием, а иногда, и недостаточностью пищи, обуславливают наличие целого спектра специфических вызовов для здоровья населения, постоянно и временно проживающего на Крайнем Севере [8, 9]. По согласованному мнению, ученых, одним из рычагов решения этих проблем является обеспечение продовольственной безопасности и повышение качества питания [10-12].

В то же время при наличии стратегически обусловленных задач комплексного развития Арктических территорий, повышения качества и продолжительности жизни, снижения распространённости алиментарно-зависимых заболеваний, значимость доступности сбалансированных рационов питания в решении этих проблем укрепления здоровья сложно переоценить [13-15]. Также не вызывает сомнений, что процессы оптимизации и рационализации питания населения как Арктики в целом, так и отдельных целевых групп (рабочие различных отраслей, дети, школьники и др.) должны опираться на «комплексную гигиеническую модель оптимизации питания, его персонализации и обеспечения безопасности» [16].

В отношении масштабов проблемы, можно отметить, что «в освоении ресурсного потенциала Арктики и обеспечения функционирования Северного морского пути участвует более 1 млн. человек, работающих в основном вахтовым способом» [17], в Арктической зоне располагаются объекты стратегических сил сдерживания, Арктика обеспечивает добычу более 80 процентов горючего природного газа и 17 процентов нефти РФ. Поэтому решение вопросов гарантированного обеспечения здоровым и полноценным питанием в этом регионе имеет особую важность и актуальность не только с теоретической, но и с практической и стратегической точек зрения.

Проблемы восстановления и поддержания элементного статуса занятого населения [18] ранее были рассмотрены нами ранее на примере обоснования внедрения профилактического питания с использованием продуктов местной сырьевой базы для вахтовых работников арктического региона [19]. Далее, для обеспечения безопасности и с целью профилактики алиментарно-зависимых заболеваний в северной популяции, нами была обоснована необходимость

комплексной коррекции рационов на основании их оптимизации и персонализации и использования комбинированных подходов в модификации Арктических рационов.

Целью работы является обоснование наиболее эффективных решений по увеличению нутритивной плотности разрабатываемых для Арктической зоны рационов питания. В рамках исследования последовательно решались следующие **задачи**:

1. Обоснование источников оптимизации рационов на основе местных природных ресурсов Арктической зоны и комбинированных обогащающих комплексов, потенциально решающих проблему наиболее существенных выделенных микроэлементных дефицитов.

2. Осуществление сравнительной оценки разных вариантов фортификации химического состава рационов питания, содержащих блюда как с включением местных природных ресурсов, так и специализированных витаминно-минеральных комплексов.

Материалы и методы исследования: Обогащение рационов питания осуществлялось двумя способами: добавлением витаминно-минерального комплекса (ВМК), содержащего витамины группы В, витамин С, витамин Е, β -каротин, а также минеральные вещества (Fe, Zn), а также сушеной ламинарии в рецептуре блюд с пропорциональной заменой основного ингредиента. В течение недели включалось три блюда, содержащих ВМК и три блюда, содержащих сушеную ламинарию. Процесс автоматизированных вычислений итогового химического состава блюд и рационов питания предусматривал составление двухнедельного циклического меню и проводился в кроссплатформенном программном средстве «Мониторинг питания и здоровья» (№ рег. 2022681730 от 16.11.2022) на основе внесённых данных по используемым продуктам питания с учетом потерь на тепловую обработку.

Результаты и обсуждения. Следует отметить, что перечень существующих разработок специализированной для Арктической зоны пищевой продукции, сочетающих потенциал как местного пищевого сырья, так и различных пищевых фортификатов, достаточно широк. Так, например, созданы кондитерские, мучные и пряничные изделия, включающие плоды и листья кипрея узколистного, ягоды рябины, черники и брусники [20]; с добавлением базидиомицетов, обогащенных минеральными веществами, выпущена пробная молочная продукция и куриные колбасные изделия [21]; также из мяса и субпродуктов северного оленя обоснован выпуск колбасных изделий с добавлением фосфолипидно-минерального комплекса и комплексно-природной системы из корней, ягод и листьев местного растительного сырья [22]; с добавлением тыквы, черники, черной смородины разработаны быстро приготавливаемые каши [23]; осуществлен пробный выпуск молочной и рыбной продукция, обогащенной ламинарией и иными водорослями [24]; целая линейка блюд и полуфабрикатов представлена для организованного питания (супы, запеканки, гарниры, мясные, рыбные и овощные блюда и полуфабрикаты, хлеб и хлебобулочные изделия) [25].

Именно на основе двух последних групп указанных разработок нами

продемонстрирована возможность значительной оптимизации стандартного меню за счёт его обогащения продукцией, содержащей как природные водные ресурсы (ламинарию), так и обогащающий витаминно-минеральный комплекс (ВМК). В ходе проведенного исследования нами была поставлена задача комплексной оценки различных вариантов включения в системное питание целевой группы блюд и изделий, полученных как на основе использования природных ресурсов, так и намеренного обогащения ВМК. Специализированные под потребности населения Арктической зоны блюда, мучные и кулинарные изделия, являющиеся объектами отдельных исследований, несомненно, являются важным этапом при решении проблемы повышения качества питания. В то же время необходимо рассмотреть перспективы комплексной оптимизации рационов коренного и занятого населения Арктической зоны, позволяющие добиться эффектов интегрального воздействия от преимуществ отдельных разработок направленного действия при включении в системное питание.

За базовый рацион нами был принят вариант меню, разработанный для 4 группы интенсивности труда (с учётом потенциального целевого использования для организации питания работников нефте-газодобывающего комплекса), опирающийся на регламентируемые физиологические нормативы макронутриентов [26]. При разработке меню согласно энергетической ценности наблюдается нехватка всех витаминов и большинства минеральных веществ, за исключением Ca, Mg и P (рис. 1)

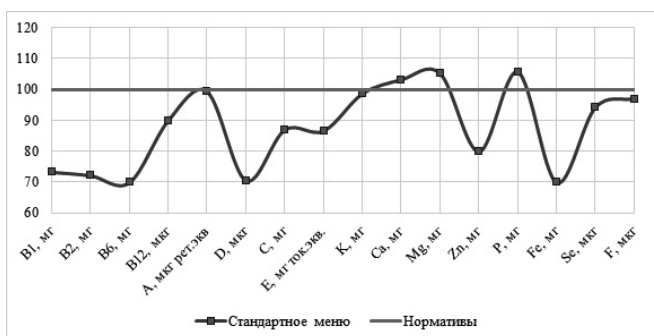


Рисунок 1 – Соответствие разработанного меню нормативным показателям (в %)

Далее нами был рассмотрен вариант целевого введения в блюда сушеной ламинарии. За основу разработки рецептур и обоснования доз введения, в первую очередь, принимались критерии сохранности органолептических показателей изделий. Анализ рациона, обогащенного блюдами с сухой ламинарией (двухнедельный рацион предусматривал включение трёх блюд в неделю) продемонстрировал наличие положительных сдвигов практически по всем показателям, которые, однако, не позволили перекрыть значений необходимой нормы (рис. 2). Фактически мы получили рацион, удовлетворяющий только по

показателям содержания кальция, магния, фосфора и витамина А.

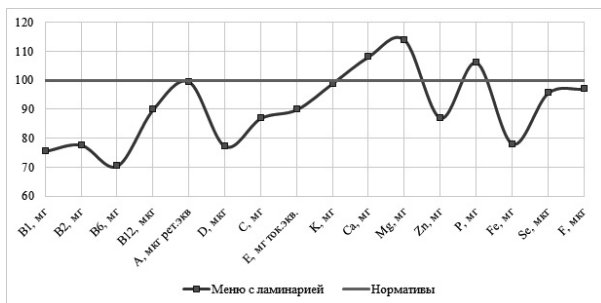


Рисунок 2 – Соответствие меню с включением ламинарии нормативным показателям (в %)

Эта ситуация была рассмотрена как неудовлетворительная и дальнейший поиск решения проблемы оптимизации меню был сосредоточен на осуществлении введения ВМК (также включение по три позиции блюд в неделю). Наличие витаминно-минерального комплекса в рационе позволяет практически полностью перекрыть необходимость организма в витаминах группы В (за исключением В2), а также в минеральных веществах (рис.3)

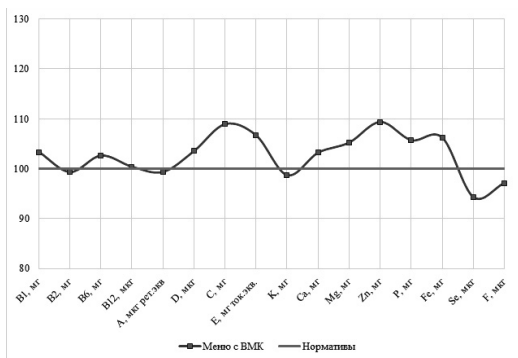


Рисунок 3 – Соответствие меню с включением ВМК нормативным показателям (в %)

Поскольку перед нами стояла задача обеспечения возможности полного покрытия физиологических норм по набору контролируемых микроэлементов, далее мы рассмотрели вариант комплексного обогащения двухнедельного рациона, как за счёт блюд с включением в состав водорослей, так и блюд, обогащенных ВМК (меню включает по три обогащенных каждым компонентом блюда в неделю). При использовании в рецептурах блюд и сушеной ламинарии,

и витаминно-минерального комплекса, наблюдается полное покрытие потребности организма в витаминах (за исключением витаминов группы А), а также некоторых минеральных веществ (Se, F, К) (рис.4).

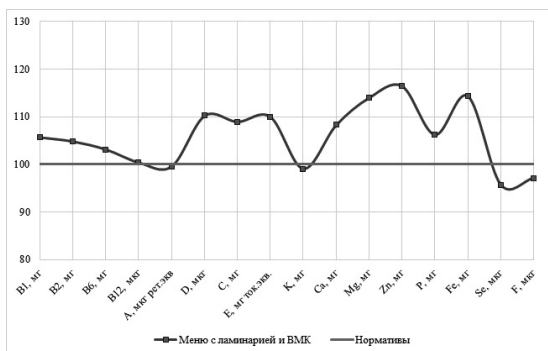


Рисунок 4 – Соответствие меню с включением ламинарии и ВМК нормативным показателям (в %)

Таким образом, задача исследования, заключающаяся в создании рациона меню, полностью покрывающего нормируемые значения физиологической потребности в макро- и микронутриентах для целевого контингента питающихся, полученного за счёт комплексного использования как природно-растительного компонента, так и обогащающего витаминно-минерального комплекса была достигнута.

В качестве выводов необходимо отметить, что работа по обоснованию активного включения в рационы населения Арктической зоны специализированной и обогащенной продукции обязательно должна опираться как на аргументацию всеобщего воздействия биоэлементного статуса на здоровье населения, так и на отдельные контексты, специфичные для конкретных ситуаций или конкретных целевых групп, включая возрастные характеристики питающихся, их этническое происхождение, пищевые традиции, привычки и метаболические особенности.

В отношении технологических разработок важно учитывать особенности их встраивания как в привычный бытовой рацион коренного населения, так и возможности оптимизации рационов по месту учёбы и работы. Для эффективного внедрения инновационной специализированной пищевой продукции необходимо учесть важность маркетингового и информационного сопровождения этих процессов.

Помимо этих вопросов при формировании, как отдельных рационов, так и пищевых рекомендаций для Арктических зон Российской Федерации, объединяющих четыре субъекта РФ и 16 муниципальных образований, в целом, важно обязательно учитывать такие факторы, как:

- показатели заболеваемости в целом на территории Арктической и

субарктической зон, так и в отдельных регионах;

- особенности и структуру потребления продуктов питания в Арктической и субарктической зонах как в целом, так и в отдельных регионах;
- особенности и перспективные возможности внедрения инновационных технологий переработки водных и почвенных, растительных и животных пищевых ресурсов Арктических и субарктических территорий;
- текущее и отсроченное воздействие на окружающую среду предлагаемых вариантов использования пищевых ресурсов;
- доступность продуктов питания и логистические особенности;
- необходимость регулярного гигиенического обучения населения Арктики для формирования здоровых пищевых стереотипов учитывающих, как основные принципы здорового питания, так и специфические нутрициологические потребности.

Библиографический список

1. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 645 О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566091182?ysclid=lvdj1uh4ku802195408> (дата обращения: 23.04.2024).
2. Хаснулин В.И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН. 1998. - С. 337.
3. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В., Четкина И.И. Северный стресс, формирование артериальной гипертензии на севере, подходы к профилактике и лечению // Экология человека. 2009. - №6. - С. 26–30.
4. Панин Л.Е. Гомеостаз и проблемы приполярной медицины (методологические аспекты адаптации) // Бюллетень СО РАМН. 2010. № 30. С. 6–11.
5. Панин Л.Е. Фундаментальные проблемы приполярной и арктической медицины // Бюллетень СО РАМН. 2013. Т. 33. № 6. С. 5–10.
6. Дегтева Г.Н., Дмитриев В.Г., Сидоров П.И. Введение: о работах по направлению «Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России». Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России. М.: Paulsen. 2011. С. 3–8.
7. Дегтева Г.Н., Корнеева Я.А., Симонова Н.Н., Дубинина Н.И. Стратегия адаптации вахтовых работников на Крайнем Севере // Экология человека. 2013. № 9. С. 9-16.
8. Natcher D., Kvalvik I., Reykdal Ó. et al. The Arctic as a food-producing region. Renewable Economies in the Arctic. 2021. – С. 249-262
9. Rodnina N.V. On Food Security of the Northern and Arctic Regions of Russia (Using the Example of the Republic of Sakha (Yakutia)). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2022. № 988 (3). — 7 с.
10. Hossain, K., Nilsson, L. M., & Herrmann, T. M. Food Security in the High

North: Contemporary Challenges Across the Circumpolar Region. Routledge: Routledge Research in Polar Regions. 2021. – 311 с.

11. Научно-методическое и инновационное обеспечение оптимизации питания населения Республики Саха (Якутия) / У.М. Лебедева, К.М. Степанов, М.И. Самсонова, А.М. Дохунаева, Л.С. Захарова, М.П. Дьячковская // Вопросы питания. 2014. № 83(S3). С. 25.

12. Коденцова В.М., Вржессинская О.А., Мазо В.К. Витамины и окислительный стресс // Вопросы питания. 2013. № 82 (3). С. 11-18.

13. Панин Л. Е. Рациональное питание на Севере – основа первичной профилактики. Проблемы современного социального развития народностей севера. Новосибирск: Наука. 1987. – С. 223-230.

14. Голубчиков С. Н. Хименков А.Н., Ерохин С.В. Медикоэкологические проблемы улучшения жизненной среды северян // Энергия. 2003. № 4. С. 54-57.

15. Иванова Г.В., Сафронова Т.Н. Особенности питания коренного населения Арктической зоны Российской Федерации // Российская Арктика. 2018. № 3. С. 60-69.

16. Питание и север: гигиенические проблемы Арктической зоны России (обзор литературы) / А.В. Истомина, И.Н. Федина, С.В. Шкурихина, Н.С. Кутакова // Гигиена и санитария. 2018. № 97 (6). С. 557-563.

17. Горбанев С.А. Никанов А.Н., Чащин В.П. Актуальные проблемы медицины труда в Арктической зоне Российской Федерации // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 50–51.

18. Гудков А.Б., Дегтева Г.Н., Шепелева О.А. Эколого-гигиенические проблемы на Арктических территориях интенсивной промышленной деятельности (обзор) // Общественное здоровье. 2021. № 1(4). С. 49-55.

19. Дегтева Г.Н., Гудков А.Б., Новикова И.И., Шепелева О.А., Попова О.Н. Обоснование внедрения профилактического питания с использованием продуктов местной сырьевой базы для вахтовых работников арктического региона: обзор литературы // Морская медицина. 2022. № 8(2). С. 7-18.

20. Тюпкина Г.И., Кисвай Н.И. Корниенко И.П., Филатова С.И, Окунева С.В. Применение растительного сырья арктической территории Российской Федерации для производства пряничных изделий // Вестник КрасГАУ. 2021. № 8(173). С. 188-195.

21. Перспективы и проблемы создания функциональных продуктов для Арктики на примере проектов НОЦ инфохимии Университета ИТМО [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gov.spb.ru> (дата обращения: 04.04.2024).

22. Попов В.Г., Белина С.А., Федорова О.С. Развитие технологии производства специализированных продуктов питания для населения Арктики // Ползуновский вестник. 2017. № 3. С. 14-18.

23. Патент № RU2750218C1. Продукт функциональный растительного состава. № 2020136863: заявл. 09.11.2020, опубл. 24.06.2021 / Кирилина В.М., Шегельман И.Р., Блажевич Л.Е., Смирнова О.Е., Васильев А.С. заявитель, патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования "Петрозаводский государственный университет". – 10с.

24. Ученые Арктического НОЦ создали линейку полифункциональных продуктов питания [Электронный ресурс]. – URL: <https://secarctic.ru/news> (дата обращения: 04.04.2024)

25. Новикова И.И., Романенко С.П., Семенихина М.В. [и др.] Оценка включения витаминно-минерального комплекса в рацион организационного питания работающих в условиях Арктической зоны // Российская Арктика. 2023. № 5(3). С. 40-47.

26. МР 2.3.1.0253-21. 2.3.1. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.07.2021)

FEATURES OF OPTIMIZATION OF ARCTIC DIETS

Romanenko Sergey Pavlovich, Ph.D. honey. Sciences, Deputy Director for Research, Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor
e-mail: romanenko_sp@niig.su

Rozhdestvenskaya Lada Nikolaevna, Ph.D. economy Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology and Organization of Food Production, Novosibirsk State Technical University; Leading Researcher Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor; Researcher Altai State Technical University named after. I.I. Polzunova,
e-mail: lada2006job@mail.ru

Musina Olga Nikolaevna, Dr. tech. Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, Altai State Technical University named after. I.I. Polzunova, e-mail: musinaolga@gmail.com

Alexey Pavlovich Lachugin, junior researcher at the Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor, master's student at the Novosibirsk State Technical University, e-mail: lachugin_ap@niig.su

Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Russia, Novosibirsk, e-mail: ngi@niig.su

Abstract: The article indicates possible ways to enrich the diets of people living in the Arctic zone, taking into account the emerging deficits due to the effects of adverse environmental conditions. Possible endemic resources of the Arctic and subarctic territories for enriching dishes are described, and the most effective solutions for increasing the nutritional density of food rations developed for the Arctic zone are substantiated. Calculations carried out during the work were carried out on the basis of the cross-platform software "Nutrition and Health Monitoring". In the course of a comparative assessment of different options for fortifying the chemical composition of

diets, it was revealed that the body's needs for vitamins and minerals are fully covered.

Key words: *food rations, Arctic zone, kelp, vitamin and mineral complex*

УДК 658.5

АНТИМИКРОБНЫЙ ПЕПТИД КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИНГРЕДИЕНТ ПИЩЕВОЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Улитина Елизавета Андреевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный аграрный университет»,
e-mail: egorulitin@inbox.ru

Тихонов Сергей Леонидович, д-р техн. наук, профессор, директор научно-
образовательного центра «Прикладные нанобиотехнологии», ФГБОУ ВО
«Уральский государственный аграрный университет»,
e-mail: tihonov75@ru

Тихонова Наталья Валерьевна, д-р. техн. наук, профессор, заведующий
кафедрой Пищевой инженерии аграрного производства, ФГБОУ ВО
«Уральский государственный аграрный университет»,
e-mail: tihonov75@bk.ru

ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», Россия,
Екатеринбург, e-mail: rector@urgau.ru

Аннотация: Спроектирован и синтезирован новый пептид GVAPFYWDERHNKARAFKPVRKYPG, спрогнозирована его биологическая активность и противомикробные свойства. Пептид имеет значение биоактивности 0,675963 при максимальном значении 1,0, что свидетельствует о наличии биоактивности у исследуемого пептида. Установлено, что пептид GVAPFYWDERHNKARAFKPVRKYPG относится к противомикробным и имеет вероятность противомикробных свойств 0,633 при максимальном значении 1,0. Получена пищевая пленка с использованием пептида. Установлено, что у охлажденных мясных отрубов, упакованных в пищевую пленку с антимикробным пептидом КМАФАНМ после 7 суток хранения было ниже на 58,4%, количество дрожжевых клеток на 76,9%, что свидетельствует о высокой антимикробной эффективности пищевой пленки с пептидом.

