

УДК 664.8:634.1

Получение функциональных пищевых добавок при комплексной переработке фруктов и овощей пониженного качества с применением методов биотехнологии

В. А. Карлов*, А. А. Гольбрайх, О. Я. Мезенова

*Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия;
e-mail: vaden1410@mail.ru

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
01.04.2024;

получена
после доработки
20.05.2024;

принята
к публикации
22.05.2024

Ключевые слова:

фрукты и овощи
пониженного качества,
комплексная переработка,
ферментативный
гидролиз, карбогидразы,
пищевые добавки,
функциональный
пищевой ингредиент,
функциональный
пищевой продукт,
специализированное
питание

Актуальность переработки фруктов и овощей пониженного по внешним признакам качества обусловлена их объемами в перерабатывающей промышленности и торговых сетях, а также высоким биопотенциалом. Целью исследования являлось обоснование комплексной переработки такого сырья с получением пищевых добавок, содержащих натуральные биологически активные компоненты, и оценка их пищевой функциональности. В экспериментах использовали яблоки, бананы, апельсины, картофель, морковь, помидоры и огурцы, не соответствующие по показателям свежести ГОСТ 57976-2017, но без признаков микробной порчи. Из данного сырья были составлены три вида экспериментальных смесей – фруктовая, овощная и фруктово-овощная. Ключевой операцией переработки являлся ферментативный гидролиз смесей различными карбогидразами (целлюлаза, β -глюканаза, амилаза и глюкоамилаза). Гидролизованные смеси фракционировали с последующим обезвоживанием фракций и получением водорастворимых и водонерастворимых порошкообразных добавок. В процессе ферментации исследовали накопление простых сахаров, сухих веществ, выход готовых продуктов. Наибольшие концентрации сахаров установлены в водорастворимых фракциях из фруктовых смесей. В полученных добавках из трех видов смесей изучали органолептические показатели, химический состав, содержание функциональных пищевых ингредиентов – витамина С, веществ с Р-витаминной активностью, пищевых волокон. Установлен по ИК-спектрам качественный состав пищевых волокон и других полисахаридов в водонерастворимой добавке. С учетом полученных данных проведены расчеты удовлетворения суточных физиологических потребностей в установленных БАВ при употреблении 100 г добавок для обычных людей и спортсменов. Рекомендовано применение добавок в качестве обогащающих агентов функционального назначения в специализированном питании антиоксидантного, иммуномодулирующего и пребиотического направлений, в том числе в составе БАД для спортсменов.

Для цитирования

Карлов В. А. и др. Получение функциональных пищевых добавок при комплексной переработке фруктов и овощей пониженного качества с применением методов биотехнологии. Вестник МГТУ. 2024. Т. 27, № 3. С. 302–315. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-3-302-315>.

Producing food supplements by complex processing of fruits and vegetables of reduced quality using biotechnology methods

Vadim A. Karlov*, Anna A. Golbraikh, Olga Ya. Mezenova

*Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia;
e-mail: vaden1410@mail.ru

Article info

Received
01.04.2024;

received
in revised form
20.05.2024;

accepted
22.05.2024

Key words:

substandard fruit
and vegetables,
complex processing,
enzymatic hydrolysis,
carbohydrases,
food supplements,
function food product,
specialized nutrition

Abstract

The actuality of processing of substandard by external signs fruit and vegetables is caused by their higher volumes in the processing industry and retail chains, and additionally by their high biopotentials. The aim of research is to ground complex processing of such raw materials to obtain food supplements containing natural biologically active components, and assessment of their nutritional functionality. The experiments used apples, bananas, oranges, potatoes, carrots, tomatoes and cucumbers that did not meet the freshness criteria of GOST 57976-2017, but without any signs of microbial damage. Three types of experimental mixtures were made from this raw material: fruit, vegetable and fruit-vegetable. The key processing operation was the enzymatic hydrolysis of the mixtures with various carbohydrases (cellulase, β -glucanase, amylase and glucoamylase). The hydrolyzed mixtures were fractionated, followed by dehydration of the fractions to obtain water-soluble and water-insoluble powder supplements. During the fermentation process, the accumulation of simple sugars, dry substances in water-soluble fractions, and the yield of finished products were studied. The highest concentrations of sugars are found in water-soluble fractions from fruit mixtures. In the resulting supplements from three types of mixtures, organoleptic characteristics, chemical composition, and the content of functional food ingredients – vitamin C, substances with P-vitamin activity, and dietary fiber have been studied. The qualitative composition of dietary fiber and other polysaccharides in a water-insoluble supplement has been established using IR-spectra. Taking into account the obtained data, calculations have been made to satisfy the daily physiological needs for established biologically active substances when consuming 100 g of supplements for ordinary people and athletes. It is recommended to use supplements as enriching agents for functional purposes in specialized antioxidant, immunomodulatory and prebiotic nutrition, including as part of dietary supplements for athletes.

For citation

Karlov, V. A. et al. 2024. Producing food supplements by complex processing of fruits and vegetables of reduced quality using biotechnology methods. *Vestnik of MSTU*, 27(3), pp. 302–315. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-3-302-315>.

Введение

Одной из актуальных проблем современной пищевой промышленности является переработка фруктов и овощей пониженного качества (далее – ФРОВПК), которые отличаются проявлением таких дефектов, как нестандартные форма, размер и цвет, увядание и старение, помятости, порезы, нарушение целостности упаковки и другие возможные дефекты. Подобное сырье уже не соответствует требованиям нормативных документов (ГОСТ 57976-2017¹) и по действующему законодательству и санитарным нормам должно быть утилизировано² (СП 2.3.6.3668-20). Однако данное сырье имеет ценный химический состав, характерный для растительного сырья. При этом, как уже писалось выше, в современных реалиях в торговых сетях большая часть подобной продукции идет на утилизацию (Дубцов, 2012; Bancal et al., 2022).

Средний объем продовольственных отходов в мире, по данным на 2023 г., составляет – 1,3 млрд т, что соответствует примерно трети всего произведенного продовольствия (Earth. org 2023³). На территории нашей страны количество подобных отходов составляет порядка 17 млн т (Волкова, 2018). При этом на долю фруктов и овощей в развивающихся странах приходится от 24 до 40 % (Golshan et al., 2017). Если учитывать все возможные потери, образующиеся с момента производства до реализации, объем утилизируемой растительной биомассы может достигать 42 млн т в год. На долю фруктов и овощей в этом объеме в среднем приходится до 45 %.

Фрукты и овощи (ФРОВ) – это важная и незаменимая составляющая здорового питания. При систематическом употреблении в пищу биологически активных веществ (БАВ), входящих в их состав, можно отметить такие биологические эффекты, как иммуномодулирующее, антиоксидантное, кардиопротекторное и другие (Сбитнева, 2019). Состав подобного сырья разнообразен, ФРОВ богаты различными макро- и микроэлементами: витамины (А, группы В, С, Е, К, РР и др.), минеральные вещества (Na, K, Ca, Cu, Fe, Mg и др.), а также многие минорные компоненты, обладающие функциональным эффектом (органические кислоты, биофлавоноиды, индолные соединения, биогенные амины и др.) (Шевякова и др., 2014).

