







## Цельнозерновые макароны из полбы с повышенным содержанием пищевой клетчатки за счет побочных продуктов переработки хурмы

Николай В. Меркурьев	<sup>1</sup>	<a href="mailto:merkurevzoom@ya.ru">merkurevzoom@ya.ru</a>	 0000-0003-2983-9224
Артем Е. Макаров	<sup>2</sup>	<a href="mailto:artem.makarov.2011@mail.ru">artem.makarov.2011@mail.ru</a>	 0000-0002-6787-7697
Альберт Х.-Х. Нугманов	<sup>1</sup>	<a href="mailto:nugmanov@rgau-msha.ru">nugmanov@rgau-msha.ru</a>	 0000-0002-4093-9982
Игорь Ю. Алексанян	<sup>3</sup>	<a href="mailto:16081960igor@gmail.com">16081960igor@gmail.com</a>	 0000-0001-5494-1226
Павел Д. Осмоловский	<sup>1</sup>	<a href="mailto:pavel.osmolovsku@mail.ru">pavel.osmolovsku@mail.ru</a>	 0000-0003-1131-1552
Ксения А. Бородулина	<sup>1</sup>	<a href="mailto:borodulina.ksysha@mail.ru">borodulina.ksysha@mail.ru</a>	 0009-0003-9395-0936

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия







<sup>2</sup> ООО «ПАСТАПИЦЦА», ул. Тургенева, 10/14, литера АА2, помещение 3, г. Астрахань, 414000, Россия

<sup>3</sup> Астраханский государственный технический университет, ул. Татищева, 16/1, г. Астрахань, 414056, Россия

**Аннотация.** Плоды хурмы являются одними из наиболее широко культивируемых плодовых культур во всем мире, они широко распространены в странах Азии и Европы, и их производство растет вместе со спросом потребителей, в том числе и в России. Хурма является хорошим источником питательных веществ и биоактивных соединений, особенно пищевых волокон, каротиноидов и фенольных соединений, среди других биоактивных фитохимических веществ. Хурма относится к фруктам, имеющих не только ограниченный срок хранения, но и значительные потери при сборе урожая, т. е. это сезонный скоропортящийся фрукт, который трудно хранить и транспортировать, вследствие чего почти пятая часть от всех выращенных плодов просто выбрасывается. В настоящее время наблюдается рост валоризации не пригодных к продаже и хранению плодов хурмы для создания возможностей их комплексной переработки и полноценного использования в различных отраслях пищевой промышленности. В данной статье рассматривается возможность потенциального использования сухого порошка из плодов хурмы, прошедших этап экстракционной обработки, при производстве цельнозерновых макарон из полбы для их обогащения пищевыми волокнами. Общеизвестно, что макаронные изделия считаются хорошими носителями биологически активных веществ, в связи с чем и была поставлена цель данного исследования, которая заключалась в совершенствовании технологии цельнозерновых макаронных изделий, имеющих повышенное содержание пищевых волокон вследствие использования в их рецептуре порошка из хурмы. Для достижения поставленной цели были проведены экспериментальные исследования как сушки полученного рафината из плодов хурмы, так и определения рациональной доли внесения полученного порошка в состав макаронного теста. Результат исследования подтвердил целесообразность использования сухого порошка из плодов хурмы в производстве цельнозерновых макарон из полбы, в том числе и за счет проведенного органолептического анализа полученных макаронных изделий как в исходном, так и отварном видах.

**Ключевые слова:** макаронные изделия, плоды хурмы, полба, пищевые волокна, экстрагирование, обезвоживание, органолептические показатели.

## Whole-grain spelt pasta with increased dietary fiber content due to persimmon byproducts

Nikolay V. Merkuryev	<sup>1</sup>	<a href="mailto:merkurevzoom@ya.ru">merkurevzoom@ya.ru</a>	 0000-0003-2983-9224
Artyom E. Makarov	<sup>2</sup>	<a href="mailto:artem.makarov.2011@mail.ru">artem.makarov.2011@mail.ru</a>	 0000-0002-6787-7697
Albert H.-H. Nugmanov	<sup>1</sup>	<a href="mailto:nugmanov@rgau-msha.ru">nugmanov@rgau-msha.ru</a>	 0000-0002-4093-9982
Igor Y. Aleksanyan	<sup>3</sup>	<a href="mailto:16081960igor@gmail.com">16081960igor@gmail.com</a>	 0000-0001-5494-1226
Pavel D. Osmolovskiy	<sup>1</sup>	<a href="mailto:pavel.osmolovsku@mail.ru">pavel.osmolovsku@mail.ru</a>	 0000-0003-1131-1552
Ksenia A. Borodulina	<sup>1</sup>	<a href="mailto:borodulina.ksysha@mail.ru">borodulina.ksysha@mail.ru</a>	 0009-0003-9395-0936