Ключевые слова: пептид, антимикробные свойства, пищевая пленка, мясопродукты, продолжительность хранения

Пищевые продукты в процессе хранения могут быть подвержены окислительной и микробной порчи [1]. Продукты с высоким содержанием жира подвержены окислению из-за контакта масел и жиров с внешним кислородом и влагой, а также бактериальному загрязнению [2]. При окислении образуются

прогорклый запах и различные химические вещества, оказывающие вредное воздействие на организм человека [3]. В настоящее время упаковка пищевых продуктов считается одним из эффективных средств решения этих проблем [4] и, таким образом, играет важную роль в консервировании и обеспечении стабильности пищевых продуктов при хранении.

Одним из актуальных направлений исследований в пищевой науке является создание новых эффективных упаковок, в частности биоразлагаемых пленок и покрытий в состав которых входят натуральные пищевые макромолекулы, в частности, белки, полисахариды [5].

Существуют различные типы пищевых пленок, которые в зависимости от исходного сырья можно разделить на пищевые пленки на основе полисахаридов, белков, липидов и композитные пищевые пленки. Пищевые пленки, изготовленные из разного сырья, обладают разными свойствами и характеристиками с точки зрения механической прочности, водо- и газобарьерных свойств, стабильности при хранении и т.д.

Пленки на основе полисахаридов (например, хитозана, крахмала и его производных, целлюлозы и ее производных, альгината натрия, полисахарида пуллулана, пектина и т.д.). Как правило, однородны и прозрачны, обладают хорошими механическими и антибактериальными свойствами, а также высокой проницаемостью для диоксида углерода и кислорода. Поэтому пленки на основе полисахаридов обычно используются для микробиологической защиты мяса и мясных полуфабрикатов [6], а также для консервирования фруктов и овощей [7].

Некоторые пленки на основе полисахаридов обладают высокой гидрофильностью до такой степени, что пленки слабо пропускают водяной пар и обладают водонепроницаемостью [8]. Эти пленки обычно используются для изготовления водорастворимых упаковочных пакетов (таких как порошковые приправы, упаковка кофейного порошка и т.д.) [9]. Пищевые пленки на липидной основе состоят из восков, жирных кислот, смол и т.д. И обычно обладают высокой водостойкостью из-за сильной гидрофобности алифатических углеродных цепей. Однако пленки на липидной основе, образованные только маслами и жирами, находят лишь небольшое применение из-за их плохих механических свойств. Как правило, масла и жиры могут использоваться в качестве добавок для ламинирования или образования эмульсий с другими материалами с целью улучшения водостойкости, пароизоляции, прозрачности, удлинения и т.д. композитных пленок [10]. Что касается покрытия для консервирования неповрежденных фруктов, широко используются материалы на липидной основе, которые могут не только блокировать испарение воды и сохранять фрукты свежими, но и делать поверхность фруктов глянцевой и улучшать сенсорные характеристики для потребителей. Однако покрытия на липидной основе, как правило, имеют воскообразный вкус при непосредственном употреблении. По сравнению с пищевыми пленками на основе полисахаридов и липидов пищевые пленки на основе белка обладают хорошими газобарьерными свойствами, механическими свойствами и вкусовыми качествами, и поэтому их часто используют для пищевых продуктов, склонных к окислению при хранении [11].

Пищевые покрытия представляют собой микрослои, состоящие из полисахаридов, белков, липидов, биоактивных соединений и композитных материалов, без посторонней помощи или в сочетании, которые наносятся непосредственно вокруг структуры пищевых продуктов путем погружения или распыления [12].

Авторы [13, 14] использовали порошок глютена (ПГ) и изолят соевого белка (ИСБ) в качестве основного сырья для приготовления раствора для нанесения покрытия и нанесли его на поверхность ядер арахиса и грецких орехов методом распыления. В арахисе, обернутом в оболочку из глютена и изолята соевого белка, содержание летучих жирных кислот было на 1, 2,5 и 1,8 (мг КОН / г) ниже, а перекисей - на 20, 60 и 50 (мэкв / кг) ниже, чем в контрольной группе без упаковки, после 100 дней хранения.

Кроме того, эти покрытия обеспечивают защиту от ультрафиолетового излучения, регулируют влажность и поддерживают внутреннее равновесие между растворенными веществами и газами, участвующими в процессе созревания и дыхания скоропортящихся продуктов. Пищевые покрытия обладают потенциалом функционировать в качестве носителя для многочисленных биологически активных соединений, таких как природные антиоксиданты, фенольные соединения и противомикробные препараты, что повышает их эффективность при консервировании пищевых продуктов и ограничивает микробный метаболизм на поверхности пищевых продуктов [15].

Целесообразным является рассмотрение в качестве универсального антимикробного и антиоксидантного средства в составе пищевых пленок биопептидов- мономеров от 4 до 50 аминокислот, которые могут приобретать амфипатическую вторичную структуру в виде α -спирали, β -шпилькообразного β листа, β -листа или смешанных структур α -спирали [16].

Конформационные пептиды α -спирали представляют собой относительно разнообразную и хорошо изученную группу АМП из природных источников, с сотнями различных последовательностей, уже идентифицированных [17].

Типичными пептидами с β -структурой является дефензин человека. У АМП из β -семейства есть по меньшей мере одна пара из двух β -нитей. Причина, по которой эта группа АМП структурно стабильна, заключается в том, что почти все они содержат остатки цистеина, которые образуют одну или более дисульфидных связей [18].

АМП, содержащие как α -спиральные, так и β -листовые элементы, обнаружены не только у людей и других млекопитающих, но также были описаны у различных беспозвоночных и растений. Классификация этого вида АМП основана на различном расположении из трех-пяти дисульфидных связей, таких как суперсемейство цис-дефензинов [19].

Некоторые АМП не имеют какой-либо конкретной трехмерной структуры в растворе или при контакте с мембранами и поэтому называются расширенными линейными структурами. В этих пептидах отсутствуют α -спирали и β -листы, и они обычно обогащены аминокислотами глицином, пролином, триптофаном [20].

Некоторые антимикробные пептиды не имеют линейной структуры, но имеют циклическую топологию «голова к хвосту» и «голова к боковой цепи» и для стабилизации содержат дисульфидные связи [21].

По сравнению с антибиотиками, биопептиды могут воздействовать на бактериальные мембраны или другие мишени. Кроме того, вероятность лекарственной устойчивости к пептидам, генерируемым генной мутацией, низка, поэтому устойчивость бактерий к АМП развивается намного слабее, чем к антибиотикам [22].

Проникновение пептидов через мембраны является основным механизмом антибактериального действия. Катионные и гидрофобные остатки рассматриваются как две основные характеристики антимикробных пептидов. Наличие суммарного положительного заряда усиливает антибактериальные свойства пептидов. АМП способны предотвращать скопление микробов на поверхности, подавлять формирование микробных биопленок или разрушать их. Проникновение пептидов в биопленки происходит за счет трех движущих сил: суммарного положительного заряда, гидрофобной группы и селективной проницаемости мембраны (позволяющей пептидам проникать в клетку из раствора) [23]. Электростатические связи между катионными пептидами и отрицательно заряженными компонентами на внешней бактериальной оболочке притягивают друг друга. В конечном итоге пептид достигает поверхности клеточной мембраны и проникает через мембрану с помощью нескольких гипотетических моделей, таких как модель бочкообразной пластины, модель ковра, модель годовой поры, модель канала агрегации и модель тонущего плоты. Последние исследования показывают, что АМП также могут разрушать клеточную мембрану с помощью некоторых неясных механизмов [24].

Авторы [25] синтезировали новый короткоцепочечный пептид и протестировали его на ингибирование биопленки золотистого стафилококка. Ингибирующее действие синтетического пептида в отношении биопленки *Staphylococcus aureus* превосходило действие ванкомицина и линезолида в тех же концентрациях.

Пептиды в субингибирующих концентрациях могут вызывать повторную сенсibilизацию VRSA к некоторым обычным антибиотикам с потенциалом ингибирования развития лекарственной устойчивости (Martinez M. et al., 2019). Что касается механизма повторной сенсibilизации, исследователи предположили, что стабильный осмос пептидов в субингибирующей концентрации может быть полезен для улучшения проницаемости бактериальной мембраны и позволяет антибиотикам достигать целей с высокой вероятностью. Предыдущие исследования показали, что белок человеческого молока – липоидный комплекс ГАМЛЕТА (Человеческий α -лактальбумин, смертельный для опухолевых клеток) снижает чувствительность MRSA к метициллину и VRSA к ванкомицину путем деполаризации бактериальной мембраны и диссипации протонной динамики [26]. Другим интересным примером является антибиотик-1b (1-18), который, как было обнаружено, повышает чувствительность *Escherichia coli* к антибиотикам, когда его использование было ниже ингибирующих концентраций [27].

Уникальный эффект АМП, содержащих триптофан, недавно привлек внимание исследователей. Результаты подтвердили, что эти пептиды могут специфически связываться с ДНК бактерий и тем самым проявлять антибактериальный эффект. В другом случае исследователи обнаружили новый мутантный пептид тридекаптин М из грязевых бактерий, который может ингибировать рост *Escherichia coli* и *Klebsiella pneumoniae*. Тридекаптин М влияет на кинетику протонов в процессе синтеза АТФ бактерий, проявляя таким образом сильную антибактериальную активность [28].

Цель исследований – разработка, синтез нового антимикробного пептида, его характеристика и экспериментальное обоснование возможности его использования в составе пищевой биоразлагаемой пленки для обеспечения стабильности мясoproductов при хранении.

Материалы и методы исследований. В качестве объектов исследований использованы: охлажденные мясные полуфабрикаты, биоразлагаемая пищевая пленка, пептид с последовательностью GVAPFYWDERHKARAFKPVRYPG.

Синтез пептида проводили методом трехфазного синтеза. Идентификацию проводили по базе данных пептидов EROP-Moscow (<http://erop.inbi.ras.ru/index.html>), Прогнозирование биологической активности пептида проводили по предсказателю активности Peptide Ranker (<http://distilldeep.ucd.ie/PeptideRanker>) и базе данных противомикробных пептидов DRAMP - <http://dramp.cpu-bioinform.org>, оценку свойств свойств пептидов по базе данных PepCalc (<http://pepcalc.com>). Исследование микробиологических показателей мяса исследовали по ГОСТ Р 54354—2011.

Результаты исследований. Из 26750 записей в базе данных EROP-Moscow созданный пептид не найден, что свидетельствует о его идентичности. По запросу в базу предсказателя биоактивности пептида Peptide Ranker (запрос (ID 171224706017625) установлено, что пептид имеет значение биоактивности 0,675963 при максимально значении 1,0, что свидетельствует о наличии биоактивности у исследуемого пептида.

Результаты прогнозирования противомикробной активности пептида представлены на рисунке 1.

The image shows a screenshot of the DRAMP website interface. At the top, there is a navigation bar with links: DRAMP, Поиск, Обзор, Инструменты, Статистика, Загрузки, Быстрая ссылка, Справка, Отправить, and Быстрый поиск. Below the navigation bar, the main content area is titled 'Прогнозирование генолиза'. On the left side, there is a sidebar menu with 'Инструменты' and 'Обзор' sections. The 'Инструменты' section includes 'Предсказание', 'Поиск по сходству', and 'Выравнивание последовательности'. The 'Обзор' section includes 'Общие данные' and 'Патентные данные'. The main content area displays the 'Результат прогнозирования' for the peptide sequence GVAPFYWDERHKARAFKPVRYPG. The result shows a 'Класс: Противомикробные' and a 'Вероятность: 0.633'. At the bottom of the result box, there is a 'Назад' button.

Рисунок 1 - Прогнозирование противомикробной активности пептида GVAPFYWDERHKARAFKPVRYPG

Установлено, что пептид GVAPFYWDERHKARAFKPVRYPG относится к противомикробным и имеет вероятность противомикробных свойств 0,633 при максимальном значении 1,0.

Результаты исследований физико-химических характеристик пептида представлены на рисунке 2.

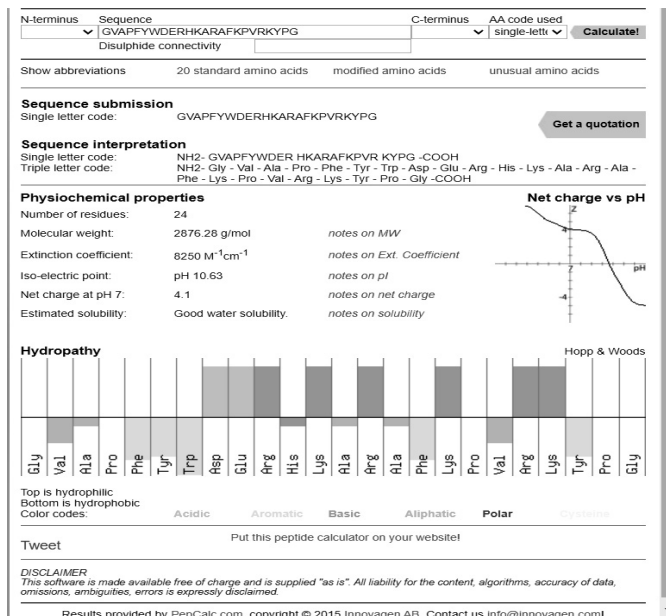


Рисунок 2 - Физико-химические характеристик пептида GVAPFYWDERHKARAFKPVRYPG

Установлено, что молекулярная масса пептида составляет 2876 Да, изоэлектрическая точка на уровне 10,63, общее гидрофобное соотношение, на уровне 33%, общий заряд равен + 4,25. Гидрофобность пептида по Уимли-Уайту в целом остатке (т.е. сумма энергии переноса пептида без остатка из воды на поверхность раздела POPC) составляет 4,85 ед. Предполагая, что цистеины находятся в паре, коэффициент молярной экстинкции количество пептида равен 8530 Потенциал связывания с белками (индекс Бомана) составляет 2,42 ккал / моль. Полученные данные свидетельствует, что исследуемый пептид относится к антимикробным.

Разработана и получена пищевая биоразлагаемая пленка, включающая в состав волю, глицерин, агар-агар и пептид GVAPFYWDERHKARAFKPVRYPG.

Установлено, что у охлажденных мясных отрубов, упакованных в пищевую пленку с антимикробным пептидом КМАФАНМ после 7 суток хранения, было

ниже на 58,4%, количество дрожжевых клеток на 76,9%, что свидетельствует о высокой антимикробной эффективности пищевой пленки с пептидом.

Выводы. Разработан и получен новый антимикробный пептид, обладающий высокой биологической активностью. Доказано, что пептид эффективен для увеличения продолжительности хранения охлажденных мясных полуфабрикатов.

Библиографический список

1. Gaikwad, K.K.; Singh, S.; Negi, Y.S. Ethylene scavengers for active packaging of fresh food produce. *Environ. Chem. Lett.* 2020, 18, 269–284.
2. Shao, L.; Chen, S.; Wang, H.; Zhang, J.; Xu, X.; Wang, H. Advances in understanding the predominance, phenotypes, and mechanisms of bacteria related to meat spoilage. *Trends Food Sci. Technol.* 2021, 118, 822–832. *Molecules* 2023, 28, 7800 18 of 21
3. Fernández-Pan, I.; Carrión-Granda, X.; Maté, J.I. Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast fillets. *Food Control* 2014, 36, 69–75.
4. Han, J.W.; Ruiz Garcia, L.; Qian, J.P.; Yang, X.T. Food packaging: A comprehensive review and future trends. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2018, 17, 860–877.
5. Chen, Z.H.; Chen, J.Q.; Liu, X.X.; Wang, X. Research progress of application of polysaccharides, proteins and their composite coatings in preservation of postharvest berries. *Storage Process* 2022, 22, 97–103.
6. Ma, C.F. The Effect of Modified Atmosphere Packaging and Coating Process on the Quality of Frozen Tilapia Fillets. Master's Thesis, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, China, 2017.
7. Tran, P.H.; Duan, W.; Lee, B.; Tran, T.T. The use of zein in the controlled release of poorly water-soluble drugs. *Int. J. Pharm.* 2019, 566, 557–564.
8. Fan, Y.Z.; Lu, R.X.; Zhu, H.Y.; Miao, M. Fresh-keeping effect of pullulan polysaccharide coating treatment on cherry tomato. *Food Ferment. Ind.* 2023, 49, 86–91.
9. Zhang, Q.; Yin, L.J.; Chen, F.S. Research progress on polysaccharide-based edible film. *Cereals Oils* 2020, 33, 1–3.
10. Friedman, M.; Juneja, V.K. Review of antimicrobial and antioxidative activities of chitosans in food. *J. Food Prot.* 2010, 73, 1737–1761
11. Cheng, K.; Demirci, A.; Catchmark, J.M. Pullulan: Biosynthesis, production, and applications. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2011, 92, 29–44.
12. Cheng H. et al. Starch-based biodegradable packaging materials: A review of their preparation, characterization and diverse applications in the food industry, *Trends in Food Science & Technology*, 2021, V. 114 P. 70-82, doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.017
13. Rodrigues, D.C.; Cunha, A.P.; Brito, E.S.; Azeredo, H.M.; Gallao, M.I. Mesquite seed gum and palm fruit oil emulsion edible films: Influence of oil content and sonication. *Food Hydrocoll.* 2016, 56, 227–235.

14. Wang, R.L.; Bian, K.; Xu, S.Y. Study on preventing fat deterioration in nuts coated with edible film from vegetable proteins. *J. Henan Univ. Technol. (Nat. Sci. Ed.)* 2002, 23, 19–22.
15. Hu Y. Characterization of emulsion films prepared from soy protein isolate at different preheating temperatures, *Journal of Food Engineering*, 2021, V. 309, 110697, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110697>
16. Castillo-Juárez I. *et al.* .Antimicrobial peptides properties beyond growth inhibition and bacterial killing. *Peer.* 2022 10:e12667 <https://doi.org/10.7717/peerj.12667>
17. Porcelli, F. On the role of NMR spectroscopy for characterization of antimicrobial peptides / F. Porcelli, A. Ramamoorthy, G. Barany, G. Veglia. – DOI: 10.1007/978-1-62703-583-5_9 // *Methods in Molecular Biology*. – 2013. –Vol. 1063. – P. 159–180.
18. Deshayes, C. Drug delivery systems for the oral administration of antimicrobial peptides: promising tools to treat infectious diseases / C. Deshayes, M. N. Arafath, V. Apaire-Marchais, E. Roger. – DOI: 10.3389/fmedt.2021.778645 // *Frontiers in Medical Technology*. – 2022. – Vol. 3. – P. 778645.
19. *Van Dijk, A.* Identification of chicken cathelicidin-2 core elements involved in antibacterial and immunomodulatory activities / A. van Dijk, E. M. Molhoek, E. J. A. Veldhuizen, J. L. M. Tjeerdsma-van Bokhoven, E. Wagendorp, F. Bikker, H. P. Haagsman. – DOI: 10.1016/j.molimm.2009.05.019 // *Molecular Immunology*. – 2009. – Vol. 46 (13). – P. 2465–2473.
20. Khoshakhlagh, K. Encapsulation of D-limonene in *Alyssum homolcarpum* seed gum nanocapsules by emulsion electrospraying: Morphology characterization and stability assessment / K. Khoshakhlagh, M. Mohebbi, A. Koocheki, A. R. Allafchian. – DOI: 10.1016/j.bcdf.2018.03.001 // *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. – 2018. – Vol. 16. – P. 43–52.
21. Shafee, T. M. Convergent evolution of defensin sequence, structure and function / T. M. A. Shafee, F. T. Lay, T. K. Phan, M. A. Anderson, M. D. Hulett. – DOI: 10.1007/s00018-016-2344-5 // *Cellular and Molecular Life Sciences*. – 2017. – Vol. 74 (4). – P. 663–682.
22. Hancock, R. E. W. Antimicrobial and host-defense peptides as new anti-infective therapeutic strategies / R. E. W. Hancock, H. G. Sahl. – DOI: 10.1038/nbt1267 // *Nature Biotechnology*. – 2006. – Vol. 24 (12). – P. 1551–1557.
23. Jenssen, H. Peptide antimicrobial agents / H. Jenssen, P. Hamill, R. E. W. Hancock. – DOI: 10.1128/CMR.00056-05 // *Clinical Microbiology Reviews*. – 2006. – Vol. 19 (3). – P. 491–511.
24. Yasir, M. Action of Antimicrobial Peptides against Bacterial Biofilms / M. Yasir, M. D. P. Willcox, D. Dutta. – DOI: 10.3390/ma11122468 // *Materials*. – 2018. – Vol. 11 (12). – P. 2468.
25. Mohamed, M. F. Evaluation of short synthetic antimicrobial peptides for treatment of drug-resistant and intracellular *Staphylococcus aureus* / M. F. Mohamed, A. Abdelkhalek, M. N. Seleem. – DOI: 10.1038/srep29707 // *Scientific Reports*. – 2016. – Vol. 6 (1). – P. 29707.