Следует учитывать, что данное сырье относится к скоропортящемуся, поскольку содержит повышенное количество воды и углеводов (Fabunmi et al., 2015). Потерявшие свежесть ФРОВ уже не подлежат реализации в торговой сети и направляются на утилизацию. При этом признаки микробиологической порчи (гниения, плесневения и т. д.), при которых продукция перестает быть безопасной, еще не наблюдаются. На самых ранних сроках (незаметные потемнения, битости и небольшая потеря упругости) подобное сырье еще можно реализовать по сниженным ценам, однако это требует тщательного отбора и контроля состояния продукции. Частично некондиционные ФРОВ идут на вторичное использование – изготовление джемов, повидла, варенья; незначительная часть направляется в агросектор в качестве добавок в комбикорма для сельскохозяйственных животных или для получения органических удобрений (Ажгиревич и др., 2022).

Еще одним направлением использования ФРОВПК является приготовление питательного субстрата для разведения полезных насекомых и микроорганизмов, но данные технологии специфичны и определяются требованиями заданного продукта (Шайхиев и др., 2020; Способ..., 2022). Еще один способ использования ФРОВ пониженного качества – кормовое сырье для различных животных (Искусственные..., 2021). В большинстве своем подобные отходы подвергаются захоронению или сжиганию на специальных или неофициальных полигонах, и только небольшое их количество (от 6 до 15 % – в зависимости от вида сырья, производства, региона) идет на переработку (Валева и др., 2021; Березенко и др., 2018; Ким и др., 2020). При этом данное сырье практически не используется для получения пищевых или биологически активных добавок.

Следует отметить, что существующие методы утилизации (захоронение, сжигание) некондиционного продовольственного сырья представляют серьезную опасность для экологии, а также требуют значительных экономических и территориальных затрат. При захоронении растительного сырья под действием специфических микроорганизмов, происходит его деградация без доступа кислорода, что приводит к повышенному газообразованию. Выделяющиеся газы (метан 40–70 %; диоксид углерода 30–60 %; оксиды азота, серы и другие) отравляют воздух, почву и сточные воды (Колесников, 2023). При аэробном сжигании отходов также образуются ядовитые и парниковые газы, нарушающие экологию (Капитонов и др., 2023).

В настоящее время ведутся активные исследования по разработке различных технологий переработки ФРОВ пониженного качества (Комплекс..., 2018; Метод..., 2015), но среди подобных работ практически нет исследований по получению пищевых добавок функционального назначения.

¹ Информация о нормативных актах и ГОСТах представлена в Приложении.

² Об отходах производства и потребления : Федеральный закон РФ от 24.06.1998 № 89-ФЗ (последняя редакция). [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-поиск. системы "Консультант Плюс".

³ Earth.org. 2023: 20 Facts about food waste [website]. URL: <https://earth.org/facts-about-food-waste> (accessed 27.02.24).

Отдельно стоит отметить получение биогаза из ФРОВ пониженного качества. Для этого применяются анаэробная ферментация, электроферментация, технологии микробных топливных элементов и др. (Потороко и др., 2021; Кадысева и др., 2021), что позволяют получать продукты с добавленной стоимостью и решить некоторые проблемы с растительными отходами. Но данные технологии требуют специального оборудования и специфического микробиологического сообщества, что пока ограничено предлагается промышленностью.

Представляют интерес технологии глубокой переработки растительного сырья пониженного качества с получением фруктовых или овощных порошков, пюре, паст и соусов, что позволяет минимизировать потери от снижения качества ФРОВ. Однако такая переработка не позволяет полностью сохранять биопотенциал сырья, поскольку при тонком измельчении и высоких температурах теряется много тканевого сока, при этом получение порошков обезвоживанием растительной массы сопровождается ее пластификацией и требует индивидуальных режимов (Способ..., 2014; Неменуцкая и др., 2009).

Целью работы является получение из некондиционных по внешним признакам фруктов и овощей натуральных пищевых добавок с высоким биопотенциалом при их комплексной безотходной переработке с применением ферментативного гидролиза.

Для достижения цели выполнялись следующие задачи: обоснование выбора сырья пониженного качества, актуального для торговых сетей Калининградского региона; изучение его химического состава; исследование ферментативного гидролиза смесей из ФРОВПК с применением карбоксигидраз; фракционирование и обезвоживание гидролизованной смеси с получением водорастворимой и водонерастворимой добавок; исследование их биопотенциала и обоснование рациональных направлений использования.

Материалы и методы

В проводимых исследованиях использовались фрукты и овощи с признаками внешней некондиционности, полученные в торговых сетях Калининградской области и г. Калининград (ООО "SPAR", ООО "Виктория"). В качестве фруктов использовали яблоки, бананы и апельсины, овощи – картофель, огурцы, помидоры и морковь. Главной причиной выбора подобного сырья являлась потребительская популярность и доступность как на территории Калининградской области, так и на территории России в целом (Ибрашева и др., 2023). Данные ФРОВ имели внешние признаки потери свежести и товарного вида (вмятины, трещины, морщинистость), однако у них отсутствовала признаки микробной порчи (потемневшие пятна, некоторая помятость, посторонний и/или неприятный запах).

В качестве основной операции при комплексной переработке ФРОВПК использовали ферментативную обработку с применением специфических карбогидраз: целлюлаза (ОАО "Биопрепарат"), β -глюканаза (ООО "Микробиопром"), амилаза (амилосубтилин) и глюкоамилаза (глюкаваморин) (ПО "Сиббиофарм"). Характеристика ферментов представлена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика ферментов, использованных для гидролиза сырья
Table 1. Characteristics of enzymes used for raw material hydrolysis

Фермент	Целлюлаза	β -глюканаза	Амилосубтилин БН	Глюкаваморин
Активность	4 000 ед./мл	10 000 ед./мл	Не менее 1 500 ед./г	6 000 ед./мл
Оптимум рН	4,0–7,0	4,0–5,0	5,0–7,5	4,0–5,0
Оптимум температуры, °С	50–65	65–70	60–70	55–65

Пищевые добавки из фруктов и овощей пониженного качества перерабатывали согласно приведенной на рис. 1 схеме.

На начальном этапе ФРОВПК (яблоки, бананы, апельсины, картофель, морковь, помидоры и огурцы) измельчали с получением биомассы, включающей кожуру, семена, пластинки и косточки. Параллельно производилось взвешивание ферментов и подготовка воды с температурой 60 °С. Ферменты предварительно разбавлялись в небольшом количестве подготовленной теплой воды, а после вносились в смеси, составы которых приведены в табл. 2.

Контроль кислотности (рН) полученных смесей осуществлялся на рН-метре МТ Measurement PH100В. Исходные значения рН смесей входили в значения оптимумов ферментов: фруктовая смесь – $4,7 \pm 0,1$; овощная смесь – $5,1 \pm 0,1$; фруктово-овощная смесь – $4,9 \pm 0,1$.