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russia,

<sup>2</sup> PASTAPITZA LLC, Turgenev St., 10/14, letter AA2, room 3, Astrakhan, 414000, Russia

<sup>3</sup> Astrakhan State Technical University, 16/1 Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russia

### Для цитирования

Меркурьев Н.В., Макаров А.Е., Нугманов А.Х.-Х., Алексанян И.Ю., Осмоловский П.Д., Бородулина К.А. Цельнозерновые макароны из полбы с повышенным содержанием пищевой клетчатки за счет побочных продуктов переработки хурмы // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 2. С. 51–63. doi:10.20914/2310-1202-2025-2-51-63

### For citation

Merkuriev N.V., Makarov A.E., Nugmanov A.Kh.-Kh., Aleksanyan I.Yu., Osmolovsky P.D., Borodulina K.A. Whole-grain spelt pasta with increased dietary fiber content due to persimmon byproducts. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 2. pp. 51–63. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-2-51-63

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

**Abstract.** Persimmon fruits are one of the most widely cultivated fruit crops worldwide, they are widely distributed in Asian and European countries, and their production is growing along with consumer demand, including in Russia. Persimmon is a good source of nutrients and bioactive compounds, especially dietary fiber, carotenoids and phenolic compounds, among other bioactive phytochemicals. Persimmon is one of the fruits that not only has a limited shelf life but also significant losses at harvest, i.e. it is a seasonal perishable fruit that is difficult to store and transport, due to which almost one-fifth of all fruits grown are simply discarded. Currently, there is an increase in the valorization of unsaleable and storable persimmon fruits to create opportunities for their complex processing and full use in various food processing industries. This article considers the possibility of potential use of dry powder from persimmon fruits that have passed the extraction processing stage in the production of whole-grain spelt pasta for their enrichment with dietary fiber. It is well known that pasta products are considered to be good carriers of biologically active substances, in connection with which the aim of this study was set, which was to improve the technology of whole-grain pasta products with increased content of dietary fiber due to the use of persimmon powder in their formulation. To achieve this goal, experimental studies were carried out both drying of the obtained persimmon fruit raffinate and determining the rational share of the obtained powder in the pasta dough composition. The result of the study confirmed the feasibility of using dried persimmon fruit powder in the production of whole-grain spelt pasta, including due to the conducted organoleptic analysis of the obtained pasta products in both initial and boiled forms.

**Keywords:** pasta, persimmon fruit, spelt, dietary fiber, extraction, dehydration, organoleptic parameters.

## Введение

Общеизвестно, что в нашей стране макаронные изделия пользуются устойчивым спросом при сравнительно низкой стоимости, причем реализация полбы для цельнозерновых макаронных изделий повышает их качественные параметры, в частности, пищевую и биологическую значимость [1, 2]. Зерна полбы опережает пшеницу и рожь по сбалансированности питательных веществ, а принимая во внимание то, что ориентировочно третьей частью употребляемых человеком белковых комплексов являются белковые составляющие зерновых культур, понятна важность белковой доли в них и, как следствие в муке. Твердая оболочка зерна полбы защищает от различных заболеваний и вредителей, что, в свою очередь, позволяет значительно сократить использование химических удобрений. Целесообразность выработки муки из зерна полбы для макаронных изделий обоснована данными российских и иностранных ученых, однако на сегодняшний день потребление полбы и продукции из нее низкое, что обусловлено недостатком обоснованных технологий муки из зерна полбы и малым ассортиментом продуктов из нее [3, 4].