26. Martinez, M. Synergistic and antibiofilm activity of the antimicrobial peptide P5 against carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* / M. Martinez, S. Gonçalves, M. R. Felicio, P. Maturana, N. C. Santos, L. Semorile, A. Hollmann, P. C. Maffia. – DOI: 10.1016/j.bbame.2019.05.008 // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*. – 2019. – Vol. 1861 (7). – P. 1329–1337.

27. Marks, L. R. The human milk protein-lipid complex HAMLET sensitizes bacterial pathogens to traditional antimicrobial agents / L. R. Marks, E. A. Clementi, A. P. Hakansson. – DOI: 10.1371/journal.pone.0043514 // *PLoS One*. – 2012. – Vol. 7 (8). – P. 43514.

28. Massarelli, E. Combining immune checkpoint blockade and tumor-specific vaccine for patients with incurable human papillomavirus 16-related cancer: a phase 2 clinical trial / E. Massarelli, W. William, F. Johnson, M. Kies, R. Ferrarotto, M. Guo [et al.] – DOI: 10.1001/jamaoncol.2018.4051 // *JAMA Oncology*. – 2019. – Vol. 5 (1). – P. 67–73.

29. Han, X. Interactions of designed trp-containing antimicrobial peptides with DNA of multidrug-resistant *pseudomonas aeruginosa* / X. Han, Z. Kou, F. Jiang, X. Sun, D. Shang. – DOI: 10.1089/dna.2019.4874 // *DNA and cell biology*. – 2021. – Vol. 40 (2). – P. 414–424.

ANTIMICROBIAL PEPTIDE AS A FUNCTIONAL INGREDIENT OF FOOD FILM TO INCREASE THE SHELF LIFE OF MEAT PRODUCTS

Ulitina E. A., postgraduate student, South Ural State Agrarian University,
e-mail: egorulitin@inbox.ru

Tikhonov S. L., PhD, Professor, Director of the Scientific and Educational
Center "Applied Nanobiotechnology", Ural State Agrarian University,
e-mail: tikhonov75@ru

Tikhonova N. V., PhD, Professor, Head of the Department of Food
Engineering of Agricultural Production, Ural State Agrarian University,
e-mail: tikhonov75@bk.ru

Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia,
e-mail: rector@urgau.ru

Abstract: A new peptide GVAPFYWDERHKARAFKPVRYKYPG was designed and synthesized, its biological activity and antimicrobial properties were predicted. The peptide has a bioactivity value of 0.675963 with a maximum value of 1.0, which indicates the presence of bioactivity in the studied peptide. It was found that the peptide GVAPFYWDERHKARAFKPVRYKYPG belongs to antimicrobial and has a probability of antimicrobial properties of 0.633 with a maximum value of 1.0. A food film was obtained using the peptide. It was found that chilled meat cuts packed in food film with antimicrobial peptide KMAFAnM after 7 days of storage had a 58.4% lower number of yeast cells by 76.9%, which indicates a high antimicrobial effectiveness of food film with peptide.

Keywords: peptide, antimicrobial properties, food film, meat products, shelf life

ЭКОЛОГИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СЫВОРОТКИ

Устинова Юлия Владиславовна, доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
e-mail: yul48888048@yandex.ru

Бородулин Дмитрий Михайлович, д-р техн. наук, профессор, директор Технологического института, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
e-mail: borodulin@rgau-msha.ru

Мясищева Нина Викторовна, заведующая кафедрой технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: n.myasishcheva@rgaumcxa.ru

Сычев Роман Витальевич, доцент кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: srv@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: Сыворожка, побочный продукт сыроделия, традиционно считалась отходом в пищевой промышленности за счет большого содержания органических веществ, что оказывает негативное воздействие на окружающую среду при ее утилизации. Большая часть органических веществ содержит лактозу, жир и белок, которые являются жизненно важными питательными веществами для производства продуктов питания. Концентраты сывороточного белка, сухая сыворожка и лактоза - это лишь несколько примеров того, как в новых технологиях можно перерабатывать отходы сыворожки в ценные компоненты. Ферментация также является экономически эффективным решением для производства и разработки продуктов, таких как функциональные напитки.

В последнее время было разработано много новых напитков на основе сыворожки, содержащие фрукты, травяные добавки и другие компоненты. Однако при производстве таких напитков может возникнуть ряд проблем, в том числе кристаллизация лактозы при хранении в холодильнике, коагуляция белка при термической обработке, возникновение солоно-кислого вкуса из-за высокого содержания минералов. Для решения этих проблем на разных этапах производственного процесса следует применять различные методы обработки.

Ключевые слова: сыворожка, напитки, простокваша, коагуляция

Сыворотка является побочным продуктом, получаемым из простокваши, одного из самых важных этапов производства сыра. Этот этап коагуляции проводится ферментативным или кислотным способом. После введения сычужного фермента получают сладкую сыворотку с рН выше 6,0, которая отделяет гликомакропептиды от мицелл казеина и способствует свертыванию молока. Однако, когда молоко сворачивается молочнокислыми бактериями, из него образуется кислая сыворотка (рН ниже 6,0), которую затруднительно использовать в пищевой промышленности. Одним из наиболее важных параметров, влияющих на сыворотку, является значение рН [1].

На физико-химический состав сыворотки влияют различные факторы, в том числе тип производимого сыра и состав молока. Сыворотка состоит из воды, минералов, липидов, углеводов и белков. На долю лактозы приходится около 75% сухих веществ сыворотки. Обнаружено, что она обладает множеством технологических и функциональных преимуществ. Сыворотка классифицируется как пребиотик из-за ее способности увеличивать выработку полезных бактерий в кишечнике. Благодаря своим водосвязывающим и текстурирующим способностям лактоза также может выступать в качестве натурального пищевого консерванта, повышая стабильность пищевых продуктов и сроков годности [2-3].

Сыворотка также является богатым источником аминокислот. Сладкая сыворотка содержит немного больше белка и лактозы, чем кислая сыворотка. Сывороточные белки состоят в основном из β -лактоглобулина и α -лактальбумина, эти белки содержат 58% и 57% незаменимых аминокислот. Сывороточные протеины обладают антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, которые могут снизить риск хронических заболеваний, таких как диабет, болезни сердца и рак. α -лактальбумин, богатый триптофаном сывороточный белок, был изучен на предмет его потенциального влияния на когнитивные функции. Кроме того, сыворотка является хорошим источником кальция, фосфора и селена, а также других минералов. Кальций и фосфор необходимы для костей, а селен, антиоксидант, защищает клетки от повреждений. Некоторые минералы, такие как калий, магний и цинк, присутствуют в небольших количествах. Эти минералы обеспечивают ряд преимуществ, включая поддержание нормального кровяного давления, неврологической функции и здоровья иммунной системы [4-6].

Витамины группы В, включая В₁, В₂, В₆ и В₁₂, входят в число витаминов, которые содержатся в сыворотке. Витамины Е и К также содержатся в сыворотке. Витамин Е является антиоксидантом, который помогает предотвратить повреждение клеток и имеет решающее значение для свертывания крови и поддержания прочности костей [7].

Воздействие сыворотки на окружающую среду. Сыворотка загрязняет окружающую среду сточными водами из-за высокого содержания органических веществ при производстве сыра. Сыворотка, сбрасываемая в водоем, приводит к проблемам эвтрофикации и токсичности, которые изменяют физико-химические свойства водных экосистем [8].

Сыворотка также может иметь неблагоприятно воздействовать на здоровье

населения при неправильной утилизации, поскольку она является переносчиком патогенов, которые могут загрязнять воду и влиять на здоровье населения, вызывая различные заболевания, начиная от проблем с желудочно-кишечным трактом и заканчивая серьезными инфекциями [9].

Технологии переработки молочной сыворотки. Было проведено множество исследований по приготовлению напитков с использованием нативной, порошкообразной, депротеинизированной и безлактозной сыворотки. Постоянное изменение состава сывороточных белков при термической обработке вызывают трудности при производстве. Учеными было предпринято несколько изучить использование мембранных методов или новых технологий, таких как омический нагрев и тепловое ультразвуковое воздействие вместо обычной термической обработки. Mourouzidis-Mourouzidis et al. [10] исследовали оптимальные условия микрофльтрации сладкой сыворотки в поперечном потоке с использованием керамических мембран с различными размерами пор. Наибольший потенциал для дальнейшего использования показали мембраны с номинальным размером пор 0,5 мкм.

Costa и др. (2018) [11] изучали влияние обычной пастеризации и омического нагрева сладкой сыворотки при различных технологических параметрах (2, 4, 5, 7 и 9 В/см при 60 Гц) при одной и той же температуре. Они обнаружили, что омический нагрев нагревает сыворотку за меньшее время, чем обычное нагревание, сохраняя при этом питательные вещества и качественные характеристики продукта. Кроме того, напряженность электрического поля 4-5 В приводит к значительному высвобождению биоактивных пептидов. Функциональные свойства сыворотки также были улучшены электроактивацией, которая основана на электролизе водных растворов.

Kareb et al. [12] продемонстрировали, что электроактивированная сыворотка может быть источником продуктов реакции Майяра и биоактивных пептидов. Они также обнаружили, что напряженность электрического поля 4-5 В приводит к значительному высвобождению биоактивных пептидов. Кроме того, выявлено, что постэлектроактивационная нейтрализация не снижает выработку лактулозы, пребиотика, используемого в качестве добавки в кисломолочных продуктах.

Vieira, Elsa & Fontoura et al. [13] обнаружили, что щелочная электроактивация сыворотки повышает ее растворимость и пенообразующую способность в диапазоне pH более 4,0-7,0. Это связано со структурными изменениями в белках, за счет процесса электроактивации, которая улучшает их функциональные свойства. Преимущество этого метода заключается в том, что он устраняет необходимость в фракционировании белка снижая при этом образование отходов. Щелочную электроактивацию можно проводить с помощью простого оборудования без дополнительных условий.

Процесс получения сухой цельной сыворотки включает в себя комбинацию нескольких производственных этапов. Для этапа предварительного концентрирования обычно применяется селективные мембраны [14]. Обратный осмос используется для предварительного концентрирования сыворотки, а нанофльтрация - для концентрирования и деминерализации сыворотки. Данные

процессы считаются экологически чистыми, поскольку не требуют растворителя для разделения соединений.

Распылительная сушка является основным методом производства сухой сыворотки. Метод предпочтителен в пищевой промышленности по сравнению с обычными методами сушки, поскольку он дешевый и легко воспроизводимый.

Сывороточные белки известны своими полезными свойствами и широко используются в качестве добавок в пищевой промышленности. Сывороточный белок существует в нескольких формах: концентрат сывороточного белка, изолят сывороточного белка и гидролизованный сывороточный белок.

Wen-qiong et al. [15] использовали фермент транслютаминазу для катализа перед ультрафильтрацией и добились увеличения скорости извлечения сывороточного белка на 15-20% в условиях ферментативного катализа при pH 5,0, концентрации фермента 40 ед/г, температуре 40 °С и времени реакции 60 мин.

Хроматография является одним широко используемым методом разделения и очистки сывороточного белка наряду с мембранными методами. Для концентрации пептидов в определенных диапазонах молекулярной массы можно использовать эксклюзионную хроматографию, а для фракционирования пептидов по заряду и гидрофобности можно использовать ионообменную и обратимо-фазовую высокоэффективную жидкостную хроматографию. Мембранная хроматография, основанная на сочетании принципов хроматографии и мембранной фильтрации, предпочтительнее колоночной хроматографии. Кроме того, депротеинизированная сыворотка, может быть использована для производства нутрицевтиков, таких как пребиотики, полученные путем ферментативной конверсии лактозы и органических кислот в процессах микробной ферментации [16].

Согласно обзору Nicolás et al. [17], технология мембранной фильтрации с магнитной сепарацией может упростить процесс переработки сыворотки и сделать его более эффективным. Магнитная сепарация использует магнитные наночастицы или другие адсорбционные материалы для отделения и очистки белков от сложной смеси, такой как сыворотка. Метод заключается в связывании белка с магнитными частицами, а затем удалении частиц, покрытых белком, из смеси с помощью внешнего магнитного поля. Этот метод направлен на удаление белка с сохранением биологической функции и структурной целостности. Однако, поскольку не существует единого подхода, который мог бы эффективно обрабатывать сыворотку и изолировать белки, иногда требуются комбинации различных методов. Разработка эффективных магнитно-адсорбционных установок с улучшенной производительностью будет иметь первостепенное значение для извлечения сывороточных белков.

Лактозу получают с помощью физических процессов, таких как ультрафильтрация, нанофильтрация, концентрирование и кристаллизация. Получение лактозы из сыворотки и/или сывороточного пермеата достигается путем кристаллизации насыщенной сывороточной жидкости после удаления минералов. Однако представленные процессы, являются дорогостоящими и снижают ценность конечного продукта. Плохая растворимость лактозы

ограничивают ее использование в пищевых продуктах. С использованием лактозы в качестве сырья, образуются многочисленные производные, в том числе галактоолигосахариды, лактитол, лактулоза, лактосахароза, лактобионовая кислота и другие [18].

Галактоолигосахариды являются неперевариваемыми олигосахаридами. Они содержат от трех до десяти мономеров и производятся с помощью биокаталитических процессов с использованием сывороточной лактозы.

Лактосахароза представляет собой невосстанавливающий трисахарид галактозы, глюкозы и фруктозы, образующийся путем ферментативного трансгликозилирования лактозы. Для получения лактосахарозы используются два метода. Один из них включает использование β -галактозидазы для катализа переноса β -галактозилной группы, образующейся при расщеплении лактозы, в С4-гидроксильную группу глюкозила в сахарозе; другой включает использование β -фруктофуранозидазы или левансукратазы для катализа переноса фруктозной группы.

Лактосахароза считается пребиотическим олигосахаридом. Многочисленные исследования продемонстрировали полезную роль лактосахарозы в поддержании и защите микробиоты кишечника [19].

Лактулоза, также известная как 4-O-D-галактопиранозил-D-фруктофураноза, представляет собой дисахарид, состоящий из фруктозы и галактозы, связанных 1,4-гликозидной связью. Она образуется в результате щелочной изомеризации лактозы с помощью трех различных типов процессов: химический процесс, ферментативный процесс и процесс электроактивации. Для этой реакции изомеризации используется множество катализаторов, таких как щелочные агенты, комплексные реагенты и ферменты (Nooshkam et al., 2018). Добавление комплексобразователей приводит к максимальному выходу лактулозы при исходной концентрации лактозы 88% [20].

Электроактивация также использовалась для синтеза лактулозы из сывороточной лактозы. По данным Padilla, Beatriz & Ruiz-Matute [21], самый высокий выход лактулозы составил 38%, что было достигнуто за 40 мин при использовании тока 900 мА с количеством 10% раствора лактозы. В последнее время трансгалактозилирование активности β -глюкозидазы было использовано для синтеза лактулозы из лактозы в лабораторных масштабах. Ферментативный процесс можно рассматривать как доступный, экологически чистый и недорогой процесс.

Лактулоза широко используется в пищевой промышленности в качестве бифидогенного агента и пребиотической добавки. Он также эффективен в качестве терапевтического соединения для лечения хронических запоров и печеночной энцефалопатии [22].

Лактитол - это синтетический сахарный спирт, изготовленный из D-галактозы и D-сорбитола, который производится из лактозы. Он производится с помощью серии химических реакций каталитического гидрирования, в которых водород добавляется к карбонильной группе молекулы глюкозы. В целом, выход каталитического гидрирования лактозы существенно зависит от температуры реакции. Лактитол можно использовать в качестве наполнителя, увлажнителя и

пребиотика. Клинические исследования показали, что полиол оказывает благотворное влияние на здоровье пищеварительной системы [23].

Лактобионовая кислота (4-О-галактопиранозил-D-глюконовая кислота) представляет собой альдоновую кислоту, полученную путем окисления лактозы. В пищевой промышленности лактобионовая кислота используется в качестве желирующего агента, солюбилизатора, подсластителя, для удержания воды и пребиотика [24].

Выделение компонентов сыворотки. Известен способ выделения белков молочной сыворотки с применением в качестве реагента поли-N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида (ПДМДААХ), выпускаемого в промышленных масштабах под торговой маркой ВПК-402 [25]. Недостатком данного способа является низкая степень выделения белка (70%); предварительный нагрев сыворотки, что приводит к дополнительным затратам.

Известен способ выделения белковых веществ из молочной сыворотки путем введения в нее железосодержащей полиакриловой кислоты в количестве 0,3-1% от веса смеси, с последующим выдерживанием смеси и отделением образовавшегося осадка [26]. Недостатком данного способа является низкое количество выделенного белка (50-70%), значительная длительность процесса (30-90 мин), большой расход малодоступного реагента.

Авторами Liang M., Chen V.I., Chen H.L. разработан простой и экономичный метод выделения сывороточного белка из сырого молока с помощью гель-фильтрационной хроматографии. Одновременно выделяются четыре основных компонента сыворотки, включая иммуноглобулин, сывороточный альбумин, бета-лактоглобулин и альфа-лактальбумин [27].

Авторы [28] предложили изобретение, относящееся к молочной промышленности, в частности к способам выделения белковых веществ из молочной сыворотки. Способ включает введение в молочную сыворотку флокулянта, модифицированного серином, в качестве которого используется высокоанионный полиакриламид, модифицированный серином, со степенью ионизации 90%. Количество добавляемого флокулянта составляет 0,2-0,4% от массы смеси. Изобретение позволяет увеличить полноту выделения белковых веществ с сохранением их пищевой и биологической ценности, сократить длительность процесса, снизить расход добавляемого реагента. Высокая степень извлечения белка и сухого молочного остатка связана с регулированием молекулярной массы при направленной деструкции флокулянта. Процессы модификации можно разделить на медленные и быстрые. Медленная модификация происходит с высоким значением энергии активации. Она начинается с возникновения напряжения и дефектов, в кристаллической решетке, при этом происходит изменение межатомных расстояний.

Для дальнейшей реакции необходимо устранение полученных дефектов за счет перегруппировки атомов. Время жизни радикалов в твердой фазе возрастает на несколько порядков. Быстрая модификация протекает со взрывной скоростью при добавке необходимого растворителя за счет подвижности частей кристаллической решетки. К макромолекулярным реакциям относятся реакции деструкции полимеров и межмолекулярные реакции, в результате которых

образуются пространственные структуры и резко возрастает молекулярная масса. Представленный способ работает на снижение расхода используемого реагента, экономии времени модификации, увеличение выделения белка из молочной сыворотки.

Авторы [29] исследовали процесс выделения белков и лактозы из молочной сыворотки методом разделительного вымораживания. Проведены опыты по разделительному вымораживанию молочной сыворотки при температурах от -2 до -6 °С. Исследовано изменение плотности молочной сыворотки в процессе разделительного вымораживания. Построены графики зависимости количества образующегося льда, а также количество выпадаемого в осадок белка в процессе кристаллизации. Исследован фракционный состав белкового осадка, физико-химический состав образующегося льда в процессе кристаллизации. Определены параметры криоконцентрирования для выделения ценных компонентов молочной сыворотки.

Было установлено, что концентрировать молочную сыворотку методом разделительного вымораживания целесообразно при температуре хладоносителя -6 °С в течение 10 часов, что позволяет получить концентрат молочной сыворотки, плотностью 1044 г/см³ и водный раствор лактозы в виде кристаллизованной фазы в количестве 90 % от исходной массы сыворотки. При этом можно также задавать волнообразный характер изменения температуры хладоносителя в пределах $-5,5 \dots -6,5$ °С с периодом вариации в 30 минут, что обеспечивает выпадение белкового осадка в количестве 4,2 % от исходной массы сыворотки. Разработанная технология разделительного вымораживания может найти широкое применение на предприятиях молочной промышленности.

Авторы Чеботарев Е.А. и др. [30] предлагают способ, включающий коагуляцию белков одним из известных способов и разделение образовавшейся суспензии в сепараторе с центробежной непрерывной выгрузкой осадка. При этом разделение суспензии «хлопья белков-сыворотка» осуществляется в две стадии: сначала гидроциклонированием, затем сепарированием. А избыточное давление суспензии на входе в гидроциклон составляет $0,05-0,40$ МПа и устанавливается в соответствии с формулой $P=210D^{2,4}$, где D - диаметр цилиндрической части гидроциклона, м. Изобретение позволяет снизить энергетические затраты на сепарирование за счет уменьшения количества поступающей в сепаратор суспензии «хлопья белка-сыворотка».

Авторами Р.Х Моретти и А. Маласпина [31] предложен способ выделения белка из сыворотки коровьего молока, предусматривающий ультрафильтрацию сыворотки с использованием растворителя, например, воды, отличающийся тем, что, с целью выделения белка из молочной сыворотки, пригодного для введения в напиток, перед ультрафильтрацией из сыворотки удаляют остаточный казеин и молочный жир, снижают в ней общее количество микроорганизмов путем пропуска её через Диатомовый земляной фильтр с последующим нагревом, а после ультрафильтрации полученный концентрат белка охлаждают, пропускают через ионообменную смолу и сушат.