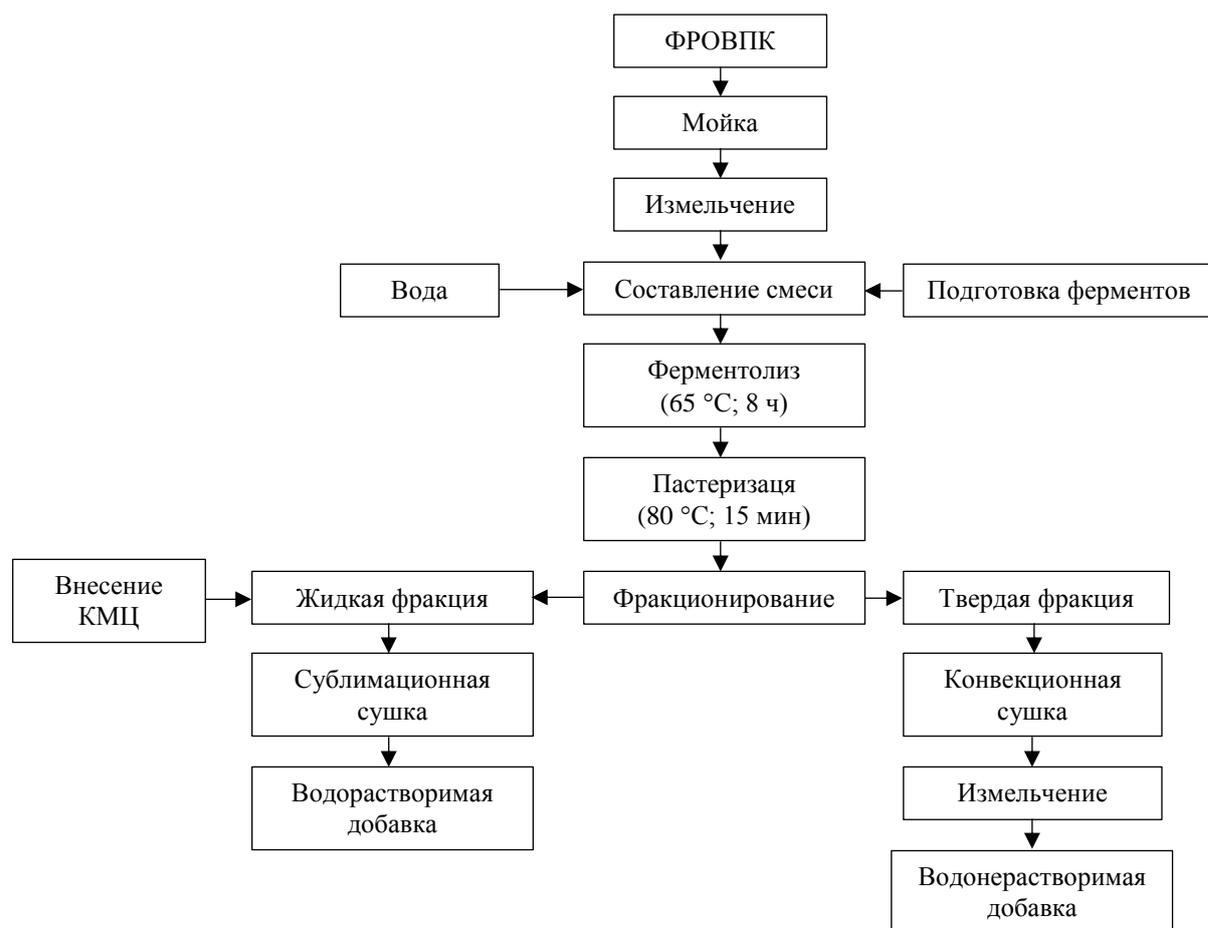


Рис. 1. Схема получения пищевых добавок при комплексной переработке ФРОВПК
 Fig. 1. Scheme of obtaining food supplements during the complex processing of substandard fruits and vegetables

Таблица 2. Состав ферментируемых смесей
 Table 2. Composition of enzymatic mixtures

Компонент	Фруктовая смесь	Овощная смесь	Фруктово-овощная смесь
Яблоки, г	125	–	70
Бананы, г	65,5	–	70
Апельсины, г	62,5	–	70
Картофель, г	–	125	52,5
Огурцы, г	–	42	52,5
Помидоры, г	–	42	52,5
Морковь, г	–	42	52,5
Вода, мл	250	250	420
β-глюканаза, %	1,0	–	1,0
Целлюлаза, %	1,0	–	1,0
Амилосубтилин, %	–	0,07	0,035
Глюкаваморин, %	–	0,17	0,1

Ферменты для смесей выбирались с учетом состава и структуры сырья: фрукты содержат много целлюлозы в клеточных стенках и кожуре, эффективно разлагаемые β-глюканазой и целлюлазой; при этом овощные смеси богаты крахмалом, для его расщепления предпочтительны амилаза и глюкоамилаза; в смесях фруктов и овощей есть все вышеперечисленные компоненты, поэтому применяется сочетание всех указанных ферментов.

Процесс ферментативного гидролиза проводили при температуре 65 °C в течение 8 ч при постоянном перемешивании смеси. Для осуществления процесса использовался шейкер с возможностью контроля температуры и скорости вращения платформы.

В процессе ферментализации каждые 2 ч отбирали пробы, в которых определяли содержание растворимых сахаров рефрактометрическим методом с применением рефрактометра АТС-40.

По окончании процесса образцы смеси переносили на водяную баню и нагревали до 80° в течение 15 мин для пастеризации смесей и инактивации ферментов. Далее смеси фракционировались центрифугированием (3900 об/мин; 10 мин), при этом наблюдалась их хорошее разделение на жидкую и осадочную фракции. В жидкой части после очистки определяли содержание сухих веществ с применением анализатора влажности OHAUS MB23, после чего ее направляли на обезвоживание.

Осадочную фракцию подвергали конвекционной сушке при температуре 55°, после чего измельчали на измельчителе High Speed Multifunction Grinder Machine. В полученном мелкодисперсном порошке определяли содержание влаги по ГОСТ 28561-90, содержание аскорбиновой кислоты – йодометрическим методом согласно ГОСТ 4815-76, веществ с Р-витаминной активностью – пермарганатометрическим методом (Степанцова, 2023), минеральных веществ – с помощью определения золы по ГОСТ 25555.4-91, пектиновых веществ – модифицированным методом (Ключко, 2017), пищевых волокон – с применением инфракрасной спектроскопии на ИК-Фурье-спектрометре ФТ-801 с обработкой спектров в программе ZaiR 3.5 (Казаченко, 2019).

Перед обезвоживанием жидкой фракции к ней добавляли карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) в количестве 2 % при предварительном нагреве на водяной бане до температуры 50°. Внесение КМЦ обосновано необходимостью повышения адгезионно-когезионной способности жидкой фракции и улучшения ее обезвоживания при последующей сублимационной сушке, которую проводили на установке Martin Christ Alpha1-2 LDplus (температура –55 °С). В итоге получали водорастворимую добавку в форме тонкодисперсного порошка.

В полученных добавках определяли органолептические показатели описательным методом (ГОСТ 8756.1-2017).

Результаты и обсуждение

Первичный анализ биопотенциала по химическому составу и содержанию БАВ использованных ФРОВПК проводили на основе литературных и справочных данных (табл. 3).

Таблица 3. Химический состав и биопотенциал некондиционных фруктов и овощей и их смесей (г на 100 г) (Химический..., 2002)
Table 3. Chemical composition and biopotential of substandard fruits and vegetables and their mixes (g per 100 g) (Chemical..., 2002)

Содержание	Яблоки	Бананы	Апельсины	Картофель	Огурцы	Помидоры	Морковь
Вода, г	86,3	74,0	86,8	78,6	95,0	92,0	88,0
Белки, г	0,4	1,5	0,9	2,0	0,8	1,1	1,3
Жиры, г	0,4	0,5	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1
Углеводы, г	9,8	21,0	8,1	16,3	2,5	3,8	6,9
Моно- и дисахариды, г	9,0	19,0	8,1	1,3	2,4	3,5	6,7
Крахмал, г	0,8	2,0	–	15,0	0,1	0,3	0,2
Пищевые волокна, г	1,8	1,7	2,2	1,4	1,0	1,4	2,4
Органические кислоты, г	0,8	0,4	1,3	0,2	0,1	0,8	0,3
Зола, г	0,5	0,9	0,5	1,1	0,5	0,7	1,0
Витамины							
А, мкг	–	–	–	–	–	–	–
β-каротин, мг/мкг ¹	30	120	50	20	20	800	12000
В ₁ , мг	0,03	0,04	0,04	0,12	0,03	0,06	0,06
В ₂ , мг	0,02	0,05	0,03	0,07	0,02	0,04	0,07
РР, мг	0,3	0,6	0,2	1,3	0,2	0,5	1,0
С, мг	10,0	10,0	60,0	20,0	7,0	25,0	5,0
Е, мг	0,2	0,4	0,2	0,12	0,1	0,7	0,4
Минеральные вещества							
Na, мг	26	31	13	5	8	3	21
K, мг	278	348	197	568	141	290	200
Ca, мг	16	8	34	10	23	14	27
Mg, мг	9	42	13	23	14	20	38
P, мг	11	28	23	58	42	26	55
Fe, мкг/мг ²	2,2	0,6	0,3	0,9	0,6	0,9	0,7

Примечание. 1 – содержание для овощей представлено в мкг; 2 – содержание для фруктов представлено в мкг.