Библиографический список

1. И.В. Паладий, Е.Г. Врабие, К.Г. Спринчан, М.К. Болога Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 1. Классификация, состав, свойства, производные, применение // ЭОМ. 2021. №1. С. 52-69.
2. Храпцов, А.Г., Новации молочной сыворотки, Санкт-Петербург: Профессия, 2016, с. 490.
3. Barukčić, I., Lisak, J.K., Božanić, R., Valorisation of whey and buttermilk for production of functional beverages – An overview of current possibilities, *Food Technol. Biotechnol.*, 2019, vol. 57, no. 4, p. 448. doi:10.17113/ftb.57.04.19.6460
4. Ramos, O.L., Pereira, R.N., Rodrigues, R.M., Teixeira, J.A., et al., Whey and whey powders: Production and uses, *The Encyclopedia of Food and Health* vol. 5, Caballero, B., Finglas, P., Toldrá, F. (eds.), Oxford: Academic Press, 2016, p. 498–505.
5. Nishanthi, M., Chandrapala, J., Vasiljevic, T., Properties of whey protein concentrate powders obtained by spray drying of sweet, salty and acid whey under varying storage conditions, *J. Food Eng.*, 2017, vol. 214, p. 137
6. Chandrajith, V.G.G., Karunasena, G.A.D.V., Applications of whey as a valuable ingredient in food industry, *Dairy and Vet. Sci. J.*, 2018, vol. 6 no. 5, p. 555. doi: 10.19080/JDVS.2018.06.555698.
7. Шелестун А. Сыворотка – что это за продукт и кому он полезен / А. Шелестун, Т. Елисеева // Журнал здорового питания и диетологии. 2022. №19. С. 15-19.
8. Яковлева Е.В. Обеспечение экологической безопасности путем совершенствования системы очистки сточных вод на предприятии молочной промышленности / Е.В. Яковлева, О.А. Злобина // Агротехника и энергообеспечение. 2015. №3 (7). С. 248-254.
9. Ковалева О.В. Уровень загрязненности сточных вод молокоперерабатывающих предприятий тюменской области / О.В. Ковалева, Н.В. Санникова, О.В. Шулепова // СНВ. 2020. №1 (30). С. 49-54.
10. Mourouzidis-Mourouzis, Stefanos & Karabelas, Anastasios. (2008). Whey protein fouling of large pore-size ceramic microfiltration membranes at small cross-flow velocity. *Journal of Membrane Science - J MEMBRANE SCI.* 323. 17-27. 10.1016/j.memsci.2008.05.053.
11. Costa, Naiara & Cappato, L.P. & Pereira, Marcus & Pessanha da Silva Pires, Roberto & Moraes, Jeremias & Esmerino, Erick & Silva, Ramon & Cucinelli, Roberto & Tavares, Maria Ines & Freitas, Mônica & Jr, Raimundo & Napole Rodrigues, Flavio & Bisaggio, Rodrigo & Cavalcanti, Rodrigo & Raices, Renata & Silva, Marcia. (2018). Ohmic Heating: A potential technology for sweet whey processing. *Food Research International.* 106. 10.1016/j.foodres.2018.01.046.
12. Ourdia, Kareb & Goma, Ahmed & Champagne, Claude & Jean, Julie & Aïder, Mohammed. (2016). Electro-activation of sweet defatted whey: Impact on the induced Maillard reaction products and bioactive peptides. *Food Chemistry.* 221. 10.1016/j.foodchem.2016.11.134.
13. Vieira, Elsa & Fontoura, Ana & Delerue-Matos, Cristina. (2023). Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz) Seed as an Unexploited Protein Source: Bio-Functional

and Nutritional Quality of Protein Isolates. *Foods*. 12. 2949. 10.3390/foods12152949.

14. Poništ, Juraj & Prepilková, Veronika & Samesova, Dagmar & Schwarz, Marian. (2022). Methods of processing whey waste from dairies. A review. *Environment Protection Engineering*. 47. 10.37190/epe210405.

15. Wen-qiong, Wang & Lan-wei, Zhang & Xue, Han & Lu, Yi. (2016). Cheese whey protein recovery by ultrafiltration through transglutaminase (TG) catalysis whey protein cross-linking. *Food Chemistry*. 215. 10.1016/j.foodchem.2016.07.057.

16. Nath, Arijit & Veraszto, Balázs & Basak, Somjyoti & Koris, András & Kovács, Zoltán & Vatai, Gyula. (2015). Synthesis of Lactose-Derived Nutraceuticals from Dairy Waste Whey—a Review. *Food and Bioprocess Technology*. 9. 10.1007/s11947-015-1572-2.

17. Nicolas, Paula & Ferreira, María & Lassalle, Veronica. (2018). A review of magnetic separation of whey proteins and potential application to whey proteins recovery, isolation and utilization. *Journal of Food Engineering*. 246. 10.1016/j.jfoodeng.2018.10.021.

18. Schuck, Pierre & Jeantet, Romain & Bhandari, Bhesh & Chen, Xiao & Perrone, Ítalo & Carvalho, Antonio & Fenelon, Mark & Kelly, Phil. (2016). Recent advances in spray drying relevant to the dairy industry: A comprehensive critical review. *Drying Technology*. 34. 10.1080/07373937.2016.1233114.

19. Ambrogi V., Bottacini F., Cao L., Kuipers B., Shusterman M., van Sinderen D. Galactooligosaccharides as prebiotics for infants: production, application, biologically active activity and future prospects. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2021; 0(0):1–14.

20. Nooshkam, Majid & Babazadeh, Afshin & Jooyandeh, Hossein. (2018). Lactulose: Properties, techno-functional food applications, and food grade delivery system. *Trends in Food Science & Technology*.

21. Padilla, Beatriz & Ruiz-Matute, Ana & Belloch, Carmela & Cardelle, Alejandra & Corzo, Nieves & Manzanares, Paloma. (2012). Evaluation of Oligosaccharide Synthesis from Lactose and Lactulose Using β -Galactosidases from *Kluyveromyces* Isolated from Artisanal Cheeses. *Journal of agricultural and food chemistry*. 60. 5134-41. 10.1021/jf300852s.

22. Karakan T., Tuohy K.M., Jansen-van Solingen G. Low doses of lactulose as a probiotic to improve intestinal health and improve mineral absorption. *Front Inner* 2021 Jul 27;8:672925. DOI: 10.3389/fnut.2021.672925. PMID: 34386514; PMCID: PMC8353095.

23. Cheng, Shouyun & Martinez-Monteagudo, Sergio. (2018). Hydrogenation of lactose for the production of lactitol. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*. 14. 10.1002/apj.2275.

24. Wu J., Liu., Zheng Z., Ouyang D. Valorization of cheese whey to lactobionic acid by a new strain of *Pseudomonas fragi* and identification of an enzyme involved in lactose oxidation. *A fact about microbial cells*. September 8, 2022; 21(1):184. DOI: 10.1186/s12934-022-01907-0 . PMID: 36076243; PMCID: PMC9461264.

25. Щетилина И. П., Родионова Н. С., Никулин С. С. Коагуляция сывороточных белков водорастворимыми полимерами // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2005. №2-3. С. 57-58.

26. Авторское свидетельство № 1011101 Способ получения белкового концентрата из сыворотки.

27. Liang M., Chen V.I., Chen H.L., Chen V. Simple and direct isolation of whey components from raw milk using gel filtration chromatography and structural characterization using Raman spectroscopy with Fourier transform. Talent. July 15, 2006; 69(5):1269-77. DOI: 10.1016/J.talent.2006.01.008. Epub 2006 February 10th. PMID: 18970714.

28. Пат. RU 2 412 606 Способ выделения белков из молочной сыворотки / Т.В. Шевченко, Е.В. Ульрих, В.П. Амеленко, Е.В. Кучкина, Ю.В. Устинова // Опубл. 27.02.2011.

29. Короткий И.А. Исследование процессов выделения белков и лактозы из молочной сыворотки / И.А. Короткий И.А., П.А. Гунько, Т.З. Валиахмедов // Техника и технология пищевых производств. 2014. №1 (32). С. 44-48.

30. Пат. RU 2 238 167 Способ выделения белков из молочной сыворотки / Е.А. Чебогарев, С.В. Василисин // Опубл. 10.03.2009, Бюл. № 7.

31. Пат. SU 651650 Способ выделения белка из сыворотки коровьего молока / Р.Х. Моретти, А. Маласпина // Опубл. 1979.03.05.

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES FOR WHERUM PROCESSING

Yulia Vladislavovna Ustinova, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Livestock Products, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: yul48888048@yandex.ru

Borodulin Dmitry Mikhailovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Director of the Technological Institute, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: borodulin@rgau-msha.ru

Myasishcheva Nina Viktorovna, Head of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruits, Vegetables and Plant Growing Products, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: n.myasishcheva@rgaumcxa.ru

Sychev Roman Vitalievich, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruits, Vegetables and Plant Growing Products, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: srv@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: *Whey, a by-product of cheese making, has traditionally been considered a waste in the food industry due to its high content of organic substances, which has a negative impact on the environment during its disposal. Most organic matter contains lactose, fat and protein, which are vital nutrients for food production. Whey protein concentrates, whey powder and lactose are just a few examples of how new*

technologies can convert whey waste into valuable components. Fermentation is also a cost-effective solution for the production and development of products such as functional drinks.

Recently, many new whey-based drinks have been developed containing fruits, herbal supplements and other ingredients. However, a number of problems may arise during the production of such drinks, including crystallization of lactose during storage in the refrigerator, coagulation of protein during heat treatment, and the appearance of a salty-sour taste due to the high mineral content. To overcome these problems, different processing methods should be used at different stages of the production process.

Key words: *whey, drinks, curdled milk, coagulation*

УДК: 664.8/9

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ НА ПРИМЕРЕ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Шафрай Антон Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой инженерного дизайна, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», e-mail: shafraia@mail.ru

Попов Анатолий Михайлович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», e-mail: popov4116@yandex.ru

Плотников Константин Борисович, д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», e-mail: k.b.plotnikov.rf@gmail.com

Косинов Виталий Сергеевич, магистрант кафедры мехатроники и автоматизации технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», e-mail: kosinov_vs@mail.ru

Плотникова Ирина Олеговна, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры Агроинженерия, ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», e-mail: ermilova-io@mail.ru

ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет,
Россия, г. Кемерово, e-mail: rector@kemsu.ru

Аннотация. В работе изучена возможность применения методов машинного обучения и искусственных нейронных сетей для проектирования продуктов питания на примере пищевых концентратов, в частности гранулированных киселей. Это можно использовать на производстве при возникновении некоторых задач: разработки продукта с заданными свойствами и показателями качества,

разработки продукта из имеющегося сырья, разработки продукта для имеющегося оборудования.

При проектировании продукта могут возникать задачи трех типов: регрессии (или предсказания), классификации и кластеризации. Задачи регрессии решаются с помощью методов линейной регрессии, полиномиальной регрессии, деревьев и лесов, и их ансамблей; классификации с помощью kNN, деревьев и лесов, линейных классификаторов, наивного Байеса и их ансамблей; задача кластеризации с помощью алгоритмов FOREL, k-means, c-means, связанных компонент и других. Использование методов искусственного интеллекта возможно только при наличии данных, описывающих объекты исследования. Такие данные обрабатываются и укомплектовываются в датасеты или наборы данных.

В исследовании описываются семь объектов (продукт, сырье, оборудование, рецепт, процесс, экономическая эффективность производства, формирование качества) для которых должно производиться моделирование, какие данные и из каких источников необходимы.

В заключении рассмотрены последовательности, в которых следует разрабатывать модели для определенных задач, и составлена принципиальная схема моделирования при проектировании продукта. Точками начала моделирования могут быть объекты: продукт, сырье и оборудование. Они же могут быть промежуточными объектами, наравне с рецептом и процессами. Любая цепь моделирования заканчивается оценкой экономической эффективности производства проектируемого продукта. Этапом обратной связи является проверка формирования качества. Таким образом доказана возможность и последовательность применения методов машинного обучения и искусственных нейронных сетей для проектирования продуктов при моделировании пищевых производств.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственные нейронные сети, гранулирование, пищевые концентраты, моделирование, пищевая инженерия.

Введение. Способность быстро реагировать на изменение рыночной ситуации, предлагать рынку востребованные продукты, в первую очередь, свойственна предприятиям малого и среднего бизнеса. Если они могут за короткий промежуток времени перестроить технологические процессы, начать выпуск другого продукта, например, функциональный пищевой концентрат для увеличения выносливости или укрепления иммунитета, то такие производства будут иметь устойчивое развитие, а следовательно, развивать региональную и федеральную экономику.

Чтобы иметь такие преимущества, нужно уже на этапе проектирования производства закладывать возможность расширения продуктовой линейки или изменения выпускаемого ассортимента. Это трудная задача и решить ее при проектировании малых и средних производств достаточно сложно, в данном случае необходимо рассматривать производство как систему. Достаточно подробно эту задачу исследовали в работах по химическим технологиям.

Большой вклад в решение задач по моделированию, оптимизации и синтезу систем внесли Аврорин Е.Н., Красовский А.А., Матросов В.М., Прангишвили И.В., Баженов Ю.М., Комохов В.Г., Соломатов В.И., Соколова Ю.А., Чернышов Е.М., Федосов С.В., Воскресенский Е.В., Бобрышев А.Н., Воробьев В.А., Ерофеев В.Т., Селяев В.П., Черкасов В.Д., Андрейченко К.П., Данилов А.М., Иващенко Ю.Г., Королев Е.В., Петров С.В. и др. Проблемой интегрированного проектирования химико-технологических процессов, аппаратов, технологических схем и систем автоматического управления режимами их функционирования ставилась и частично решалась в работах Кафарова В.В., Девятова Б.Н., Grossmann I.E., Pistikopoulos E.N., Morari M., Островского Г.М., Бодрова В.И., Дьяконова С.Г., Егорова А.Ф., Малыгина Е.Н., Зиятдинова Н.Н., Лабутина А.Н. и многих других отечественных и зарубежных авторов (Балыхин et al., 2022; Галстян, et al. 2019; Дьяконов, et al. 2010; Егоров, et al. 2003; Коденцова, et al. 2022; Лисицын, et al. 2021; Малыгин, et al. 2003; Малыгин, et al. 2005; Островский, et al. 2008; Перов, et al. 2021; Семипятный, et al. 2022; Тутельян, et al. 2021).

Решаемые в этих научных работах проблемы относятся к задачам оптимизации и решаются, в основном, с помощью методов линейного или нелинейного программирования, при этом рассматриваются достаточно ограниченное количество параметров, в виду сложности получаемых уравнений. Использование технологий искусственного интеллекта должно помочь нивелировать эти ограничения.

Существует множество видов технологий искусственного интеллекта все они в разной степени могут быть применены для проектирования продуктов или производств. Поскольку для решения таких вопросов требуется манипулировать большими объемами данных, хранящих свойства ингредиентов, характеристики оборудования, протекающих процессов и т.д., решать задачи регрессии, классификации, кластеризации в разных местах, то в этом случае наилучшим образом подойдут методы машинного обучения (machine learning, ML) и искусственных нейронных сетей (artificial neural networks, ANN).

Для изучения общей картины, можно рассмотреть количество публикаций в год в изданиях, включенных в Web of Science Core Collection, посвященных ML и ANN. Оно увеличивается почти на десять тысяч в год (за исключением эпидемии 2020 года). В прошлом году их количество составило 66 тысяч. Но публикации не распределены по отраслям науки равномерно. Лидеры, это отрасли: электроника и компьютерные науки, имеют по 122 и 116 тысяч публикаций с 1975 года по настоящее время соответственно. Публикаций в пищевых науках всего 2 тысячи, начиная с 1990 года. Ситуация постепенно меняется, с 2014 года публикуется более сотни статей в год и их количество растет на несколько десятков ежегодно.

В качестве примера можно рассмотреть работы Ali, A., Qadri, S., Mashwani, W. K., Belhauouari, S. B., Naeem, S., Rafique, S., Anam, S., 2020; An, T., Yu, H., Yang, C. S., Liang, G. Z., Chen, J. Y., Hu, Z. H., Dong, C. W., 2020; Codina, G. G., Dabija, A., & Oroian, M., 2019; Ekiz, B., Baygul, O., Yalcintan, H., & Ozcan, M., 2020; Lu, A. N., Wei, X. X., Cai, R. K., Xiao, S. J., Yuan, H. N., Gong, J. Y., Xiao, G. N., 2020;

Tarafdar, A., Kaur, B. P., Nema, P. K., Babar, O. A., & Kumar, D., 2020; Torshizi, M. V., Asghari, A., Tabarsa, F., Danesh, P., & Akbarzadeh, A., 2020; Vakula, A., Pavlic, B., Pezo, L., Horecki, A. T., Danicic, T., Raicevic, L., Sumic, Z., 2020; Vasighi-Shojae, H., Gholami-Parashkouhi, M., Mohammadzamani, D., & Soheili, A., 2020 (Ali, et al. 2020; An, et al. 2020; Bhargava & Barisal, 2020; Chen, et al. 2020; Ekiz, et al. 2020; Lu, et al. 2020; Oganesyants, et al. 2020; Tarafdar, et al. 2020; Torshizi, et al. 2020; Vasighi-Shojae, et al. 2020). Поэтому и нейронные сети, и, в целом, машинное обучение, имеет большой потенциал для применения в сельскохозяйственной и пищевой промышленности.

В текущей работе пищевых производств малого и среднего бизнеса или при их проектировании могут возникать взаимосвязанные задачи, которые можно разделить на три группы, зависящие от обстоятельств. К первой группе относятся задачи проектирования нового продукта, который должен соответствовать установленным критериям качества и который требует рынок. Для продукта нужно подобрать подходящее сырье и оборудование, рецептуру и технологические процессы.

Ситуация может быть иной, когда производство или располагается, или планируется на территории, где есть доступ к определенному сырью. В этом случае требуется подобрать продукт, который может быть создан, определив показатели его качества, оборудование, и определить соответствующую рецептуру и технологические процессы.

Также может быть и третий случай, когда имеется некоторое оборудование и производителю нужно подобрать продукт, который он сможет на нем производить и сырье, требуемое для этого. При этом идентифицируется рецептура и соответствующие технологические процессы.

Во всех случаях должно обеспечиваться формирование качества и экономическая эффективность производства. В связи с вышесказанным, целью данной работы является оценка возможности применения методов ML и ANN для *проектирования* продуктов.

Задачами работы являются:

- оценка возможности применения методов ML и ANN для проектирования продуктов заданного качества;
- оценка возможности применения методов ML и ANN для проектирования продуктов из конкретного сырья;
- оценка возможности применения методов ML и ANN для проектирования продуктов под имеющееся оборудование.

В качестве примера, работа выполнена для производства пищевых концентратов, гранулированных киселей.

Объекты и методы исследований. Методы ML и ANN. Для выполнения цели и задач исследования рассмотрим, что такое ML и ANN, и какие они имеют основные методы. Согласно ГОСТу 33707-2016 (ISO/IEC 2382:2015) машинное обучение – процесс, с помощью которого функциональный блок улучшает свои функциональные характеристики путем приобретения новых знаний или опыта, или путем реорганизации существующих знаний и опыта. Под функциональным блоком в нашем случае можно понимать модель, которая обучается, и после этого

способна выполнять действия, для которых она создавалась. В общем случае в модель подается вектор входных значений X (состоящий из признаков x_1, x_2, \dots, x_n), а в ответ модель должна сгенерировать какое-то значение y , причем вид ответа зависит от решаемой задачи. При этом модель может приобретать новые знания или опыт. Этот процесс называется обучением модели. Если приобретаются новые знания, то это обучение с учителем, в этом случае модель обучается на заранее подготовленном наборе данных, где каждому входному вектору X поставлен в соответствии выходное значение y . Если приобретается новый опыт, то это обучение без учителя, в этом случае модель обучается самостоятельно, методом проб и ошибок. Основные действия, выполняемые моделями машинного обучения, обычно делят на три группы или на три задачи: регрессии (или предсказания), классификации и кластеризации.

При решении задачи регрессии модели требуется предсказать какое-то число, иногда говорят предсказать количественную переменную. Данную задачу решают с помощью методов: линейной регрессии, полиномиальной регрессии, деревьев и лесов, и их ансамблей.

В задаче классификации модель принимает решение, к какому классу принадлежит объект (входные данные, соответствующие какому-то объекту), иногда говорят предсказать значение качественной переменной. Для ее решения используются методы: kNN, деревьев и лесов, линейных классификаторов, наивного Байеса и их ансамблей.

Задачи регрессии и классификации относятся к задачам обучения с учителем. У них для обучения используется подготовленный набор данных (датасет, dataset), в котором каждому вектору входных значений соответствует «правильный ответ» y , для регрессии – это число, для классификации – метка класса.

Задача кластеризации относится к задаче обучения без учителя. При обучении модель не знает правильно она учиться или нет, ей нужно разделить множество входных данных, которые соответствуют некоторым объектам, на группы (кластеры), при этом количество групп может быть, как известно заранее, так и устанавливаться самой моделью. Для кластеризации используются следующие методы: FOREL, k-means, c-means, связанных компонент и других.

Отдельно стоят методы машинного обучения, которые называются искусственными нейронными сетями. Иногда их причисляют целиком к машинному обучению, но чаще они упоминаются самостоятельно. У ANN есть свои отдельные области работы, например, распознавание изображений или перевод текста, что относится к глубокому обучению, но также они могут работать и с задачами машинного обучения на одних и тех же данных. В данной работе будем считать, что ANN являются пересекающейся с ML областью знаний, которые могут решать поставленные задачи.

По ГОСТу 33707-2016 нейронная сеть - сеть простых элементов обработки, соединенных взвешенными связями с регулируемым весовыми коэффициентами, в которой каждый элемент вырабатывает некоторое значение путем применения нелинейной функции к входным значениям и передает это значение другим элементам или представляет его как выход. ANN принимает на

вход вектор значений X и моделирует значение y , решая задачу регрессии или классификации. Для решения этих задач будем использовать полносвязные нейронные сети, отличающиеся тем, что в них все нейроны текущего слоя связаны со всеми нейронами предыдущего слоя и со всеми нейронами следующего. Самый первый слой называется входным, на него подаются значения вектора X , количество нейронов входного слоя совпадают с размерностью X . Последний слой называется выходной, он имеет столько нейронов, сколько чисел или классов, сколько сеть должна предсказывать. Промежуточные слои называются скрытые, они могут меть любое количество нейронов.

Обучение ANN происходит посредством подбора значений весов, которыми обладают связи, соединяющие нейроны, смещений в нейронах (аналоги свободных членов) и функций активации. Комбинация этих элементов позволяет научить сеть делать прогнозы по объектам и системам практически любой сложности.

Техническая реализация методов. Для технической реализации методов ML и ANN существует множество инструментов. Самыми популярными являются свободно распространяемые фреймворки PyTorch (<https://pytorch.org/>), TensorFlow (<https://www.tensorflow.org>) или Keras (<https://keras.io>), написанные на языке программирования Python. В качестве аппаратного сопровождения может выступать облачная среда разработки Colaboratory от компании Google или аналоги от Яндекса или Selectel.

Результаты. Поставленные задачи являются стандартными задачами обучения моделей искусственного интеллекта методами ML и ANN. Для их решения требуется ответить на два вопроса:

1. где и какие данные следует взять для датасета;

2. что будет являться входными, а что выходными величинами, какова будет последовательность и взаимозависимость между моделями.

3.1. Данные для описания продуктов

Любой продукт можно идентифицировать с помощью показателей качества. Открытым остается вопрос о том, какие именно показатели качества необходимы и достаточны для идентификации, также выбранные показатели качества еще должны быть на определенном уровне.

Исследование проведено на примере пищевых концентратов, а именно для гранулированных киселей. Поэтому в качестве основы для определения показателей качества выбрана схема, предложенная С.Н. Кравченко в своей докторской диссертации по теме «Научное обоснование разработки технологических потоков и оценки качества быстрорастворимых гранулированных продуктов», защищенной в 2011 году на базе Кемеровского технологического института пищевой промышленности.

За основу взяты следующие группы показателей качества: органолептические показатели, пищевая ценность, безопасность, структурно-механические свойства, функциональность. Полный список показателей приведен на рисунке 1. К имеющимся добавлена группа стоимостных показателей качества, это потребовалось для того, чтобы связать все компоненты

производства в виде системы и, в конечном итоге, появилась возможность говорить об экономической эффективности производства.

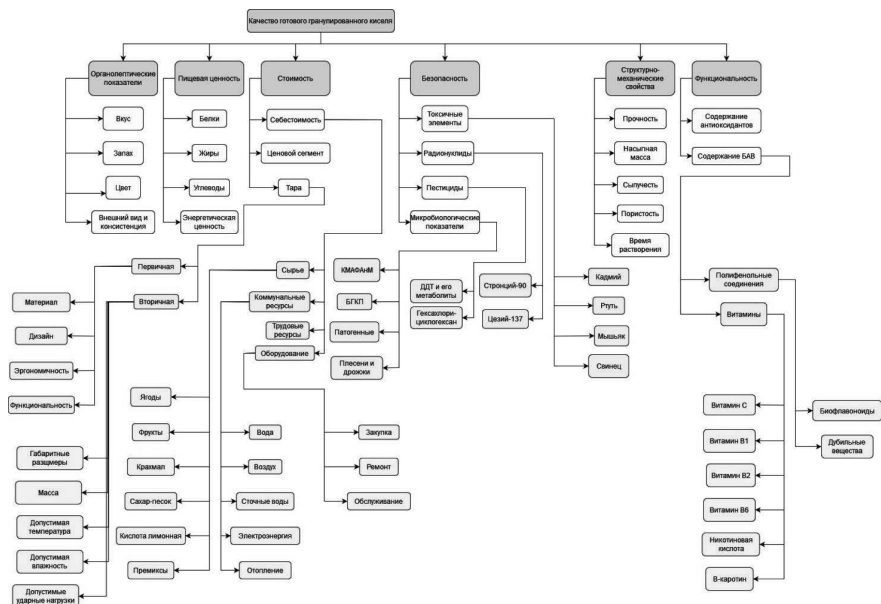


Рисунок 1 – Показатели качества гранулированного киселя

Для определения стоимостной группы показателей качества использовалась классическая трехуровневая модель анализа товара, введенная и описанная Филиппом Котлером в книге «Основы маркетинга». В соответствии с ней, на первом уровне товара находится сущность товара (товар по замыслу), т.е. то, для чего создан товар, какую потребность он удовлетворяет. Второй уровень составляет сам товар как физический или виртуальный объект. На третьем уровне располагается товар с дополнением – это то, что достается покупателю помимо самого товара.

Первый уровень трудно описать формально, оценить количественно или классифицировать качественно, поэтому в качестве критерия качества было принято более строгое маркетинговое понятие, которое можно довольно точно идентифицировать, - ценовой сегмент. Второй уровень точно описывается с помощью показателя себестоимость, в которую закладываются все затраты на производство самого товара. Третьему уровню соответствует тара как то, что дополняет собой товар. При этом тара делится на первичную и вторичную.

Все приведенные показатели могут быть однозначно идентифицированы и оцифрованы, таким образом за счет них может быть сформирован датасет, описывающий конечный продукт. При этом необходимые уровни показателей должны соответствовать ГОСТам, техническим условиям, технологическим

инструкциям и другим нормативным документам, в случае отсутствия таковых документов, необходимые уровни устанавливаются рыночными значениями. Достаточные уровни показателей должны задаваться в случае проектирования продукта на уровне требований заказчика или на основании рыночного исследования.

Данные для описания сырья. В основе качества любого продукта лежит качество сырья, из которого он изготовлен. Основным сырьем в исследовании выступают ягоды и фрукты. Для их идентификации и раскрытия свойств лучше всего использовать химический состав. Основным источником таких данных может являться справочник химического состава российских пищевых продуктов под редакцией члена-корреспондента МАИ, профессора И.М. Скурихина и академика РАМН, профессора В.А. Тутельяна, последняя редакция которого была в 2002 году.

Данный справочник содержит данные более чем сотни различных овощей, грибов, фруктов и ягод, по более двадцати показателям. Среди показателей выделяются: массовая доля воды в съедобной части продукта, белка, жира, насыщенных жирных кислот, холестерина, суммы моно- и дисахаров, крахмала, сумма усвояемых углеводов, пищевых волокон, органических кислот, золы, макроэлементов, железа, ретинола, β -каротина, ретинолового эквивалента, токоферолэквивалента, тиамина, рибофлавина, ниацина, ниацинового эквивалента, аскорбиновой кислоты и энергетическую ценность.

Объекты, описанные с помощью такой информации, могут быть сопоставимы между собой и требованиями к качеству готового продукта. Их можно объединить в один набор данных, который будет необходим и достаточен для описания сырья в моделях искусственного интеллекта.

Данные для описания оборудования. Подбор оборудования для преобразования исходного сырья в готовую продукцию может осуществляться по двум способам. В первом случае по классической схеме технологический расчет и подбор оборудования сводится к выбору и определению требуемого количества технологических единиц в зависимости от производственных мощностей предприятия с целью выполнения тех или иных операций, а также построению циклограммы (тактограммы) его использования. Саму же номенклатуру оборудования для каждого цеха определяют на основе предполагаемого ассортимента выпускаемой продукции. По второму способу, который наиболее приемлем с точки зрения разработки машинного обучения и искусственных нейронных сетей для проектирования пищевых производств подбор оборудования должен осуществляться на основе технологического потока, предложенного академиком В.А. Панфилов. Согласно данной теории технологическая линия представляется в виде процессоров и операторов, объединенных в подсистемы получения готового продукта, полуфабриката и обработки исходного сырья. Процессоры показывают какой вид воздействия необходим на сырье с целью получения готового продукта с заданными показателями качества. Это позволяет разрабатывать технологическую линию без привязки к оборудованию и лишь после этого осуществить его подбор. Данная методика позволяет повысить эффективность разрабатываемых

технологических решений.

На основе полученных технологических моделей должен осуществляться подбор технологического оборудования при условии получения наиболее эффективного производства с экономической точки зрения, при этом у каждого оборудования есть не только общие показатели, такие как энергоёмкость, габаритные размеры, масса и т.д., но и специфические, которые влияют на структуру и качество получаемого продукта, а также стоит учитывать, что есть ограничивающие условия к свойствам готового изделия которые не позволяют использовать определенные виды оборудования. Для разработки методов машинного обучения и искусственных нейронных сетей при проектировании пищевых производств необходимо большое количество данных по каждому виду оборудования.

В каждой технологической линии выделяется ведущее оборудование, конкретно для рассматриваемого примера это гранулятор, которые позволяет осуществить формирование структуры готового изделия. Далее рассмотрим более подробно сравнительный анализ грануляторов на основе ранее проведенных исследований (Плотников, et al. 2022; Попов, et al. 2021; Попов, et al. 2022) с целью определения его рационального подбора.

Получение инстантированных напитков в агломерированном виде возможно на грануляторах различной конструкции. Удельные затраты энергии, а также структурно механические свойства готовой продукции у разных способов гранулирования отличаются. Шестеренные грануляторы позволяют получать стабильный гранулометрический состав готовой продукции, они обладают малой металлоемкостью и компактностью, их энергоёмкость составляет в пределах 11,2 – 22,4 кВт·ч/т, что является сравнительно не высоким значением. Матричные грануляторы обладают теми же достоинствами, но при этом их энергоёмкость выше и составляет от 28 до 100 кВт·ч/т. Достоинством экструзионных пресс-грануляторов является непрерывность их работы. Структура самих гранул может варьироваться от режимных и рецептурных параметров. При высокой влажности исходного сырья пористость готового продукта повышается, поскольку при экструдирования за счет резкого перепада давления происходит мгновенное изменение агрегатного состояния воды и происходит образование каналов. Пористость повышает скорость растворения, однако при этом снижается прочность на истирание и статическое раздавливание. Поэтому подбор режимных параметров должен вестись на основе требований к готовой продукции. Недостатками данных типов грануляторов являются сложность изготовления рабочих органов, малые производительности, нагрев перерабатываемого материала в следствии больших величин сил трения в предматричной зоне, что приводит к необходимости охлаждения в противном случае возможно разрушение термолабильных элементов в продукте.

Удельная производительность лотковых виброгрануляторов составляет порядка 12 т/(м²·ч). В свою очередь производительность барабанных и тарельчатых грануляторов составляет 980 кг/ (м² · ч). А удельные расходы энергии на проведение процесса гранулирования составляют порядка 1,5 кВт · ч/т для виброгрануляторов и не менее 5,3 кВт·ч/т для грануляторов окатыванием.

Данные типы грануляторов обладают высокой производительностью, однако, стоит отметить, что готовый продукт имеет не стабильный гранулометрический состав, что влечет за собой применение повторного возврата продукта несоответствующего качества. Прочность и пористость гранул, полученных методом окатывания, не может быть изменена без дополнительных устройств или изменения рецептуры. С целью повышения прочности возможно использование повышенной температуры процесса с целью снижения вязкости связующего раствора или за счет применения различного рода активаторов.

Первоочередной задачей при разработке системы нейронных сетей является создание базы данных. Данную задачу необходимо решать не только путем внесения результатов собственных исследований, поскольку данный метод является экстенсивным, а в данном случае необходим интенсивный способ, который предполагает сбор информации, предоставляемой в открытом доступе. Информацию о величине варьируемых параметров режимов работы оборудования, в частности грануляторов можно принимать из литературы, а структурно-механические параметры получаемого гранулята при различных способах проведения процесса можно принимать как из литературы, так и периодических изданиях системы RSCI, Scopus, WoS. В некоторых научных работах были сделаны попытки в создании таких баз, для конкретных единиц оборудования (в частности, по гранулированию в пресс-грануляторах (Доня & Плотников, 2018), данные, полученные в ходе собственных исследований и сбора из других источников, могут быть внесены в разрабатываемую систему. Параметры оборудования, такие как мощность, производительность, металлоемкость, габаритные размеры и т.д. возможно принимать с помощью парсинга с сайтов представителей отдела продаж оборудования. Используя все эти методы можно собрать необходимый объем данных.

Данные для обучения. Информация, приведенная выше, позволяет определить какие данные нужны для датасета и где их можно взять. Таким образом решается первый вопрос для выполнения задач исследования по проектированию продуктов, подбору сырья и оборудования. Далее следует определить выходные и выходные переменные моделей. Для этого требуется установить взаимосвязь между исследуемыми объектами.

Обсуждение. Для определения взаимосвязей между объектами исследования и их моделями следует понять поэтапный путь проектирования продуктов, подбора сырья или оборудования. Каждый из этих объектов может быть, как входным, так и выходным параметром.

Проектирование продуктов. В случае проектирования продуктов, сам продукт, а точнее его заданные как совокупность показатели качества будут являться входным параметром. При этом, начинать моделирование можно от разных объектов.

Когда продукт подбирается для конкретного региона, где имеется местное сырье с определенными свойствами, либо же есть выбор между несколькими поставщиками, то сырье в данном случае станет первым объектом исследования в цепочке моделирования. Если же продукт проектируется для существующего на предприятии оборудования, то начинать следует с оборудования.

Формирование заданного качества продукта начинается от качества исходного сырья. Поэтому для идентификации модели зависимости сырья от продукта, потребуется датасет, где входными данными будут показатели качества готового продукта, а выходными данными будут показатели качества исходного сырья. Такой набор данных может быть получен по данным лабораторных исследований предприятий, производящих гранулированные пищевые концентраты, например, ООО НПО «Здоровое питание» (г. Кемерово) и ООО «Арт Лайф» (г. Томск). Полученная модель сможет подбирать сырье для получения продуктов с заданными показателями качества.

Следующий этап моделирования должен определить рецепт, благодаря которому из сырья с конкретными свойствами, получится продукт с установленными показателями качества. Датасет для обучения данной модели может быть получен из технологических инструкций и технических условий производства гранулированных продуктов предприятий, описанных выше. При этом рецептура должна также проходить проверку качества, для этого, например, могут использоваться критерии биологической оценки сбалансированности многокомпонентных продуктов питания, предложенные академиком Н.Н. Липатовым (мл) и И.А. Роговым. Эти критерии возможно использовать как в обучающих данных, так и в функциях потерь, функциях отвечающих за точность моделей машинного обучения.

После составления рецепта следует идентифицировать процессы, с помощью которых сырье будет обработано для получения конечного продукта. Для этого удобно применять теорию технологического потока, предложенную академиком В.А. Панфилов, представляя процессы в виде процессоров и операторов. А получить набор данных для обучения такой модели можно из технологических инструкций, описанных выше. При этом каждая подсистема процессоров и операторов характеризуется своим набором показателей качества для контроля моделируемых процессов.

Зная процессы, необходимые для производства продукта, подбирается оборудование, которое эти процессы сможет провести. В основе набора данных для обучения подобной модели должны лежать сведения об оборудовании, полученные в ходе собственных исследований, имеющимся на рассматриваемых предприятиях и взятые из открытых источников производителей оборудования.

Закончить проектирование продукта нужно оценкой экономической эффективности производства (ЭЭП), ведь в условиях рыночной экономики это главное мерило, по которому оценивают целесообразность какого-либо производства. Под ЭЭП будем понимать набор показателей, свидетельствующий об эффективности вложения средств в разработку продукта. ЭЭП подытоживает весь процесс моделирования, агрегируя данные о показателях качества проектируемого продукта, о требуемом сырье, его количественном и качественном составе в виде рецептуры, необходимых процессах обработки и оборудовании для их проведения. Все эти показатели оцениваются в денежном эквиваленте и сводятся в единые оценки финансовой (EBITDA, Cash Flow и др.), экономической (NPV, PI, DPP, IRR и др.), иногда бюджетной (бюджетный эффект, интегральный бюджетный эффект и др) эффективности реализации проекта по

реализации проектируемого продукта. Данная оценка рассчитывается довольно простыми алгебраическими методами и не требует разработки моделей искусственного интеллекта. Таким образом она является конечным этапом моделирования продукта и дает нам оценку для принятия решения о целесообразности разработки продукта.

Все определенные модели работают вместе для достижения единого результата, поэтому целесообразно говорить об ансамбле моделей. Для любого ансамбля, как и модели, нужно определять точность и адекватность. Первоначально точность можно подсчитать с помощью датасетов, используемых при разработке. Потому что в них есть обучающая, валидационная и тестовая части, в свою очередь тестовая как раз применяется для подсчета точности моделей. Адекватность и точность можно подсчитать, используя критерии формирования качества (ФК), предложенные В.А. Панфиловым в теории технологического потока.

Подытоживая вышеприведенные заключения, можно составить следующую поэтапную схему для моделирования процесса проектирования продукта:

$$\text{продукт} \rightarrow \text{сырье} \rightarrow \text{рецепт} \rightarrow \text{процесс} \rightarrow \text{оборудование} \rightarrow \text{ЭЭП} \rightarrow \text{ФК.} \quad (1)$$

Другая цепочка моделирования складывается, если начинать процесс с подбора оборудования. Для этого потребуется датасет, описывающий показатели качества продукта и характеристики оборудования, такие данные могут быть взяты с исследуемых производств. Таким образом, описаны все источники данных, необходимые для формирования набора обучающих данных. Все последующие модели, их входные и выходные параметры получаются путем перестановки переменных из описанных моделей и с точки зрения описания датасета разницы не имеют. Получается, что вторая схема проектирования продуктов будет следующей:

$$\text{продукт} \rightarrow \text{оборудование} \rightarrow \text{сырье} \rightarrow \text{процесс} \rightarrow \text{рецепт} \rightarrow \text{ЭЭП} \rightarrow \text{ФК.} \quad (2)$$

Подбор сырья и оборудования. Когда речь идет о подборе продукта для имеющегося сырья или оборудования, то входными параметрами становятся сырье или оборудование соответственно. На следующих этапах встанут уже описанные переменные, в разных сочетаниях, но суть построения датасетов и моделей остается та же. В результате получают следующие цепочки:

$$\text{сырье} \rightarrow \text{продукт} \rightarrow \text{рецепт} \rightarrow \text{процесс} \rightarrow \text{оборудование} \rightarrow \text{ЭЭП} \rightarrow \text{ФК;} \quad (3)$$

$$\text{сырье} \rightarrow \text{оборудование} \rightarrow \text{процесс} \rightarrow \text{рецепт} \rightarrow \text{продукт} \rightarrow \text{ЭЭП} \rightarrow \text{ФК;} \quad (4)$$

оборудование → *сырье* → *процесс* → *рецепт* → *продукт* → *ЭЭП* → *ФК*;
(5)

оборудование → *продукт* → *сырье* → *процесс* → *рецепт* → *ЭЭП* → *ФК*.
(6)

Выводы. Анализируя все схемы процессов моделирования (1) - (6), можно их свести к единой принципиальной схеме моделирования при проектировании продукта (рисунок 2). Где точками начала моделирования могут быть объекты: продукт, сырье и оборудование, - в зависимости от постановки задачи. Они же могут быть промежуточными объектами, наравне с рецептом и процессами. Все эти объекты подходят для создания моделей с помощью методов ML и ANN, т.к. для них можно собрать и обработать необходимые объемы данных, требуемые для обучения моделей.