Из данных табл. 3 видно, что исходное растительное сырье отличается высоким содержанием углеводов (фрукты: бананы – 21 г/100 г; овощи: картофель – 16,3 г/100 г), богато различными витаминами – А, группы В, С и Е; микроэлементами – К, Na, P, Mg и Fe.

Известно, что при ферментации значительная часть биологически активных веществ сохраняет свою химическую природу и биологические эффекты. Поэтому в результатах исходили из базовой научной гипотезы, что обе получаемые добавки будут содержать БАВы в повышенном (концентрированном) количестве, распределяясь между фракциями в зависимости от растворимости образующихся веществ.

Таким образом предполагали в водорастворимой добавке повышенное количество моно-, ди- и олигосахаров, минеральных веществ и водорастворимых витаминов. В осадочной водорастворимой фракции потенциально должны содержаться пищевые волокна, а также ряд витаминов, минеральных и других биологически активных соединений.

Общий химический состав композиций ФРОВПК, использованных в эксперименте, приведен в табл. 4.

Таблица 4. Содержание макронутриентов в растительных композициях из исследованных ФРОВПК, %

Table 4. The content of proteins, fats and carbohydrates in plant compositions in the studied substandard fruit and vegetables, %

Содержание	Фруктовая смесь	Овощная смесь	Фруктово-овощная смесь
Вода	83,3	85,9	85,7
Белки	0,8	1,4	1,1
Жиры	0,3	0,2	0,2
Углеводы	12,2	9,7	10,2
Пищевые волокна	1,1	0,9	1,0
Пектиновые вещества	0,9	0,4	0,6
Минеральные вещества	1,4	1,5	1,2

Из данных в табл. 4 можно видеть, что растительные композиции содержат много воды, в них мало белка и жира, они богаты углеводами и минеральными веществами. Фруктово-овощная и фруктовая смеси имеют наиболее высокое содержание углеводов (10,2 и 12,2 % соответственно), в основном представленных моно-, ди- и олигосахаридами, в них также несколько повышено содержание пищевых волокон (1,6 и 2,0 %), представленных пектином и целлюлозой (*Химический...*, 2002).

В процессе ферментативной обработки под действием карбогидраз происходило количественное накопление простых сахаров, образующихся из углеводов растительных смесей. Динамика накопления водорастворимых сахаров в ферментируемых смесях ФРОВПК представлена на рис. 2.

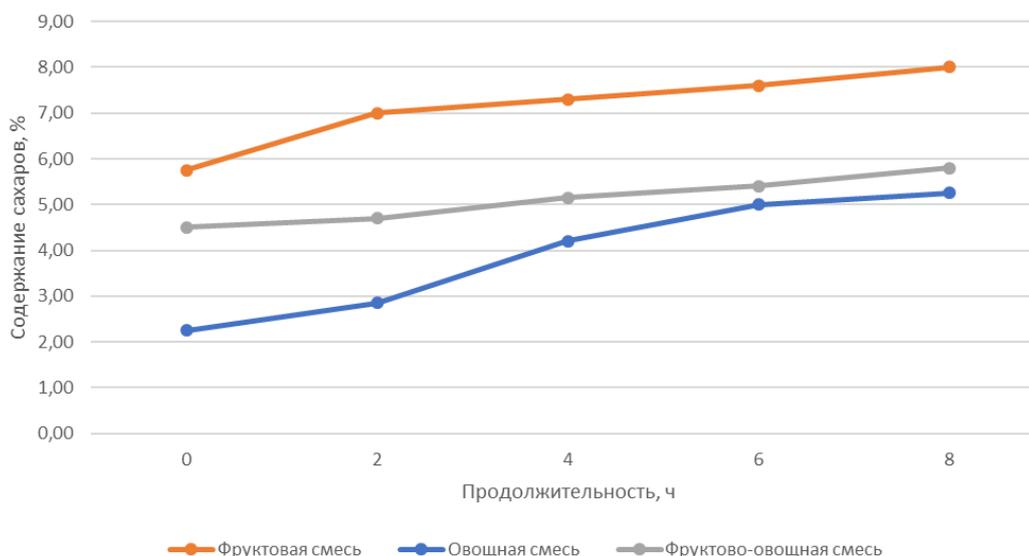


Рис. 2. Динамика накопления сахаров в смесях ФРОВПК в зависимости от продолжительности ферментализации

Fig. 2. Dynamics of sugar accumulation in mixes of fruits and vegetables depending on the duration of fermentation

Из представленных на рис. 2 данных видно, что наибольшее накопление водорастворимых сахаров происходит во фруктовой смеси, что обусловлено особенностями составов фруктового сырья и природно

высоким содержанием в них простых и олигосахаридов (табл. 3). При этом в овощной смеси установлено наименьшее накопление сахаров при ферментации, что связано с преобладанием в их составе нерастворимых целлюлозы и пектина, а также высокомолекулярного полисахарида крахмала.

С учетом полученных данных можно сделать вывод, что ферменты целлюлаза и β -глюканаза обладают наибольшей эффективностью и скоростью действия, что обусловлено химическим составом используемого сырья (большое содержание моно- и олигосахаридов, содержание целлюлозы в клеточных стенках и кожуре). Амилаза и глюкоамилаза показали низкую эффективность, что объясняется доминированием крахмала в составе сырья, которому требуется более интенсивный и продолжительный ферментативный гидролиз. Фруктово-овощная смесь, содержащая все вышеперечисленные ферменты, демонстрирует промежуточные результаты, поскольку сочетает в себе как фруктовые, так и овощные компоненты.

В процессе получения порошкообразных добавок анализировали показатели, обуславливающие выход готовых продуктов и их характеристики по содержанию воды и сухих веществ (табл. 5).

Таблица 5. Характеристики водорастворимой и водонерастворимой добавок из ФРОВПК
Table 5. Characteristics of water-soluble and water-insoluble additives derived from fruits and vegetables

Показатель	Фруктовая смесь	Овощная смесь	Фруктово-овощная смесь
Водорастворимая добавка			
Объем жидкой фракции гидролизата, мл (до внесения КМЦ)	190,5	223,0	414,5
Содержание сухих веществ, %	6,0	3,2	4,2
Масса продукта после сушки, г	35,5	38,4	53,9
Содержание воды в порошке, %	6,5	7,2	6,4
Выход продукта, % к массе сырья	14,2	15,4	12,8
Водонерастворимая добавка			
Масса нерастворимой фракции гидролизата до сушки, г	226,4	202,5	399,2
Масса после сушки, г	24,9	19,0	33,2
Содержание воды в порошке, %	12,6	10,3	12,4
Выход продукта, % к массе сырья	10,0	7,6	7,9

На основании приведенных в табл. 5 данных можно видеть, что по физическим характеристикам (содержание сухих веществ, выход продукта) полученные порошкообразные продукты близки. Наименьший выход водонерастворимой добавки с наименьшим содержанием воды наблюдается в овощной смеси, что может быть объяснено повышенным содержанием воды в сырье и пониженным – сухих веществ, в том числе пищевых волокон (табл. 4). Наибольший выход твердой фракции установлен для фруктовой смеси, что обусловлено несколько меньшей влажностью сырья, а также повышенным содержанием пектина, целлюлозы и гемицеллюлозы в кожуре фруктов, устойчивых к ферментам и обладающих повышенной влагоудерживающей способностью.

В полученных порошках было исследовано содержание биологически активных соединений. Результаты оценки витамина С, веществ с Р-витаминной активностью (флавоноиды: флавонолы, флаван-3-олы, изофлавоноиды и др.), обладающих антиоксидантной активностью, а также пищевых волокон и минеральных веществ, выполняющих важные физиологические функции в организме человека, приведены в табл. 6. Все названные вещества относятся к функциональным пищевым ингредиентам с доказанным благотворным физиологическим эффектом, присутствие которых в пищевых продуктах желательно и при количестве более 15 % суточной нормы обуславливает их функциональность (ГОСТ Р 52349-2005; ГОСТ Р 54059-2010).

Таблица 6. Содержание функциональных пищевых ингредиентов в полученных пищевых добавках и степень удовлетворения в них относительно установленных физиологических потребностей
Table 6. The content of vitamin C, substances with vitamin P activity, dietary fibers, and ash in water-soluble and water-insoluble additives, as well as the percentage of their compliance with established physiological norms

Образец	Витамин С		Витамин Р		Пищевые волокна	
	Содержание, мг/100 г	% удовлетв. от УСФП ¹ / СФПП ²	Содержание, мг/100 г	% удовлетв. от УСФП / СФПП	Содержание, мг/100 г	% удовлетв. от УСФП / СФПП
Водорастворимая добавка						
Фруктовая смесь	72,0	80,0 / 36,0	122,4	244,2 / 61,2	–	–
Овощная смесь	65,6	72,9 / 32,8	13,6	27,2 / 6,8	–	–

Фруктово-овощная смесь	126,7	140,8 / 63,3	259,7	518,0 / 129,9	–	–
Водонерастворимая добавка						
Фруктовая смесь	13,2	14,7 / 6,6	36,5	73,0 / 18,2	15,6	52,0 / –
Овощная смесь	8,8	9,8 / 4,4	2,0	4,0 / 1,0	13,2	44,0 / –
Фруктово-овощная смесь	15,4	17,1 / 7,6	72,3	144,6 / 36,1	17,4	58,0 / –

Примечание. 1 – УСФП – установленная суточная физиологическая потребность согласно МР 2.3.1.0253-21; 2 – СФПС – суточная физиологическая потребность для спортсменов (*Bojanic et al., 2011; Эллер и др., 2020*).

Из данных табл. 6 видно, что водорастворимые добавки отличаются повышенным содержанием витамина С: наибольшее содержание во фруктово-овощной смеси – 126,7 мг/100 г, что составляет 140,8 % от суточной потребности среднестатистического человека (МР 2.3.1.0253-21) и 63,3 % от суточной потребности для спортсменов (*Bojanic et al., 2011*). Наименьшее содержание витамина С отмечается в овощной смеси (32,8 мг/100 г), что обуславливается его пониженным содержанием в данном сырье изначально. Содержание веществ с Р-витаминной активностью (в пересчете на рутин) в наибольшем количестве наблюдается во фруктовой и фруктово-овощной смесях (соответственно 122,4 и 259,7 мг/100 г), что также обусловлено их повышенным содержанием в сырье.

Стоит отметить высокое содержание пищевых волокон в водонерастворимых добавках, особенно полученных из фруктовой и фруктово-овощной смесей (15,6 и 17,4 г/100 г). При их ежедневном употреблении в количестве 100 г физиологическая норма потребности в пищевых волокнах будет удовлетворяться соответственно на 52,0 и 58,0 %.

Исходя из полученных данных и действующих технических документов (ГОСТ Р 52349-2005 и ГОСТ Р 55577-2013), можно сделать вывод, что полученные водорастворимые и водонерастворимые добавки при употреблении в сутки 100 г будут обеспечивать поступление в организм исследованных функциональных ингредиентов от 9,8 до 140,8 % суточной потребности для обычного человека и от 4,4 до 63,3 % для спортсменов скоростно-силовых видов спорта.

По этим показателям добавки можно отнести к функциональным пищевым продуктам и рекомендовать употреблять многим группам населения для компенсации дефицита данных БАВ, а также спортсменам, организм которых требует повышенного поступления установленных функциональных пищевых ингредиентов.

Качественный состав пищевых волокон и других полисахаридов в водонерастворимой добавке устанавливали по ИК-спектрам (рис. 3).

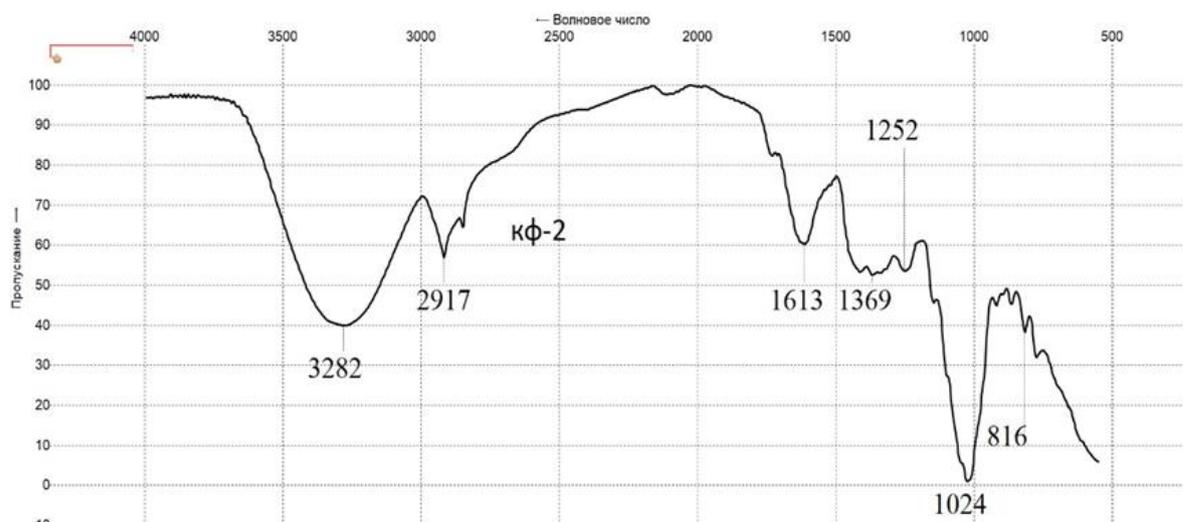


Рис. 3. ИК-спектр образца фруктово-овощной добавки
 Fig. 3. The IR spectrum of a fruit and vegetable additive sample

Сравнение спектральных характеристик образцов позволяет выявить основные компоненты пищевых волокон, а именно целлюлозу, крахмал, гемицеллюлозу и некоторые олигосахариды. Наблюдаемые

спектральные особенности свидетельствуют о преобладании целлюлозы в структуре образцов. В спектрах инфракрасного (ИК) поглощения всех образцов выявлены интенсивные полосы поглощения в области $2930\text{--}2910\text{ см}^{-1}$ и $1360\text{--}1250\text{ см}^{-1}$, которые соответствуют валентным колебаниям C–H в метиленовом фрагменте целлюлозы. Характерный ИК-спектр целлюлозы включает в себя поглощения, в основном, трех гидроксильных групп, присутствующих в каждом глюкопиранозном звене. Наличие гидроксильных групп, входящих в состав вторичных спиртов, подтверждается обнаружением пиков в диапазоне $3200\text{--}3300\text{ см}^{-1}$, соответствующих валентным колебаниям атомов O–H и образованию внутримолекулярных и межмолекулярных водородных связей (Тарасенко и др., 2012; Cichosz et al., 2019).