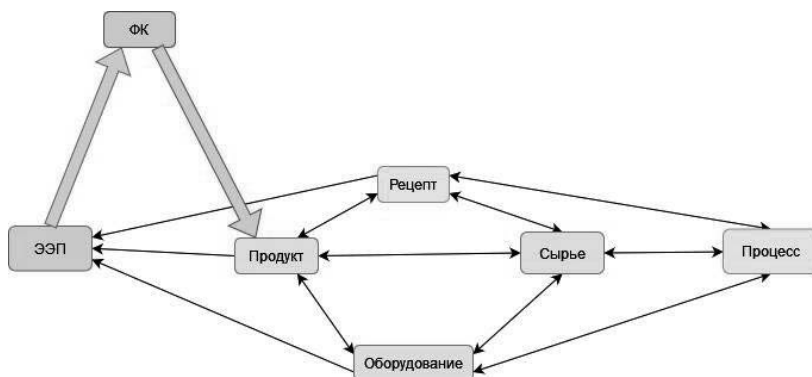


Рисунок 2 – Принципиальная схема моделирования при проектировании продукта

Любая цепь моделирования заканчивается оценкой экономической эффективности производства проектируемого продукта, позволяющая лицу, принимающему решение, сделать вывод о целесообразности производства. Сама оценка производится стандартными экономическими расчетами. Этапом обратной связи является проверка формирования качества, которая может быть сделана после моделирования на производстве с помощью статистических методов.

Таким образом доказана возможность и последовательность применения методов машинного обучения и искусственных нейронных сетей для проектирования продуктов при моделировании пищевых производств. Данная работа является обоснованием дальнейших исследований по применению методов искусственного интеллекта для моделирования в пищевой инженерии.

Библиографический список

1. Балыхин, М. Г., Лисицын, А. Б., Эдварс, Р. А., Щетинин, М. П., Дыдыкин, А. С., Деревицкая, О. К. & Волков А. П. (2022). Развитие системы школьного питания в рамках реализации Федерального закона 47-ФЗ. Хранение и переработка сельхозсырья, 1, 194-211. doi: 10.36107/spfr.2022.230.
2. Галстян, А. Г., Аксенова, Л. М. & Лисицын, А. Б. (2019). Современные подходы к хранению и эффективной переработке сельскохозяйственной продукции для получения высококачественных пищевых продуктов. Вестник Российской академии наук, 89(5), 539-542. – doi: 10.31857/S0869-5873895539-542.
3. ГОСТ 33707-2016 (ISO/IEC 2382:2015) Информационные технологии. Словарь. - СтандартИнформ. 206.
4. Доня, Д. В. & Плотников К. Б. (2018). Реология вязкопластичных сред в одношнековых экструдерах. Кемеровский государственный университет, 165.
5. Дьяконов, С. Г., Елизаров, В. В. & Елизаров, В. И. (2010). Теоретические основы проектирования промышленных аппаратов химической технологии на базе сопряженного физического и математического моделирования. Казань: КГТУ, 456с.
6. Егоров, Л. Ф., Бельков, В. П. & Тюрина Н.С. (2003). Оптимальный выбор типового оборудования при проектировании многоассортиментных химических производств. Химическая промышленность, 2, 40-45.
7. Коденцова, В. М., Жилинская, Н. В., Салагай, О. О. & Тутельян, В. А. (2022). Специализированные витаминно-минеральные комплексы для лиц, находящихся в экстремальных условиях. Вопросы питания, 91(6), 6-16. doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-6-6-16.
8. Лисицын, А. Б. Никитина, М. А. & Чернуха, И. М. (2021). Управление качеством и безопасностью продукции в крупномасштабных системах. Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2021): Труды Четырнадцатой международной конференции, Москва, 27–29 сентября 2021 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 876-882. doi: 10.25728/8362.2021.84.54.001.
9. Лисицын, А. Б., Чернуха, И. М. & Никитина М. А. (2021). Конструирование многокомпонентных продуктов питания. Москва: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет пищевых производств», 176 с. ISBN 978-5-9920-0364-2.
10. Малыгин, Е. Н., Карпушкин С. В. & Борисенко А. Б. (2003). Методика определения аппаратурного оформления многопродуктовых химико-технологических систем. Химическая промышленность сегодня, 5, 43–50.
11. Малыгин, Е. Н., Карпушкин, С. В. & Борисенко, А. Б. (2005). Математическая модель функционирования многопродуктовых химико-технологических систем. Теоретические основы химической технологии, 39 (4), 455–465.

12. Тутельян, В. А., Никитюк, Д. Б., Аксенов, И. В. (2021). Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21. Москва: Роспотребнадзор, 72.

13. Островский, Г. М. (2008). Технические системы в условиях неопределенности: анализ гибкости и оптимизации. БИНОМ, Лаборатория знаний, 319с.

14. Перов, В. Л., Бельков, В. П. & Савицкая, Т. В. (2001). Проектирование многоассортиментных химико-технологических систем с учетом гибкости. Ч.2. Практическое использование критерия гибкости. Известия вузов. Серия: «Химия и хим. технология», 44 (4), 93-97.

15. Плотников К. Б., Плотникова И. О., Плотников И. Б., Доня Д. В. & Иванов П. П. (2022). Исследование дисперсного состава и прочности гранул инстантированных напитков. Пищевая промышленность, 1, 29–31. doi: 10.52653/PPI.2022.1.1.006.

16. Попов, А. М., Плотников, К. Б., Иванов, П. П., Плотников, И. Б., Попов, Д. М. & Плотникова, И. О. (2022) Исследование влияния вибрации на пористость и прочность гранул инстантированных напитков. Техника и технология пищевых производств, 52(1), 120–128.

17. Попов, А. М., Плотников, К. Б., Плотников, И. Б., Устинова, Ю. В. & Крюк, Р. В. (2021). Исследование удельных энергозатрат процессов структурообразования и сушки инстантированных продуктов. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, 3, 190–199.

18. Семипятный, В. К. Принципы мета–аналитической декомпозиции при формировании цифровых идентификационных профилей пищевых систем: специальность 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Семипятный Владислав Константинович. – Москва, 2022. – 47 с.

19. Тутельян, В. А. (2021). Новые риски и угрозы в области обеспечения безопасности пищевой продукции Переработка молока. Мясные технологии, 8(262), 22-28.

20. Ali, A., Qadri, S., Mashwani, W. K., Belhaouari, S. B., Naeem, S., Rafique, S. & Anam, S. (2020). Machine learning approach for the classification of corn seed using hybrid features. International Journal of Food Properties, 23(1), 1097-1111. /doi.org/10.1080/10942912.2020.1778724

21. An, T., Yu, H., Yang, C. S., Liang, G. Z., Chen, J. Y., Hu, Z. H. & Dong, C. W. (2020). Black tea withering moisture detection method based on convolution neural network confidence. Journal of Food Process Engineering, 43(7), Article e13428. doi.org/10.1111/jfpe.13428

22. Bhargava, A., & Barisal, A. (2020). Automatic Detection and Grading of Multiple Fruits by Machine Learning. Food Analytical Methods, 13(3), 751-761. doi.org/10.1007/s12161-019-01690-6

23. Chen, J. D., Zhang, D. F., Nanekaran, Y. A., & Li, D. L. (2020). Detection

of rice plant diseases based on deep transfer learning. Journal of the Science of Food and Agriculture, 100(7), 3246-3256. doi.org/10.1002/jsfa.10365

24. Ekiz, B., Baygul, O., Yalcintan, H., & Ozcan, M. (2020). Comparison of the decision tree, artificial neural network and multiple regression methods for prediction of carcass tissues composition of goat kids. Meat Science, 161, Article 108011. doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108011

25. Lu, A. N., Wei, X. X., Cai, R. K., Xiao, S. J., Yuan, H. N., Gong, J. Y. & Xiao, G. N. (2020). Modeling the effect of vibration on the quality of stirred yogurt during transportation. Food Science and Biotechnology, 29(7), 889-896. doi.org/10.1007/s10068-020-00741-7.

26. Oganesyants, L., Semipyatniy, V. & Galstyan, A. (2020). Multi-criteria food products identification by fuzzy logic methods. Foods and Raw Materials, 8 (1), 12-19. doi: 10.21603/2308-4057-2020-1-12-19.

27. Tarafdar, A., Kaur, B. P., Nema, P. K., Babar, O. A., & Kumar, D. (2020). Using a combined neural network - genetic algorithm approach for predicting the complex rheological characteristics of microfluidized sugarcane juice. Lwt-Food Science and Technology, 123, Article 109058. doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109058

28. Torshizi, M. V., Asghari, A., Tabarsa, F., Danesh, P., & Akbarzadeh, A. (2020). Classification by artificial neural network for mushroom color changing under effect UV-A irradiation. Carpathian Journal of Food Science and Technology, 12(2), 157-167. doi.org/10.34302/crpjfst/2020.12.2.16

29. Vasighi-Shojae, H., Gholami-Parashkouhi, M., Mohammadzamani, D., & Soheili, A. (2020). Predicting Mechanical Properties of Golden Delicious Apple Using Ultrasound Technique and Artificial Neural Network. Food Analytical Methods, 13(3), 699-705. doi.org/10.1007/s12161-019-01689-z

STUDYING THE POSSIBILITY OF USING MACHINE LEARNING METHODS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR PRODUCT DESIGN USING THE EXAMPLE OF FOOD CONCENTRATES

Shafray Anton Valerievich, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Engineering Design, Kemerovo State University, e-mail: shafraia@mail.ru

Popov Anatoly Mikhailovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Professor of the Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Kemerovo State University, e-mail: popov4116@yandex.ru

Plotnikov Konstantin Borisovich, Doctor of Engineering. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Kemerovo State University, e-mail: k.b.plotnikov.rf@gmail.com

Kosinov Vitaly Sergeevich, master's student of the department of mechatronics and automation of technological systems, Kemerovo State University, e-mail: kosinov_vs@mail.ru

Plotnikova Irina Olegovna, Ph.D. tech. Sciences, senior lecturer of the

Kemerovo State University, Russia, Kemerovo, e-mail: rector@kemsu.ru

Annotation. *The paper examines the possibility of using machine learning methods and artificial neural networks for the design of food products using the example of food concentrates, in particular granulated jelly. This can be used in production when certain problems arise: developing a product with specified properties and quality indicators, developing a product from existing raw materials, developing a product for existing equipment.*

When designing a product, three types of problems may arise: regression (or prediction), classification, and clustering. Regression problems are solved using linear regression, polynomial regression, trees and forests, and their ensembles; classification using kNN, trees and forests, linear classifiers, naive Bayes and their ensembles; clustering problem using FOREL, k-means, c-means, connected components and others algorithms. The use of artificial intelligence methods is possible only if there is data describing the objects of study. Such data is processed and compiled into datasets or data sets.

The study describes seven objects (product, raw materials, equipment, recipe, process, economic efficiency of production, quality formation) for which modeling should be carried out, what data and from what sources are needed.

In conclusion, the sequences in which models should be developed for specific tasks are considered, and a basic modeling diagram for product design is drawn up. The starting points for modeling can be objects: product, raw materials and equipment. They can also be intermediate objects, along with recipes and processes. Any modeling chain ends with an assessment of the economic efficiency of production of the designed product. The feedback stage is to check the formation of quality. Thus, the possibility and consistency of using machine learning methods and artificial neural networks for product design when modeling food production has been proven.

Key words: *machine learning, artificial neural networks, granulation, food concentrates, modeling, food engineering.*

УДК 634.86

ИЗУЧЕНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ВИНОГРАДА ПО СОДЕРЖАНИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Щетинин Михаил Павлович, д-р техн. наук, профессор, вице-президент,
Некоммерческое образовательное частное учреждение дополнительного
профессионального образования «Международная промышленная академия»,
e-mail: m_p_sh1953@mail.ru

Сидорова Елена Сергеевна, директор экспериментально-производственного

центра сыроделия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет», e-mail: sidorovae77@mail.ru

Щетинина Елена Михайловна, *д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «ФИЦ питания и биотехнологии», e-mail: shetininina2014@bk.ru*

ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»,
г. Москва, Россия, e-mail: murinans@mgupp.ru

Аннотация: с учетом возрастающего интереса промышленности к поиску новых источников растительного сырья, виноград заслуживает особого внимания, в связи с разнообразием комплексов входящих в его состав природных компонентов. В статье рассмотрены результаты исследований и сравнительный анализ сортов винограда по содержанию органических кислот и полифенольных соединений с перспективой его использования в качестве растительного ингредиента в составе поликомпонентных продуктов и продления их сроков годности. Объектом исследования являлись сорта винограда Пино и Каберне Совиньон, выращиваемые на территории Краснодарского края.

Ключевые слова: ягоды винограда, сорт Пино, сорт Каберне Совиньон, полифенольные соединения, органические кислоты, антиоксидантные свойства, поликомпонентные продукты.

Введение. Сегодня во всех отраслях пищевой промышленности активно ведется поиск новых видов сырья, которые бы позволили не только расширить ассортимент вырабатываемой продукции, но и обеспечить производство поликомпонентных продуктов здорового питания [1-6].

На территории Российской Федерации активно развивается виноградарство, однако основная масса получаемой продукции используется для производства алкогольной продукции, соков и лишь малая часть в производстве других пищевых продуктов. Особый интерес при изучении состава винограда вызывают органические кислоты и полифенольные соединения, которые оказывают благоприятное воздействие на метаболизм человека [5,10].

Целью работы являлось проведение сравнительного анализа сортов винограда по содержанию органических кислот и полифенольных соединений и оценка возможности дальнейшего использования винограда в качестве растительного ингредиента в составе молочных продуктов.

Объектом исследования являлись ягоды винограда сорта Пино и Каберне Совиньон, выращиваемые на территории Краснодарского края.

Методы исследования. Содержание полифенольных соединений определяли методом Фолина-Чокальтеу по Р 4.1.1672-03 «Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище» спектрофотометрическим методом на спектрофотометре UNICO 2800,

производитель США “United Products & Instruments, Inc”.

Профиль полифенолов - методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Исследования проводили с применением высокоэффективного жидкостного хроматографа Agilent модели 1260 Infinity II LC, использовали аналитическую колонку Zorbax ODS с размером частиц 5 мкм, длиной 250 мм и внутренним диаметром 4,6 мм, температура колонки 20 °С Подвижная фаза: элюент А - дистиллированная вода, В - абсолютный метанол, С - смесь дистиллированной воды/ледяная уксусная кислота 96:4 (по объёму). Программа градиента: 0 мин: 15% В и 85% С, 15 мин – 75% А и 25% В, 20 мин: 15% А и 85% В, 40 мин: 40% А и 60% В, 45 мин: 5% А и 95% В, 55 мин: 5% А и 95% В, 60 мин: 85% А и 15% В и 70 мин: 85% А и 15% В. При этом скорость подачи элюента составляла: 0 мин: 0.5 мл/мин. и от 15 до 70 мин: 0,8 мл/мин. Объем вводимой пробы 5 мкл. Детектирование осуществляли при 280, 303, 330 и 360 нм; указанные длины волн были предварительно выбраны по спектрофотометрическим параметрам определяемых компонентов.

Сбор данных и обработку результатов проводили с помощью программных обеспечений: высокоэффективные жидкостные хроматографы Agilent модели 1260 Infinity II LC – OpenLab CDS 2.5, потенциометрический титратор АТП-02 – Nitrate 5.x, атомно-абсорбционный анализатор – ААWin 3.0.

Результаты и обсуждение. Все измерения были выполнены в пяти повторностях. Корреляционную зависимость и линейную регрессию рассчитывали с использованием Microsoft Office Excel 2016.

Известно, что органические кислоты положительно влияют на системы пищеварения, играют важную роль в поддержании кислотно-щелочного баланса [4-6].

В таблице 1 приведено содержание некоторых органических кислот в ягодах винограда различных сортов.

Таблица 1

Содержание некоторых органических кислот в ягодах
сорта Пино и Каберне Совиньон

Наименование компонента	Каберне Совиньон		Пино	
	Содержание, г/100 г			
		в пересчёте на абсолютно сухие вещества		в пересчёте на абсолютно сухие вещества
Хинная кислота	0,40±0,04	2,8±0,28	0,17±0,02	1,4±0,16
Яблочная кислота	0,8±0,02	4,8±0,48	0,026	0,2±0,02
Лимонная кислота	0,37±0,04	2,7±0,27	0,92±0,10	8,1±0,84

Согласно полученным данным, содержание органических кислот в различных сортах винограда значительно отличается: в ягодах сорта Каберне Совиньон содержание хинной кислоты в пересчете на абсолютно сухие вещества составляет $2,8 \pm 0,28$ г/100 г, а в ягодах сорта Пино - $1,6 \pm 0,16$ г/100 г; содержание яблочной кислоты в пересчете на абсолютно сухие вещества в ягодах сорта Каберне Совиньон составляет $4,8 \pm 0,48$ г/100 г, а в ягодах сорта Пино - $0,2 \pm 0,02$ г/100 г; содержание лимонной кислоты в пересчете на абсолютно сухие вещества в ягодах сорта Каберне Совиньон составляет $2,7 \pm 0,27$ г/100 г, а в ягодах сорта Пино $0,95 \pm 0,10$ г/100 г. На рисунке 1 представлены хроматограммы содержания органических кислот ягод винограда сорта Каберне Совиньон и Пино.

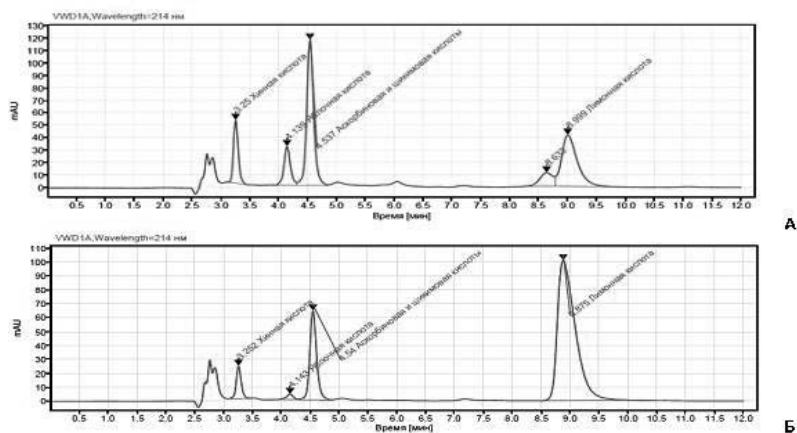


Рисунок 1 - Хроматограммы содержания органических кислот ягод (А-Каберне Совиньон) и (Б-Пино)

По результатам проведенных исследований установлено, что ягоды сорта винограда Пино и Каберне Совиньон накапливают значительные количества органических кислот, причем в расчете на абсолютно сухое вещество их содержание в ягодах сорта Каберне Совиньон и Пино практически одинаковое $11,54 \pm 1,05$ г/100 г а.с.в и $11,43 \pm 1,04$ г/100 г а.с.в соответственно.

В качественном составе полифенольных соединений ягод идентифицированы кверцетин, рутин, катехин, ресвератрол а также фенолокислоты - галловая, коричная, хлорогеновая, сиреневая и феруловая кислоты. Основная польза полифенолов для организма заключается в их антиоксидантных свойствах [4,6-9]. На рисунке 2 представлены хроматограммы содержания полифенольных компонентов в разных сортах винограда при длине волны 280 нм: галловая кислота, катехин, сиреневая кислота, коричная кислота, а на рисунке 3 хроматограммы содержания полифенольных компонентов в разных сортах винограда при длине волны 303 нм - ресвератрол.