Для рекомендации использования полученных порошков в качестве пищевых добавок была проведена их органолептическая оценка. Терминологические описания основных показателей качества, свидетельствующие о гастрономических достоинствах полученных добавок, приведены в табл. 7.

Таблица 7. Органолептические показатели полученных пищевых добавок
Table 7. Organoleptic parameters of the obtained food supplements

Показатель добавки		Фруктовая смесь	Овощная смесь	Фруктово-овощная смесь
Цвет	Водорастворимая	Светло-коричневый с желтым оттенком		
	Водонерастворимая	Коричневый	Светло-коричневый	Коричневый
Внешний вид	Водорастворимая	Тонкодисперсный порошок		
	Водонерастворимая	Мелкий порошок		
Запах	Водорастворимая	Приятный, нейтральный, свойственный данной смеси, без порочащих и неприятных признаков		
	Водонерастворимая	Приятный, фруктовый, свойственный данной смеси, с отчетливыми оттенками аромата банана и апельсина	Приятный, овощной, свойственный данной смеси, с некоторыми оттенками запаха помидор	Приятный, сложный, свойственный данной смеси, с цитрусовыми и овощными оттенками
Вкус	Водорастворимая	Приятный, характерный для используемой смеси, слегка желирующий при формировании пищевого комка		
	Водонерастворимая	Приятный, фруктовый, характерный для используемой смеси, немного вяжущий, с легкой горечью	Приятный, овощной, характерный для используемой смеси, немного вяжущий, с небольшой кислинкой	Приятный, сложный, характерный для используемой смеси, с привкусом фруктов и овощей (цитрусовые, помидоры), немного вяжущий

Анализируя полученные данные, можно сформулировать следующие рекомендации по применению полученных добавок из ФРОВПК. Фруктовые водорастворимые и водонерастворимые добавки, обладающие сладковатыми привкусами и ароматами, могут найти свое применение в качестве компонентов кондитерских изделий, продуктов для детей и подростков, а также в спортивном питании (протеиновых батончиках, гейнерах, различных коктейлях) в качестве натуральной вкусо-ароматической добавки и источника БАВ с антиоксидантными, иммуномодулирующими и другими полезными свойствами. Овощная и фруктово-овощная добавки, характеризующиеся многогранными органолептическими оттенками и повышенным содержанием пищевых волокон и других БАВ (витаминами А, группы В, С, Р; минеральными веществами; минорными компонентами), могут найти свое применение в самых разнообразных пищевых продуктах (кондитерские изделия, кисломолочная продукция, мясные и рыбные полуфабрикаты и др.), а также в специализированных продуктах профилактического направления в качестве источников компонентов с пребиотическими свойствами.

С учетом данных по содержанию биологически активных веществ полученные добавки можно отнести к функциональным пищевым продуктам (ГОСТ Р 55577-2013) и рекомендовать к использованию в качестве обогащающих компонентов в составе проектируемых функциональных и специализируемых продуктов самого широкого спектра (для спортсменов, лиц пожилого возраста, школьников и студентов, работников интеллектуального и тяжелого физического труда и т. д.). Как источники натуральных усвояемых сахаров они могут быть рекомендованы в составе продуктов, предназначенных для больных диабетом или расположенных к этому заболеванию.

Стоит отметить возможное применение полученных порошкообразных продуктов в спортивном питании. Высокое содержание углеводов, содержание антиоксидантов (витамины С и Р), пищевых волокон – все это может обеспечить их применение в производстве различных спортивных продуктов (гейнеры, витаминные комплексы, отдельные добавки, батончики и каши).

Полученные пищевые добавки могут также найти применение в косметической индустрии, например, в качестве активных компонентов в питательных и омолаживающих кремах, лосьонах и масках. В микробиологической сфере добавки могут быть использованы как составляющие питательных сред для выращивания различных микроорганизмов. В фармацевтической промышленности эти добавки возможно использовать в составе наполнителей для таблеток, экстрактов и гелей, обеспечивая стабилизацию качества и эффективность действия. Благодаря наличию функциональных пищевых ингредиентов они могут быть интегрированы в рецептуры биологически активных добавок (БАД) к пище самого широкого спектра действия (антиоксидантного, иммуномодулирующего, пребиотического и др.), оказывающих профилактическое действие против многих неинфекционных заболеваний или так называемых "болезней цивилизации".

Заключение

В результате проведенных исследований:

1) проанализирован процесс комплексной переработки фруктов и овощей пониженного по внешним признакам качества, основанной на ферментативном гидролизе, фракционировании и обезвоживании, с получением натуральных пищевых добавок двух видов (водорастворимой и водонерастворимой), обладающих повышенной биологической ценностью;

2) обоснован выбор фруктов и овощей, наиболее подверженных быстрой порче, с учетом их региональной доступности, актуальности для торговых сетей и потребительской востребованности: яблоки, бананы, апельсины, картофель, морковь, помидоры и огурцы. Показан химический состав и биопотенциал используемого растительного сырья и их различных композиций по содержанию биологически активных веществ;

3) показана динамика накопления водорастворимых сахаров и сухих веществ, а также выход обезвоженных добавок в процессе ферментативного гидролиза смесей некондиционного растительного сырья с применением различных карбоксигидраз (целлюлаза, β -глюканаза, амилаза и глюкоамилаза). Установлено, что целлюлаза и β -глюканаза проявляют наивысшую эффективность по содержанию сахаров в ферментированных растительных композициях;

4) охарактеризованы органолептические показатели полученных порошков. Доказано, что они обладают приятными сенсорными характеристиками, позволяющими применять их в качестве натуральных полифункциональных пищевых добавок с привнесением специфических гастрономических привкусов.

Благодарности

Авторский коллектив выражает признательность торговым сетям Калининградской области "SPAR" и "Виктория" за предоставленное сырье, а также преподавателям кафедры химии ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет" кандидату технических наук Воронникову Б. Ю. и Булычеву А. Г. за помощь в проведении лабораторных анализов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Ажгиревич А. И., Монастырский Д. И., Куликова М. А., Грибут Е. А. [и др.]. Комплексное использование отходов плодоовощного производства при сушке органоминерального удобрения // Проблемы региональной экологии. 2022. № 2. С. 107–114. DOI: 10.24412/1728-323X-2022-2-107-113. EDN: GKNFRY.
- Березенко Н. В., Слинко О. В., Кондратьева О. В., Актуальные направления в области переработки и хранения плодоовощной продукции // Пищевая индустрия. № 2. 2018. С. 52–54.
- Валеева С. А., Ильгамова Л. Ф., Якупова Н. А., Хайрулина С. Н. [и др.]. Оценка утилизации отходов в Российской Федерации // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 5–2(56). С. 11–14. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-5-2-11-14. EDN: GVYBGU.
- Волкова А. В. Рынок утилизации отходов. М. : Центр развития НИУ ВШЭ, 2018. 87 с.
- Дубцов Г. Г. Товароведение продовольственных товаров. М. : Академия, 2012. 336 с.
- Ибрашева Л. Р., Обухова Н. И., Быстренина И. Е., Малова Н. Н. [и др.]. Основные экспортируемые в мире свежие фрукты и овощи // International agricultural journal. 2023. Т. 66, № 3. Номер статьи: 24. DOI 10.55186/25876740_2023_7_3_25. EDN: MXXLJP.
- Искусственные корма для быстрого роста *Drosophila melanogaster* : пат. № 114009599 Китай / Лю Тун и др. № 202111402493.8 ; заявл. 24.11.2021 ; опублик. 08.02.2022.