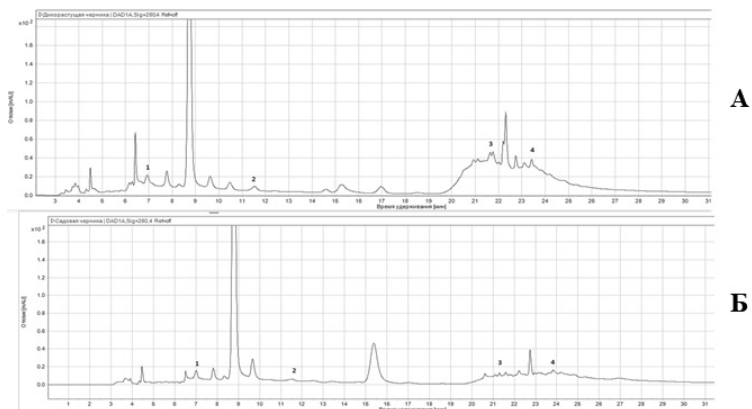


Рисунок 2 – Хроматограммы содержания полифенольных компонентов при длине волны 280 нм (А – Каберне Совиньон, Б - Пино) 1- галловая кислота; 2- катехин, 3- сиреневая кислота; 4- коричная кислота

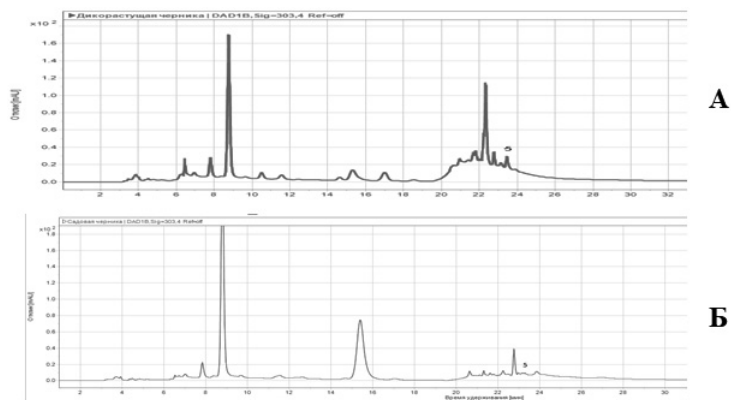


Рисунок 3 - Хроматограммы содержания полифенольных компонентов при длине волны 303 нм (А – Каберне Совиньон, Б - Пино) 5 – ресвератрол

На рисунке 4 представлены хроматограммы полифенольных компонентов при длине волны 330 нм разных видов винограда: хлорогеновой и феруловой кислот.

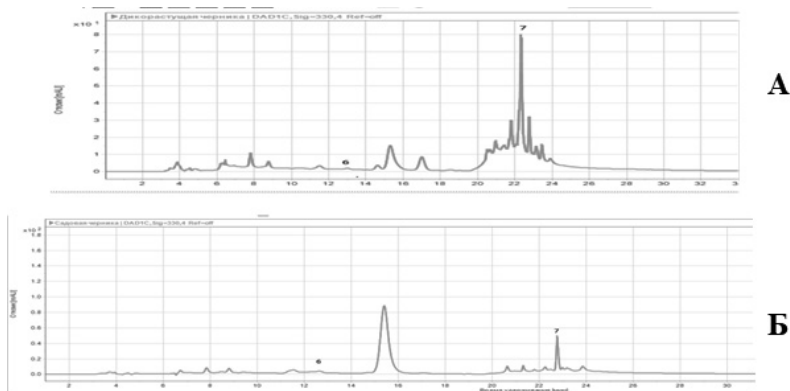


Рисунок 4 - Хроматограммы полифенольных компонентов при длине волны 330 нм (А – Каберне Совиньон, Б - Пино)
6 – хлорогеновая кислота; 7 – феруловая кислота

Достоинством ягод винограда является высокое содержание биоактивных полифенольных соединений. Согласно полученным результатам, содержание полифенольных компонентов при длине волны 280 нм достигает 1400мг/100г для ягод винограда Пино, что в 2.7 раза меньше, чем у ягод Каберне Совиньон – 3762мг/100г, в пересчете на галловую кислоту. Содержание катехина в ягодах Каберне Совиньон – 2393мг/100 г, в ягодах Пино – 2102мг/100 г, сиреневой кислоты – в ягодах Каберне Совиньон -1200мг/100 г, в ягодах Пино-975мг/100 г. Содержание ресвератрола при длине волны 303 нм в ягоде винограда Каберне Совиньон –3,24мкг/100 г, Пино – 2,04мкг/100 г.

Согласно полученным результатам, содержание полифенольных компонентов при длине волны 330 нм хлорогеновая кислота для ягод винограда Каберне Совиньон – 0,2г/100г, Пино – 0,1г/100г, содержание феруловой кислоты для ягод Каберне Совиньон-0,3г/100г, в ягодах винограда Пино-0,06г/100г. На рисунке 5 представлены хроматограммы полифенольных компонентов при длине волны 360 нм разных видов винограда: рутин и кверцетин.

Согласно полученным результатам, содержание полифенольных компонентов при длине волны 330 нм хлорогеновая кислота для ягод винограда Каберне Совиньон – 0,2г/100г, Пино – 0,1г/100г, содержание феруловой кислоты для ягод Каберне Совиньон-0,3г/100г, в ягодах винограда Пино-0,06г/100г. На рисунке 5 представлены хроматограммы полифенольных компонентов при длине волны 360 нм разных видов винограда: рутин и кверцетин.

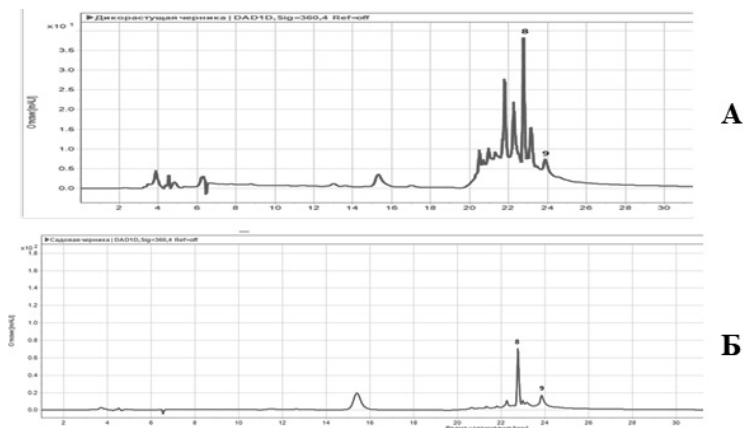


Рисунок 5 - Хроматограммы полифенольных компонентов при длине волны 360 нм (А – Каберне Совиньон, Б - Пино) 8 – рутин; 9 – кверцетин

Согласно полученным результатам, содержание полифенольных компонентов при длине волны 360 нм рутин для ягод винограда Каберне Совиньон – 6,15%, Пино – 4,81%, содержание кверцетина в ягодах винограда Каберне– 1,2 мг/100г а.с.в, в ягодах сорта Пино - 0,9мг/100г а.с.в.

Выводы. Таким образом, сравнительный анализ биохимического состава ягод Каберне Совиньон и Пино показал, что состав органических кислот и полифенолов ягод винограда определяется сортовыми особенностями. Ягоды винограда сорта Каберне Совиньон и Пино содержат в своем составе ценные природные компоненты и богатый комплекс биологически активных веществ. Оба сорта винограда содержат примерно одинаковое количество органических кислот.

Экспериментально доказано, что в ягодах сорта винограда Каберне Совиньон содержится в 2,5 раза больше биоактивных полифенольных соединений, чем в ягодах винограда сорта Пино.

В комплексе полифенольных соединений ягод винограда сорта Каберне Совиньон и Пино одни и те же представители флавоноидов и продукты их метаболизма - фенолокислоты.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать выводы, что ягоды сорта винограда Каберне Совиньон по пищевой ценности не уступают сорту винограда Пино. Более высокий уровень содержания биоактивных полифенольных соединений, позволяет рассматривать ягоды сорта винограда Каберне Совиньон, как перспективное сырье для производства поликомпонентных продуктов, поскольку являются источником полезных для здоровья биологически активных компонентов и антиоксидантов, что позволит не только придать продукту новые свойства, но и продлить сроки его годности.

Библиографический список

1. Макарова, Н. В., Еремеева Н. Б. Сравнительное изучение ультразвуковых воздействий на экстракцию на экстракцию антиоксидантных соединений ягод // *Химия растительного сырья*. 2020. № 1. С. 167–177. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42612674> (дата обращения: 26.03.2024).
2. Stanoeva J. P. et al. Phenolics and mineral content in bilberry and bog bilberry from Macedonia // *International journal of food properties*. 2017. Т. 20. №. sup1. Pp. 863-883. URL: https://www.researchgate.net/publication/315743094_Phenolics_and_mineral_content_in_bilberry_and_bog_bilberry_from_Macedonia (дата обращения: 01.04.2024).
3. Kolarov R. et al. Antioxidant capacity of wild-growing bilberry, elderberry, and strawberry fruits // *Acta Horticulturae et Regiotecturae*. 2021. Т. 24. №. 2. С. 119-126. URL: https://www.researchgate.net/publication/356736274_Antioxidant_capacity_of_wild-growing_bilberry_elderberry_and_strawberry_fruits (дата обращения: 29.03.2024).
4. Гольдина И. А., Сафронова И. В., Гайдуль К. В. Полифенольные соединения черники: особенности биологической активности и терапевтических свойств // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. №. 10-2. С. 221-228. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24107048> (дата обращения: 01.04.2024).
5. Тихонова А.Н., Агеева Н.М., Абакумова А.А., Бирюкова С.А., Глоба Е.В. Органические кислоты выжимок винограда // *Плодоводство и виноградарство Юга России* 2020. Т. 62 (2). С. 176-188. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42552317> (дата обращения: 24.03.2024).
6. Черноусова И.В., Зайцев Г.П., Гришин Ю.В., Мосолкова В.Е., и др. Биологическая активность полифенолов винограда красных вин и концентратов при реабилитации больных ишемической болезнью сердца и гипертонической болезнью // *Виноградарство и виноделие* 2018. Т. 47. С. 63-68. URL: <https://library.ru/item.asp?id=32322086> (дата обращения: 16.02.2024).
7. Мальцев В.А., Мойса Е.К., Маринкин Е.Б., Дудко Ю.В., и др. Полифенолы винограда в составе пищевого функционального продукта // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 70 (4). С. 307-321. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46356505> (дата обращения: 16.02.2024).
8. Olimova Sh., Mahsudov Ja., Sobirov O. Quercetin and dihydroquercetin polyphenols reduce iodine deficiency in case of hypothyroidism // Universum: chemistry and biology. 2022. № 6-4 (96). С. 8-11. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48688670> (дата обращения: 16.02.2024).
9. Razgonova M.P., Kon'kova N.G., Zakharenko A.M., Golokhvast K.S. Polyphenols of perilla frutescens of the family lamiaceae identified by tandem mass spectrometry // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2022. Т. 26. № 7. С. 637-644. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49840075> (дата обращения: 29.01.2024).
10. Власова О.К., Даудова Т.И., Гасанов Р.З., Шелудько О.Н., и др. Органические кислоты и катионы в структурных элементах ягоды винограда и виноматериалах // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2021. № 68 (2).

C. 215-231. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44861790> (дата обращения: 15.02.2024).

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF GRAPE VARIETIES BY CONTENT OF ORGANIC ACIDS AND POLYPHENOLIC COMPOUNDS.

Shchetinin Mikhail Pavlovich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Vice-President, Non-profit educational private institution of additional professional education "International Industrial Academy", e-mail: m_p_sh1953@mail.ru

Sidorova Elena Sergeevna, director of the cheese making center, Russian Biotechnological University, e-mail: sidorovae77@mail.ru

Shchetinina Elena Mikhailovna, Doctor of Engineering. Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Food Biotechnologies and Specialized Products, Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology, e-mail: schetinina2014@bk.ru

Russian Biotechnological University, Moscow, Russia, e-mail: murinans@mgupp.ru

Abstract: *taking into account the growing interest of industry in the search for new sources of plant raw materials, grapes deserve special attention due to the diverse complex of natural components included in their composition. The article discusses the results of research on comparative characterization of grape varieties based on the content of organic acids and polyphenolic compounds with the prospect of using it as a herbal ingredient in multicomponent products and extending their shelf life. The object of the study is the Pinot and Cabernet Sauvignon grape varieties grown in the Krasnodar region.*

Key words: *grapes, Pinot, Cabernet Sauvignon, polyphenolic compounds, organic acids, antioxidant properties, multicomponent products.*

УДК:658.562

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Янковская Валентина Сергеевна, д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: vs3110@rgau-msha.ru

Дунченко Нина Ивановна, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: ndunchenko@rgau-msha.ru

Волощина Елена Сергеевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры

*управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
e-mail: voloshina@rgau-msha.ru*

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: для повышения объективности экспертных оценок управления технологическими рисками и разработки мероприятий по минимизации рисков производства продуктов питания с несоответствиями предложена методологическая база, включающая в себя принципы квалиметрии рисков, квалиметрические шкалы и элементы квалиметрического прогнозирования с применением матричных диаграмм. Представленные результаты являются результатом систематизации и анализа 15-летнего опыта исследований в области квалиметрического прогнозирования показателей качества и безопасности продуктов питания. Представлены данные прогнозирования технологических рисков при производстве йогурта с функциональными пищевыми ингредиентами и обоснованы подходы по управлению технологическими рисками.

Ключевые слова: квалиметрия рисков, прогнозирование, технологические риски, качество продукции, безопасность продукции.

Актуальность. Необходимым условием обеспечения устойчивого развития пищевого предприятия является поиск, подбор, внедрение и совершенствование эффективных практик менеджмента качества и безопасности продукции [1]. Согласно современным представлениям о принципах успешной деятельности предприятия одним из ключевых механизмов достижения успеха является риск-ориентированное мышление, которое базируется на выявлении, идентификации, анализе рисков и прогнозировании влияния различных факторов на возникновения рисков события на базе изучения закономерностей формирования показателей качества и безопасности продукции и качества процессов [2].

При высокой востребованности в инструментарии управления технологическими рисками наблюдается пробелы в изучении и научном обосновании в данном вопросе [3]. В частности, рекомендуемые международными стандартами требования по обеспечению безопасности продуктов питания на базе анализа опасных факторов и критических контрольных точек (система на базе принципов ХАССП) серии 22000, важнейшие элементы по идентификации, оценке, анализу, ранжированию опасных факторов и определению критических контрольных точек описаны рамочно. Качество данных этапов полностью определяются компетентностью участников группы ХАССП, требования к формированию которой также методологически не прописано. Повышение объективности принимаемых решений можно добиться на базе применения подходов экспертной квалиметрии

(принципы обеспечения экспертного покрытия, формирование состава экспертов, оценка качества принимаемых решений, экспертные методы, статистическая обработка экспертных оценок), которые сформулированы и разработаны в нашей стране в рамках науки квалиметрии [1,2]. Второе решение повышения объективности применяемых решений по обеспечению безопасности продукции можно путем глубокого анализа изучаемого механизма формирования показателей качества и безопасности продукта [4]. Определение критических контрольных точек базируется на последовательных ответах на ряд вопросов, но для повышения качества этой работы необходима исходная информация о процессах формирования технологического риска и факторах, оказывающих на него влияние на всей цепочке прослеживаемости [3,5]. Отсутствие таких исследований делает работу по управлению технологическими рисками малоэффективной и не обоснованной. Научной основой для формирования методологических принципов проведения оценки, прогнозирования и прослеживаемости изменения характеристик продукции, является применение принципов, методов и подходов науки квалиметрии. К таким эффективным подходам квалиметрии относятся квалиметрическая оценка, квалиметрическое шкалирование, квалиметрическое моделирование, квалиметрическое прогнозирование [1,5]. В качестве решения сложившейся проблемы для научного обоснования мероприятий по минимизации рисков производства продуктов питания с несоответствиями нами предложено применение методов квалиметрии, в частности квалиметрии рисков, новые квалиметрические шкалы и элементы квалиметрического прогнозирования [5].

Цель и задачи исследований – разработка методологической основы оценки и прогнозирования технологических рисков при производстве пищевой продукции на базе применения квалиметрии рисков и матричных диаграмм.

Объекты и методы исследования. Объектами исследований являются технологические риски при производстве продуктов питания. В исследованиях использовались методы и инструменты качества: матричная диаграмма, элементы методологии QFD, метод Дельфи, экспертная квалиметрия.

Результаты и их обсуждение

Предлагаемые результаты исследования представляют собой развитие методологии квалиметрического прогнозирования качества и безопасности продукции и осмысление многолетнего опыта в сфере оценки и анализа причин возникновения технологических рисков и изучения факторов их формирования на всей цепочке прослеживаемости «от поля до прилавка», подбора наиболее эффективных инструментов их оценки и прогнозирования.

Основой для оценки, анализа и дальнейшего прогнозирования реализации технологического риска на всех этапах прослеживаемости (включая процессы формирования свойств сырья, производство готового продукта и товародвижения до конечного потребителя) является сбор и систематизация информации о номенклатуре субъектов влияния (сырьевых, рецептурных, производственных и послепроизводственных факторов), степени, механизме и условиях влияния на объект влияния (на риски возникновения несоответствий по отдельным показателям качества и безопасности, пороков органолептических свойств

сырья/полуфабриката/готового продукта) [4,5].

Таким инструментом, разработанным для оценки взаимосвязи и характеристики влияния одной группы показателей на другую, является один из семи новых инструментов качества – матричная диаграмма, разработанная К.Исикавой в середине прошлого века. В России также была предложена методика комплексной оценки технологических рисков производства молочных продуктов, предложенная Ивашкиным Ю. А [6].

Дальнейшее развитие под руководством профессора Дунченко Н.И. оценки технологических рисков [3,7-10] выявил необходимость разработки целого ряда различных матричных диаграмм (или информационно-матричных моделей) и формул оценки рисков и факторов в зависимости от применяемых видов квалиметрических шкал оценки. Так для в зависимости от задач исследований при оценке и прогнозировании технологических рисков можно разработать матричную диаграмму различного вида путем выбора вида квалиметрической шкалы: однополярная [5,7,9], биполярная [3,5,8,10], многополярная [5]. Базовым видом шкал для оценки технологических рисков является однополярная шкала, представляющая собой семантическое описание каждой реперной точки (количества баллов) на шкале, характеризующее степень влияния между фактором (субъектом) влияния и показателей продукции (объектом).

Применение любых видов однополярных шкал (вне зависимости от максимального количества баллов на шкале – m) подразумевает один тип матричной диаграммы. При использовании однополярной шкалы оценки интенсивности влияния фактора на риск, например, классическая шкала методологии матричных диаграмм (по шкале QFD: $\Delta - 1$, $o - 3$ и $\bullet - 9$ баллов) вид ИММ будет иметь вид, представленный в таблицах 1 и 2.

Сумма баллов при расчете значений комплексного показателя CB_n (OB_i) проводился по методологии QFD [5,7] как сумма произведений величины силы связи (по шкале QFD: $\Delta - 1$, $o - 3$ и $\bullet - 9$ баллов) и важности OB_i (CB_n).

Матричная диаграмма с применением классической шкалы QFD является информационной диаграммой, предполагающей также математические расчеты при оценке исследуемых объектов и субъектов влияния. Недостатком такой шкалы, а, следовательно, и такой матричной диаграммы, является низкая точность в учете степени связи между исследуемыми парами показателей (т.е. высокая погрешность), низкая информационная насыщенность, т.к. такая шкала предполагает только достаточно приближенную (грубую) оценку силы взаимосвязи.

Таблица 1

Вид матричной диаграммы оценки силы влияния субъектов (CB) влияния на объекты (OB) (с применением классической шкалы QFD)

Субъект влияния (CB)	Объект влияния (OB)				Сумма баллов (CB_{CB_i})	Показатель важности CB (SC_{CB_i}),	
	OB_1	OB_2	OB_3	OB_4		ед.	%
CB_1	Δ	\bullet		o	13	0,28	27,7
CB_2		\bullet	o	\bullet	21	0,45	44,7

CB_3	о				3	0,06	6,4
CB_4		•	Δ		10	0,21	21,3
Сумма баллов ($CB_{ОВi}$), балл	4	27	4	12	47	1,00	100
Показатель изменяемости ОВ под действием СВ ($И_{ОВi}$)	ед.	0,09	0,57	0,09	0,26	1,00	-
	%	8,5	57,4	8,5	25,5	100	-

Таблица 2

Вид матричной диаграммы оценки силы влияния субъектов влияния на объекты (с применением классической шкалы QFD) с учётом важности ОВ и СВ

Субъект влияния (СВ)	Значимость СВ (Z_i), балл	Объект влияния (ОВ)				Сумма баллов ($CB_{СВi}$) баллы	Показатель важности СВ ($С_{СВi}$),	
		$ОВ_1$	$ОВ_2$	$ОВ_3$	$ОВ_i$		ед.	%
Значимость ОВ (Z_i), балл		5	4	2	3	-	-	-
CB_1	5	Δ	•		о	26	0,18	17,6
CB_2	5		•	о	•	69	0,47	46,6
CB_3	3	о				15	0,10	10,1
CB_4	4		•	Δ		38	0,26	25,7
Сумма баллов ($CB_{ОВi}$), балл		14	126	19	60		1,00	100
Показатель изменяемости ОВ под действием СВ ($И_{ОВi}$)	ед.	0,06	0,58	0,09	0,27	1,00	-	-
	%	6,4	57,5	8,7	27,4	100	-	-

Предпочтительно применять много балловые семантические шкалы, позволяющие сделать более тонкой оценку и учет силы связи. Кроме того, в таком случае возможно использование нецелых чисел, более точно характеризующих силу взаимосвязи, которая, например, получена на основании экспериментальных данных или усредненной балловой оценки, данной привлекаемыми экспертами. В таком случае матричная диаграмма квалиметрического прогнозирования и прослеживаемости будет иметь вид, представленный в таблице 3.