- Кадысева А. А., Козловцева О. С. Биоэнергетический потенциал органосодержащих отходов агропромышленного комплекса на примере Тюменской области // Журнал прикладных исследований. 2021. № 2–1. С. 29–33. DOI: https://doi.org/10.47576/2712-7516_2021_2_1_29. EDN: YHICWY.
- Казаченко Ал. С., Казаченко А. С., Чаплыгина И. А. Применение ИК-спектроскопии в анализе зерна // Вестник КрасГАУ. 2019. № 9. С. 134–142.
- Капитонов И. А., Пармененков К. Н., Бронская Ю. К. Актуальные методы утилизации бытовых отходов // Инновации и инвестиции. 2023. № 1. С. 246–253. EDN: UUMNYU.
- Ким В. В., Галактионова Е. А., Антонец К. В. Продовольственные потери и пищевые отходы на потребительском рынке РФ // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63, № 4. С. 1–20. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10191. EDN: EEEFFC.
- Ключко Н. Ю. Методы научных исследований. Калининград : Изд-во КГТУ, 2017. 85 с.
- Колесников Р. В. Пищевые отходы – оценка объема образования в России, особенности и перспективы утилизации // WORLD OF SCIENCE: сб. ст. II Международный науч.-практ. конф., Пенза, 30 января 2023 г. Пенза : Наука и Просвещение, 2023. С. 152–155. EDN: TRHUOZ.
- Комплекс оборудования и способ безотходной переработки биоразлагаемых муниципальных отходов : пат. № 038561 ЕА Рос. Федерация / М. Марынчук, В. Веселовски, № 201992620 ; заявл. 08.06.2018 ; опубл. 15.09.2021.
- Неменушая Л. А. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции : науч. аналит. обзор. Москва : Росинформагротех, 2009. 170 с.
- Метод и система для биохимико-термохимической многоточечной сшивающей обработки биомассы отходов : патент № 2017000444 Китай / Лу Фан, Пиньцзин Хи и др. № CN2015/092878 ; заявл. 27.10.2015; опубл. 29.06.2015.
- Потороко И. Ю., Цирульниченко Л. А., Попова Н. В., Венката М. С. Отходы пищевых производств как возобновляемые источники энергии: перспективность и технологические решения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Пищевые и биотехнологии. 2021. Т. 9, № 2. С. 16–25. DOI: 10.14529/food210202. EDN: VHAPJU.
- Сбитнева О. А. Влияние стиля питания на состояние здоровья, физической и умственной работоспособности // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 2–1. С. 154–156. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10555. EDN: ZFTIFI.
- Способ культивирования личинок синантропных мух : пат. 2788843 Рос. Федерация / О. Н. Сороколетов, В. В. Еременко, К. В. Жучаев ; № 2022105268 ; заявл. 25.02.2022; опубл. 24.01.2023. Бюл. № 3.
- Способ производства порошка пищевых продуктов : пат. 2535944 Рос. Федерация / П. В. Еременко, Д. И. Закиров ; № 2014102623/13; заявл. 28.01.2014 ; опубл. 20.12.2014. Бюл. № 35.
- Степанцова Г. Е. Химия биологически активных веществ. Калининград : Изд-во КГТУ, 2023. 76 с.
- Тарасевич Б. Н. ИК-спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. М. : Изд-во МГУ, 2012. 55 с.
- Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М. : ДеЛи принт, 2002. 235 с.
- Шайхиев И. Г., Свергузова С. В., Сапронова Ж. А., Антюфеева Е. С. Использование пищевых отходов для выращивания личинок мухи *Hermetia illucens* (краткий обзор зарубежной литературы) // Экономика строительства и природопользования. 2020. № 4(77). С. 17–30. DOI: <https://doi.org/10.37279/2519-4453-2020-4-17-30>. EDN: ANKFLE.
- Шевякова Л. В., Махова Н. Н., Бессонов В. В., Акимов М. Ю. [и др.]. Макро- и микроэлементный состав фруктов и ягод российской селекции // Пищевая промышленность. 2014. № 3. С. 44–46. EDN: RWFTKV.
- Эллер К. И., Перова И. Б., Рылина Е. В., Аксенов И. В. Биологически активные вещества // Нутрициология и клиническая диетология. Национальное руководство / под ред. В. А. Тутельяна, Д. Б. Никитюка. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. С. 144–161.
- Bancal V., Ray R. C. Overview of food loss and waste in fruits and vegetables: From issue to resources // Fruits and Vegetable Wastes / eds.: R. C. Ray. Springer, Singapore, 2022. P. 3–29. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-9527-8_1.
- Bojanić V., Radović J., Bojanić Z., Lazović M. Hydrosoluble vitamins and sport ort // Acta Medica Medianae. 2011. Vol. 50, Iss. 2. P. 68–75. DOI: 10.5633/amm.2011.0213.
- Cichosz S., Masek A. Cellulose fibers hydrophobization via a hybrid chemical modification // Polymers. 2019. Vol. 11, Iss. 7. Article number: 1174. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym11071174>.
- Fabunmi O. A., Osunde Z. D., Alababan B. A., Jigam A. A. Influence of moisture content and temperature interaction on mechanical properties of desma (*Novella pentadesma*) seed // Journal of Advances in Food Science & Technology. 2015. Vol. 2, Iss. 2. P. 81–85.
- Golshan Tafti A., Solaimani Dahdivan N., Yasini Ardakani S. A. Physicochemical properties and applications of date seed and its oil // International Food Research Journal. 2017. Vol. 24, Iss. 4. P. 1399–1406.