Существенным недостатком использования однополярных шкал является то, что построенные с их применением матричные диаграммы позволяют идентифицировать и анализировать только количественную характеристику взаимосвязи (т.е. ее силу), и не дает возможность охарактеризовать и в дальнейшем учесть качество связи между субъектом и объектом влияния: однополярные шкалы могут описать, что, например, сильно или слабо изменится объект под влиянием субъекта, но могут отражать увеличение или уменьшение исследуемых свойств объекта. Для повышения информативности матричных диаграмм квалиметрического прогнозирования и прослеживаемости целесообразно применение биполярных или многополярных шкал, применение которых более трудоемко. Предложенные формы матричных диаграмм квалиметрического прогнозирования и прослеживаемости предполагают не только информационную, но также и математическую составляющую результатов исследований. В связи с чем, на базе квалиметрических методов нами предложены формулы расчета ключевых показателей, существенно повышающих информационную значимость результатов формирования матричных диаграмм.

Таблица 3

Вид матричной диаграммы оценки силы влияния субъектов влияния на объекты (с применением семантической линейной m -балловой шкалы)

Субъект влияния (СВ)	Объект влияния (ОВ)				Сумма баллов (СБ _{СВ}) баллы	Показатель важности СВ (S _{СВ}),	
	ОВ ₁	ОВ ₂	...	ОВ _i		ед.	%
Значимость ОВ (З _і), балл							
СВ ₁							
СВ ₂							
...							
СВ _і							
Сумма баллов (СБ _{ОВі}), балл							
Показатель изменяемости ОВ под действием СВ (И _{ОВі})	балл					-	-
	%					-	-

Показатель изменяемости каждого объекта влияния под действием субъекта влияния (И_{ОВі}), который характеризует степень изменчивости или чувствительности каждого объекта влияния (свойства, показателя, характеристики) к воздействию изучаемых субъектов влияния, т.е. на сколько данный объект влияния управляем этими субъектами, насколько он стабилен:

$$I_{OVi} = \frac{CB_{OVi}}{\sum_{j=1}^R CB_{Ovij}}, \quad (1)$$

где И_{ОВі} – показатель изменяемости i -ого объекта влияния под действием всех изучаемых субъектов влияния;

R – количество изучаемых объектов влияния;

СБ_{ОВі} – сумма баллов оценки влияния всех J субъектов на i -й объект влияния;

СБ_{ОВіj} – сумма баллов оценки влияния j -го субъекта на i -й объект влияния по всем J субъектам и R объектам влияния, определяется как (в случае использования только классической шкалы QFD – формула 2 и в случае использования дополнительно к классической шкале QFD коэффициентов, учитывающих значимость каждого субъекта влияния – формула 3, а значимость каждого объекта влияния – формула 4).

$$CB_{OVi} = \sum_{i=1}^N B_{Ovij}, \quad (2)$$

$$CB_{OVi} = \sum_{i=1}^N B_{Ovij} \times 3_j \quad \text{или} \quad CB_{OVi} = \sum_{i=1}^N B_{Ovij} 3_i, \quad (3,4)$$

где В_{ОВіj} – влияние j -го субъекта на i -й объект влияния (определяется преимущественно экспертным путем – опросом компетентных

экспертов с применением специально разработанных квалитметрических шкал в баллах);

Z_j – значимость (или возможность, желательность и др.) j -ого субъекта влияния, полученная экспертным путём с применением разработанных квалитметрических шкал;

Z_i – значимость (или вероятность возникновения, нежелательность и др.) i -ого объекта, полученная экспертным путём с применением квалитметрических шкал (например, матричных шкал);

J – количество изучаемых субъектов влияния.

Показатель важности (significance) каждого субъекта влияния на все исследуемые объекты влияния (S_{CBj}), который характеризует важность субъекта как инструмента влияния, управления и контроля на изучаемую совокупность объектов:

$$S_{CBj} = \frac{CB_{CBj}}{\sum_{i=1}^N CB_{CBij}}, \quad (5)$$

где S_{CBj} – показатель важности каждого j -го субъекта влияния на всё множество исследуемых объектов влияния R ;

CB_{CBj} – сумма баллов оценки влияния всех j -го субъекта на всё множество исследуемых объектов влияния R ;

CB_{CBij} – сумма баллов оценки влияния j -го субъекта на i -й объект влияния по всем N субъектам и R объектам влияния, определяется как (в случае использования только классической шкалы QFD – формула 6 и в случае использования дополнительно к классической шкале QFD коэффициентов, учитывающих значимость каждого субъекта влияния – формула 7).

$$CB_{CBi} = \sum_{j=1}^R B_{CBij} \quad \text{или} \quad CB_{CBi} = \sum_{j=1}^R B_{CBij} \times Z_i, \quad (6,7)$$

где B_{CBij} – влияние j -го субъекта на i -й объект влияния (определяется преимущественно экспертным путем – опросом компетентных экспертов с применением специально разработанных квалитметрических шкал в баллах);

Z_i – значимость (или возможность, желательность и др.) i -ого объекта влияния, полученная экспертным путём с применением разработанных квалитметрических шкал.

Комплексный показатель стабильности исследуемых объектов под действием исследуемых субъектов влияния ($K_{и}$), который характеризует степень стабильности, устойчивости (или, наоборот, изменчивости) исследуемой совокупности объектов исследования (т.е. явление, ситуация и др. как

совокупности объектов исследования) под действием исследуемого ряда субъектов влияния (факторов влияния) как, например, среднее арифметическое взвешенное:

$$K_u = \sum_{i=1}^R I_{OVi} \times P_i, \quad (8)$$

где K_u – показатель изменяемости стабильности исследуемой совокупности объектов под действием всех изучаемых субъектов влияния;

P_i – относительный показатель стабильности i -го объекта влияния, определяемый как отношение базового значения i -го объекта P_i^0 (в зависимости от задач проведения квалиметрической оценки и особенностей объектов исследования в качестве базового значения могут выступать желаемые, идеальные, перспективные, требуемые и др. значения – определяемые статистическими, экспериментальными, расчетными, документальными, экспертными или др. методами) к фактическому значению этого i -го объекта (P_i^Φ) в исследуемый период времени.

Предложенные формулы, виды матричных диаграмм и квалиметрических однополярных шкал имеют универсальный характер и могут быть использованы для оценки и прогнозирования влияния любых субъектов на объекты. Апробация предложенной методологической основы прогнозирования была успешно проведена как элемент квалиметрии рисков для оценки, описания и прогнозирования технологических рисков производства и реализации ряда молочных продуктов (йогурты, творог, йогуртные, творожные и сметанные продукты, сыры) с несоответствиями по показателям качества (идентификационные показатели качества продукции и возникновение пороков) и безопасности (нормируемые показатели безопасности) [3,7-9]. Обобщение полученного опыта применения различных видов матричных диаграмм, предполагающие использование однополярной шкалы, показал, что наиболее эффективным видом является матричная диаграмма, представленная в таблице 3.

Нами разработаны информационно-матричные модели прогнозирования и оценки формирования технологических рисков (несоответствия продукции требованиям качества и безопасности и отсутствия пороков) под влиянием сырьевых, рецептурных, производственных и послепроизводственных факторов, т.е. на всех этапах прослеживаемости «от поля до прилавка». В таблице 4 в качестве примера приведен фрагмент информационно-матричной модели прогнозирования и оценки влияния производственных факторов на риски возникновения несоответствий йогурта с функциональными пищевыми ингредиентами (ФПИ) по нормируемым показателям безопасности.

При квалиметрическом прогнозировании суммарного влияния всех факторов на технологический риск (вид несоответствия требованиям) выступает показатель изменяемости каждого объекта влияния под действием субъекта

влияния ($I_{Oвi}$), определяемый по формуле 1.

Таблица 4

Информационно-матричная модель прогнозирования влияния факторов на риски возникновения несоответствий йогурта с ФПИ (фрагмент)

Группа факторов	Факторы, влияющие на технологические риски (субъекты влияния: технологически е операции)	Технологические риски возникновения несоответствий продукции по безопасности (объекты влияния)	Физико-химические риски безопасности										Микробиологические риски безопасности			Показатели владности факторов (субъектов влияния, Sвij)		
			Содержание антибиотиков: левомицетин, тетрациклиновая группа, стрептомицин, пенициллин	Содержание токсичных элементов (свинец, мышьяк, ртуть, кадмий, железо, медь)	Содержание микотоксинов (флюксоси MI)	Содержание пестицидов (ГХНГ, ДДТ и его метаболиты)	Присутствие посторонних предметов	Содержание радионуклидов (сезий-137, стронций-90)	БГКП (колиформы)	Патогенные микроорганизмы в т.ч. сальмонеллы	Стафилококки S. aureus	Дрожжи, плесени	Сумма баллов с учетом значимости риска (Sвij)	ед.	%			
Нежелательность возникновения несоответствий по безопасности (Значимость объекта влияния, Zi)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-
Производственные факторы	Приемка молока	Температура	13	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	15	0,007	0,748
		Продолжительность	14	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	15	0,007	0,748
	Очистка молока	Температура	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0,002	0,249	
		Продолжительность	16	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	20	0,010	0,998	
	Охлаждение и промежуточное хранение	Температура	17	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	20	0,010	0,998	
		Массовая доля жира	18	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	15	0,007	0,748	
	Нормализация	Температура	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0
		Давление	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0
	Пастеризация	Продолжительность	21	2	0	0	0	0	0	0	5	5	5	3	100	0,050	4,988	
		Температура нагрева	22	1	0	0	0	0	0	0	5	5	5	3	95	0,047	4,738	
	Охлаждение молока	Температура	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0
		Продолжительность перемешивания	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0
	Заквашивание	Температура	25	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	20	0,010	0,998	
		Продолжительность	26	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	30	0,015	1,496	
	Сквашивание	Температура	27	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	20	0,010	0,998	
		Кислотность	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,002	0,249	
	Охлаждение	Температура	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0
		Внесение ФПИ	30	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	25	0,012	1,247	
	Составление смеси по рецептуре	Внесение фруктового/ягодного наполнителя	31	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	25	0,012	1,247	
		Продолжительность перемешивания	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0	
Фильтрация, маркировка, доосладжение	Температура	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25	0,012	1,247		
	Продолжительность	34	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5	40	0,020	1,995		
Хранение	Температура	35	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	5	50	0,025	2,494		
	Продолжительность	36	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	40	0,020	1,995		
Сумма баллов с учетом значимости риска (Sвij)			60	180	125	85	230	120	275	180	190	560	2009	1,000	100%			
Суммарное влияние всех факторов на технологический риск (Iовi)			балл	0,03	0,09	0,06	0,04	0,11	0,06	0,14	0,09	0,09	0,28	1,00				
			%	2,99	8,98	6,23	4,24	11,47	5,99	13,72	8,98	9,48	27,93	100%				

Он показывает управляемость (лабильность, чуткость) данного показателя (риска) к влиянию исследуемых факторов. Сумма баллов оценки влияния всех технологических режимов на каждый технологический риск ($S_{Oвij}$) определялась по формуле 4.

Установлено, что наиболее высокая управляемость ($I_{Oвi}$) наблюдается у всех микробиологических рисков возникновения несоответствия йогурта по безопасности (дрожжи, плесени – 27,93 %, БГКП – 13,72 %, стафилококки S. aureus – 9,48 % и патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы – 8,98 %), а также присутствие посторонних предметов (11,47 %) и содержание токсичных элементов (8,98 %). Необходимо отметить, что наименьшая управляемость наблюдалась у рисков несоответствия йогуртов по содержанию антибиотиков: левомицетин, тетрациклиновая группа, стрептомицин, пенициллин (2,99 %), содержанию пестицидов (4,24 %), содержанию радионуклидов (5,99 %) и

содержанию микотоксинов (6,23 %), что указывает на низкое влияние совокупности факторов на риски. Т.о. управление этими рисками должно осуществляться преимущественно путем организации контроля поступающего сырья и оценки рисков контаминации продукции в системе прослеживаемости.

Показатели важности факторов (S_{CBj}) влияющих на безопасность йогуртов рассчитывали, как показатель важности (significance) с использованием формул 5 и 6.

Выводы. Полученные данные позволяют разрабатывать инструменты по эффективному управлению технологическими рисками, в т.ч. при определении ККТ. В частности, согласно данным рисунка 4, высокие значения показателей важности факторов (S_{CBj}) показывает, что такие технологические факторы оказывают сильное воздействие на безопасность продукции: 1) пастеризация, 2) сквашивание, 3) составление по рецептуре, 4) фасовка, маркировка и доохлаждение 5) хранение готового йогурта могут рассматриваться как критически важные операции при обеспечении безопасности продукции – ККТ.

Полученные данные позволяют повысить информированность и изученность процессов формирования технологических рисков (в частности, по безопасности) при установлении (в т.ч. обосновании) ККТ.

Библиографический список

1. Food quality management based on qualimetric methods / V. Yankovskaya, N. Dunchenko, D. Artykova, M. Ginzburg, K. Mikhaylova, E. Voloshina // Proceedings of the 9th International Scientific Conference Rural Development 2019, edited by prof. Asta Raupelienė. – 2019. – P. 93-97.

2. Dunchenko N.I. A design of the quality control and safety mechanism for convenience meat products / N.I. Dunchenko, E.S. Voloshina, S.V. Kuptsova, V.S. Yankovskaya, K.V. Mikhaylova // Proceedings of Agricultural Raw Materials 26-29 February 2020, Voronezh, Russian Federation IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science, 2021. – Vol. 640. 032008

3. Михайлова, К.В. Исследование причин возникновения несоответствий показателей качества при обращении полутвердых сыров в системе прослеживаемости: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2021. – 214 с.

4. Анализ причин несоответствий продукции установленным нормам / В.С. Янковская, Н.И. Дунченко, К.В. Михайлова, Л.Н. Маницкая // Сыроделие и маслоделие, 2021. – № 5. – С. 10-12.

5. Янковская, В. С. Научное обоснование методологии оценки, прогнозирования и прослеживаемости качества // Качество бытия человека: пути развития и прогнозирования. – Москва : «Принт24», 2020. – С. 139-166.

6. Ивашкин, Ю.А. Математическая модель процесса формирования качества мясных и молочных продуктов / Ю.А. Ивашкин, И.И. Протопопов // Основные направления применения микропроцессорных средств и мини-ЭВМ в мясной и молочной промышленности. – М., 1983. – С. 100-102.

7. Янковская, В.С. Разработка квалиметрической модели прогнозирования показателей качества и безопасности творожных продуктов : автореф. дис. ...

канд. техн. наук. – М.: ООО «Полисувенир», 2008. – 22 с.

8. Денисов, С.В. Разработка новых видов сливочного масла на основе изучения процессов формирования, изменения и прослеживаемости показателей безопасности и качества: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: ГОУ ВО МО «ГСГУ», 2018. – 22 с.

9. Кущёв, С.Н. Разработка методики оценки технологических рисков при производстве йогуртовых продуктов: дис. ... канд. техн. науки: 05.02.23. – Москва, 2009. – 146 с.

10. Dunchenko, N.I. Quality designing and food safety provisioning based on qualimetric forecasting / N.I. Dunchenko, V.S. Yankovskaya, E.S. Voloshina, M.A. Ginzburg, A.S. Kupriy // Food Science and Technology (Brazil), 2022, 42, e112021.

FORMATION OF A METHODOLOGICAL BASIS FOR FORECASTING TECHNOLOGICAL RISKS IN FOOD PRODUCTION

***Yankovskaya V.S.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Head of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: vs3110@rgau-msha.ru*

***Dunchenko N.I.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: ndunchenko@rgau-msha.ru*

***Voloshina E.S.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Head of the Department of Quality Management and Commodity Science of Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: voloshina@rgau-msha.ru*

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

***Annotation:** To increase the objectivity of expert assessments of technological risk management and the development of measures to minimize the risks of food production with inconsistencies, a methodological framework is proposed that includes the principles of risk qualimetry, qualimetric scales and elements of qualimetric forecasting using matrix diagrams. The presented results are the result of systematization and analysis of 15 years of research experience in the field of qualimetric forecasting of food quality and safety indicators. The data on forecasting technological risks in the production of yogurt with functional food ingredients are presented and approaches to managing technological risks are substantiated.*

***Key words:** risk qualimetry, forecasting, technological risks, product quality, product safety.*

СОДЕРЖАНИЕ

Трухачёв Владимир Иванович, Дунченко Нина Ивановна, Янковская Валентина Сергеевна, Купцова Светлана Вячеславовна, Гинзбург Марина Александровна МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАПРАВЛЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СТРУКТУРИРОВАННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	3
Просин Максим Валерьевич, Бородулин Дмитрий Михайлович, Макаров Сергей Сергеевич, Чудецкий Антон Игоревич, Нугманов Альберт Хамед-Харисович СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ И ЕГО АППАРАТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАЗЛИЧНОГО ВИДА ВИСКАРНОЙ ПРОДУКЦИИ	13
Бредихин Сергей Алексеевич, Андреев Владимир Николаевич ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	23
Волошина Елена Сергеевна, Дунченко Нина Ивановна РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА БАЗЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА	32
Гиро Татьяна Михайловна, Корневская Полина Александровна, Казакова Екатерина Владимировна СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МЕТОДОВ РИТУАЛЬНОГО УБОЯ НА ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	42
Доня Денис Викторович, Попов Анатолий Михайлович, Бородулин Дмитрий Михайлович РЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСТРУЗИИ В ОДНОШНЕКОВОМ ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРЕ	54
Дубровская Ирина Александровна, Бутина Елена Александровна, Герасименко Евгений Олегович, Жданов Дмитрий Дмитриевич НОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПОДСОЛНЕЧНЫХ МАСЕЛ	62
Евдокимов Никита Сергеевич, Евдокимова Оксана Валерьевна, Иванова Тамара Николаевна, Лазарева Татьяна Николаевна, Симоненкова Анна Павловна К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАГОТОВОК ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	76

Максименко Юрий Александрович, Свирина Светлана Алексеевна, Соколова Екатерина Владимировна, Коннова Ольга Ивановна	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ И РЕЖИМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА КОРНЯ СОЛОДКИ	84
Михайлова Кермен Владимировна, Одинцова Арина Александровна, Харитоновна Полина Сергеевна	
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЗАИМОСВЯЗИ ФАКТОРОВ, ФОРМИРУЮЩИХ И ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ И ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ БРАКА ПОЛУТВЕРДЫХ СЫРОВ	91
Неповинных Наталия Владимировна	
БИГЕЛИ КАК НОВЫЕ ДВУХФАЗНЫЕ СИСТЕМЫ: СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	100
Романенко Сергей Павлович, Рождественская Лада Николаевна, Мусина Ольга Николаевна, Лачугин Алексей Павлович	
ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ АРКТИЧЕСКИХ РАЦИОНОВ	110
Улитина Елизавета Андреевна, Тихонов Сергей Леонидович, Тихонова Наталья Валерьевна	
АНТИМИКРОБНЫЙ ПЕПТИД КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ИНГРЕДИЕНТ ПИЩЕВОЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ	120
Устинова Юлия Владиславовна, Бородулин Дмитрий Михайлович, Мяснищева Нина Викторовна, Сычев Роман Витальевич	
ЭКОЛОГИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СЫВОРОТКИ	129
Шафрай Антон Валерьевич, Попов Анатолий Михайлович, Плотников Константин Борисович, Косинов Виталий Сергеевич, Плотникова Ирина Олеговна	
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКТОВ НА ПРИМЕРЕ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ	139
Щетинин Михаил Павлович, Сидорова Елена Сергеевна, Щетинина Елена Михайловна	
ИЗУЧЕНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ВИНОГРАДА ПО СОДЕРЖАНИЮ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	155
Янковская Валентина Сергеевна, Дунченко Нина Ивановна, Волошина Елена Сергеевна	
ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ	163

«Пищевая индустрия: инновационные процессы, продукты и технологии»

**МОНОГРАФИЯ,
посвящённая 20 –летию Технологического института
под общей редакцией
Академика РАН Трухачёва В.И.**

Материалы публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 16.05.2024 г.
Усл. печ.л. 11. Тираж 100 экз. Заказ №30780.

Отпечатано в типографии «OneBook.ru»
ООО «Сам Полиграфист»
129090 г. Москва, Протопоповский пер., 6
www.onebook.ru