References

- Azhgirevich, A. I., Monastyrsky, D. I., Kulikova, M. A., Gribut, E. A. et al. 2022. Complex use of fruit and vegetable production wastes in drying of organomineral fertilizer. *Regional Environmental Issues*, 2, pp. 107–114. DOI: 10.24412/1728-323X-2022-2-107-113. EDN: GKNFRY. (In Russ.)
- Berezenko, N. V., Slinko, O. V., Kondratieva, O. V. 2018. Actual directions in the processing and storage of fruit and vegetable products. *Pishchevaya Industriya*, 2, pp. 52–54. (In Russ.)
- Valeeva, S. A., Ilgamova, L. F., Yakupova, N. A., Khairulina, S. N. et al. 2021. Assessment of waste utilization in the Russian Federation. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 5–2(56), pp. 11–14. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-5-2-11-14. EDN: GUYBGU. (In Russ.)
- Volkova, A. V. 2018. Waste utilization market. Moscow. (In Russ.)
- Dubtsov, G. G. 2012. Commodity management of food products. Moscow. (In Russ.)
- Ibrasheva, L. R., Obukhova, N. I., Bystrenina, I. E., Malova, N. N. et al. 2023. Main exported fresh fruits and vegetables in the world. *International Agricultural Journal*, 66(3). Article number: 24. DOI 10.55186/25876740_2023_7_3_25. EDN: MXXLJP. (In Russ.)
- Liu, Tong et al. 2021. Artificial feeds for rapid growth of *Drosophila melanogaster*, China, pat. 114009599. (In Chinese)
- Kadyseva, A. A., Kozlovitseva, O. S. 2021. Bioenergetic potential of organ-containing wastes of agro-industrial complex on the example of the Tyumen region. *Journal of Applied Research*, 2–1, pp. 29–33. DOI: https://doi.org/10.47576/2712-7516_2021_2_1_29. EDN: YHICWY. (In Russ.)
- Kazachenko, Al. S., Kazachenko, A. S., Chaplygina, I. A. 2019. Application of IR spectroscopy in grain analysis. *Vestnik KrasGAU*, 9, pp. 134–142. (In Russ.)
- Kapitonov, I. A., Parmenenkov, K. N., Bronskaya, Yu. K. 2023. Actual methods of household waste utilization. *Innovation & Investment*, 1, pp. 246–253. EDN: UUMNYU. (In Russ.)
- Kim, V. V., Galaktionova, E. A., Antonevich, K. V. 2020. Food losses and food waste in the consumer market of the Russian Federation. *International Agricultural Journal*, 63(4), pp. 1–20. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10191. EDN: EEEFFC. (In Russ.)
- Klyuchko, N. Yu. 2017. Methods of scientific research. Kaliningrad. (In Russ.)
- Kolesnikov, R. V. 2023. Food waste – assessment of the volume of formation in Russia, features and prospects of utilization. Coll. of articles II International Scientific and Practical Conference *WORLD OF SCIENCE*, Penza, January 30, 2023, pp. 152–155. EDN: TPHUOZ. (In Russ.)
- Marynychak, M., Weselowski, W. 2021. Equipment complex and method of waste-free processing of biodegradable municipal waste, Russian Federation, Pat. 038561 EA. (In Russ.)
- Nemenushchaya, L. C. 2009. Modern technologies of storage and processing of fruit and vegetable products: Scientific analytical review. Moscow. (In Russ.)
- Lu Fang, Pinjing, He et al. 2015. Method and system for biochemical-thermochemical multi-point crosslinking treatment of waste biomass, China, Pat. 2017000444. (In Chinese)
- Potoroko, I. Yu., Tsurulnichenko, L. A., Popova, N. V., Venkata, M. S. et al. 2021. Food production wastes as renewable energy sources: Availability and technological solutions. *Bulletin of South Ural State University. Series Food and Biotechnology*, 9(2), pp. 16–25. DOI: 10.14529/food210202. EDN: VHAPJU. (In Russ.)
- Sbitneva, O. A. 2019. Influence of nutrition style on health, physical and mental performance. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2–1, pp. 154–156. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10555. EDN: ZFTIFI. (In Russ.)
- Sorokoletov, O. N., Bgatov, A. V., Gudilin, I. I., Zhuchayev, K. V. 2023. Method of cultivation of larvae of synanthropic flies, Russian Federation, Pat. 2788843. (In Russ.)
- Eremenko, P. V., Zakirov, D. I. 2014. Method of production of foodstuff powder, Russian Federation, Pat. 2535944. (In Russ.)
- Stepantsova, G. E. 2023. Chemistry of biologically active substances. Kaliningrad. (In Russ.)
- Tarasevich, B. N. 2012. IR spectra of the main classes of organic compounds: Reference materials. Moscow. (In Russ.)
- Chemical composition of Russian food products: Reference book. 2002. Eds. I. M. Skurikhin, V. A. Tutel'yan. Moscow. (In Russ.)
- Shaikhiev, I. G., Sverguzova, S. V., Sapronova, Zh. A., Antyufeeva, E. S. 2020. Utilization of food waste for rearing larvae of the fly *Hermetia illucens*. *Construction Economic and Environmental Management*, 4(77), pp. 17–30. DOI: <https://doi.org/10.37279/2519-4453-2020-4-17-30>. EDN: ANKFLE. (In Russ.)
- Shevyakova, L. V., Makhova, N. N., Bessonov, V. V., Akimov, M. Yu. et al. 2014. Macro and trace element composition of fruits and berries of Russian selection. *Food Industry*, 3, pp. 44–46. EDN: RWFTKV. (In Russ.)
- Eller, K. I., Perova, I. B., Rylina, E. V., Aksonov, I. V. 2020. Biologically active substances. In *Nutritionology and clinical dietetics. National leadership*. Eds. V. A. Tutel'yan, D. B. Nikityuk. Moscow, pp. 144–161. (In Russ.)

- Bancal, V., Ray, R. C. 2022. Overview of food loss and waste in fruits and vegetables: From issue to resources. In *Fruits and Vegetable Wastes*. Eds.: R. C. Ray. Springer, Singapore, pp. 3–29. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-9527-8_1.
- Bojanić, V., Radović, J., Bojanić, Z., Lazović, M. 2011. Hydrosoluble vitamins and sport ort. *Acta Medica Medianae*, 50(2), pp. 68–75. DOI: 10.5633/amm.2011.0213.
- Cichosz, S., Masek, A. 2019. Cellulose fibers hydrophobization via a hybrid chemical modification. *Polymers*, 11(7). Article number: 1174. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym11071174>.
- Fabunmi, O. A., Osunde, Z. D., Alababan, B. A., Jigam, A. A. 2015. Influence of moisture content and temperature interaction on mechanical properties of desma (*Novella pentadesma*) seed. *Journal of Advances in Food Science & Technology*, 2(2), pp. 81–85.
- Golshan Tafti, A., Solaimani Dahdivan, N., Yasini Ardakani, S. A. 2017. Physicochemical properties and applications of date seed and its oil. *International Food Research Journal*, 24(4), pp. 1399–1406.

Сведения об авторах

Карлов Вадим Александрович – Советский пр., 1, г. Калининград, Россия, 236022;
Калининградский государственный технический университет, студент;
e-mail: vaden1410@gmail.com

Vadim A. Karlov – 1 Sovetskiy Ave., Kaliningrad, Russia, 236022;
Kaliningrad State Technical University, Student; e-mail: vaden1410@gmail.com

Гольбрайх Анна Алексеевна – Советский пр., 1, г. Калининград, Россия, 236022;
Калининградский государственный технический университет, студент; e-mail: feijinlan@gmail.com

Anna A. Golbraikh – 1 Sovetskiy Ave., Kaliningrad, Russia, 236022;
Kaliningrad State Technical University, Student; e-mail: feijinlan@gmail.com

Мезенова Ольга Яковлевна – Советский пр., 1, г. Калининград, Россия, 236022;
Калининградский государственный технический университет, д-р техн. наук, профессор;
e-mail: mezenova@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

Olga Ya. Mezenova – 1 Sovetskiy Ave., Kaliningrad, Russia, 236022;
Kaliningrad State Technical University, Dr Sci. (Engineering), Professor;
e-mail: mezenova@klgtu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4716-2571>

Нормативные документы, использованные в статье

ГОСТ 25555.4-91	Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы. М., 2011.
ГОСТ 28561-90	Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. М., 2011.
ГОСТ 4815-76	Кислота аскорбиновая пищевая. Технические условия. М., 1979.
ГОСТ 57976-2017	Фрукты и овощи свежие. Термины и определения. М., 2017.
ГОСТ 8756.1-2017	Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема. М., 2019.
ГОСТ Р 52349-2005	Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М., 2008.
ГОСТ Р 54059-2010	Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. М., 2019.
ГОСТ Р 55577-2013	Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности. М., 2014.
МР 2.3.1.0253-21	Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М., 2021.
СП 2.3.6.3668-20	Санитарно-эпидемиологические требования к условиям деятельности торговых объектов и рынков, реализующих пищевую продукцию. М., 2020.