Несмотря на это, ассортимент здоровых продуктов, изготовленных из цельного зерна, постоянно расширяется, в частности, на рынке появляются цельнозерновые макаронные изделия, представляющие собой ценный диетический продукт. Это связано с тем, что такие макароны обладают приятным натуральным вкусом и имеют цвет, напоминающий некрепко заваренный чай. При правильном хранении в условиях комнатной температуры макароны, выработанные из цельного зерна полбы, могут сохранять свои полезные и органолептические свойства на протяжении двух лет [2, 3].

Для улучшения состава макаронных изделий перспективным также является использование ягодного или фруктового вторичного сырья, которое является побочным продуктом

переработки в сфере производства соковой продукции, экстракции или переспевшее, т. е. подлежащее к продаже. Побочные продукты агропромышленного производства являются ценными ресурсами, которые могут стать функциональными ингредиентами для производства макаронных изделий с добавленной стоимостью, тем самым снижая экологическую нагрузку [5, 6]. В частности, побочные материалы при экстрагировании могут быть использованы для выработки устойчивой фруктовой муки, обогащенной пищевыми волокнами, которую можно реализовать, к примеру, в производстве макаронных изделий. Рафинат из мякоти плодов хурмы, обогащенный пищевыми волокнами, служит основным побочным продуктом производства концентрированных экстрактов и может успешно использоваться в производстве макаронных изделий [7, 8, 9].

Плоды хурмы (*Diospyros kaki*) являются источником нерастворимых пищевых волокон, провитамина А, кальция, каротиноидов, витамина С и галловой кислоты, а также сахаров [10]. Мякоть плодов хурмы известна своей питательной ценностью, включающей 80% воды, менее 1% белка, 0,2% липидов, 18% углеводов и некоторых минералов (магний, железо, цинк, медь, марганец и т. д.) при этом, содержание пищевых волокон составляет порядка 1,5%. Содержание сахара в хурме выше (12,5 г/100 г) в хурме, чем в других широко потребляемых фруктах, таких как яблоки, персики, груши и апельсины [11, 12]. Все это говорит о пользе при регулярном употреблении мякоти плодов хурмы для исключения появления ряда патологий.

В последние годы возросло выращивание хурмы в России, что привело не только к росту потребления этих свежих фруктов, но и к их индустриализации в направлении производства соков, джемов или обезвоженных сухофруктов, которая, соответственно, привела к появлению большого количества побочных продуктов, состав и свойства которых могут сделать их функциональными ингредиентами,

в том числе и для производства цельнозерновых макаронных изделий из зерна полбы [13, 14]. Следует отметить, что выбор на макаронные изделия пал не только вследствие их широкого потребления в нашей стране, но в основном, потому что они считаются одним из наиболее лучших носителей биологически активных веществ [15–17].

Общеизвестно, что прежде, чем использовать фруктовую муку для обогащения макаронного теста, следует оценить, насколько это целесообразно и эффективно. При этом, важно учитывать, как эта добавка повлияет на качество готовых макаронных изделий и на сам процесс производства, который, несомненно, изменится после внесения соответствующих изменений в рецептуру макаронного теста с необходимостью достижения не только рационального содержания биологически активных веществ в готовых изделиях, но и соответствующего добавке профилактического эффекта [18–20], то есть, добавки должны улучшить продукт, а не ухудшить его потребительские свойства. В целом, решение о применении обогатителей должно приниматься на основе комплексной оценки влияния на всей стадии жизненного цикла продукта – от производства до потребления [1, 2, 16, 18].

Выбор премиксов при выработке цельнозерновых макаронных изделий должен опираться на теоретические положения сбалансированного питания с учетом доли биологически активных компонентов при придании профилактических характеристик, кроме того, гарантии сохранения качественных показателей в процессах варки хранения и перевозки продукции. Представленная выше информация подтверждает потенциальную возможность использования сухого порошка из мякоти плодов хурмы, прошедших этап экстракционной обработки.

**Цель работы** – совершенствование технологии макаронных изделий из цельнозерновой полбы с премиксом пищевых волокон за счет использования в их рецептуре порошка из мякоти плодов хурмы.

### Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбран плоды сорта хурмы «Королек», т. к., во-первых, это один из самых востребованных и продаваемых субтропических плодов на Российском рынке, а, во-вторых, помимо популярности у потребителей, обладают низкой терпкостью и, сравнительно, по отношению к другим видам хурмы, хорошей транспортабельностью. Внешне эта разновидность хурмы схожа с «шоколадной» хурмой, но отличается более крупным размером. Вес отдельных ягод достигает 200 г. и более, цвет от оранжевого до красного (рис. 1 (а)). На вкус плоды сладкие и нежные даже до наступления полной зрелости. Кожица «королька» гладкая, упругая, остается неповрежденной при долгой перевозке. Мякоть коричневая, становится темнее по мере созревания [21, 22].

Плоды хурмы, для изучения, были взяты еще твердыми, полностью окрашенными при завершении срока хранения. Для хранения плоды хурмы размещали в лотки из дерева в один слой, где хранили либо при комнатной температуре ( $T$ ), при  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , принимая во внимание то, что хранение плодов хурмы при низких  $T$  в промышленных условиях более предпочтительно [21, 22].

Также в качестве объекта исследования выступали фигурные макаронные изделия «Campanelle» (рисунок 1 (б)), выработанные из макаронной крупки пшеницы сорта «Гремэ 2У», относящейся к полбе, которая была предоставлена Московским филиалом ФГБУ «Госсорткомиссия».



(a)



(b)

Рисунок 1. Внешний вид объектов исследования: а – плоды хурмы сорта «Королек»; б – фигурные макаронные изделия «Campanelle»

Figure 1. Appearance of research objects: a – fruits of persimmon variety “Korolek”; b – shaped macaroni products “Samranelle”

Рациональные массовые доли твердой и жидкой сред в гидромодуле при экстракции выявлялись в 2-х стадийной опытной серии. На 1-ой стадии диспергированную мякоть плодов хурмы подвергают жидкотвердофазной экстракции (ЖТФЭ) нагретой дистиллированной водной средой при 95 °С в течение 30 минут постоянно перемешивая при варьировании гидромодуля и переносят суспензию, по истечению времени, в термостатирующую емкость, где выстаивают ее при температуре 70 °С и ежечасно взбалтывают (общее время 10 часов), принимая во внимание, что этой продолжительности хватит для установления равновесия в гидромодуле. Далее рафинат мякоти плодов хурмы извлекают от экстракта путем фильтрации. На 2-ой стадии экстракт обезвоживают при конвективном подводе тепла при температуре 50 °С и по сухому остатку выявляют долю экстрактивных компонентов.

Долю сухого остатка в мякоти плодов хурмы и влажность ( $W$ ) рафината из мякоти плодов хурмы выявляют гравиметрическим способом, по которому проводят определение варьирования массы пробы при термообработке (температура 105 °С) посредством термогравиметрического анализатора влажности МХ-50 с галогенным радиационным излучателем.

Концентрация сухих растворимых веществ в экстракте определялась рефрактометрическим способом, используя прибор ИРФ-454Б2М, принцип работы которого основан на изменении преломления луча света в зависимости от концентрации исследуемого раствора.

Полученный рафинат, для выработки из него муки, обезвоживали при температуре 75 °С до относительной влажности 10%. Высушенные пробы диспергировали до порошкового состояния и разбивали на фракции посредством просеивания на ситовом полотне с перфорациями размером частиц 210 мкм. В результате мука из мякоти плодов хурмы была разделена на два две фракции частиц (крупная (больше 210 мкм) и мелкая (меньше 210 мкм)).

Содержание пищевых волокон в муке из мякоти плодов хурмы определялось известным методом [25], основанным на очистке клетчатки от сопутствующих ей веществ (гемицеллюлоза, лигнин, пектин и др.) обработкой исследуемых плодов смесью крепкой уксусной и азотной кислот. Краткое описание метода: 1 г испытуемой пробы переносят в емкость объемом 300–400 см<sup>3</sup>, добавляют 100 см<sup>3</sup> 4 % раствора серной кислоты, предварительно нагретой до кипения, и тщательно перемешивают. Уровень жидкой среды в емкости фиксируют меткой на ней. Затем композицию перемешивают и кипятят при слабом нагреве в течение 10 мин. Далее, прекращая кипячение следят, чтобы уровень жидкой среды дошел до риски не превышая ее.

После этого добавляют 28 см<sup>3</sup> раствора 20 % гидроксида калия и снова кипятят 10 мин. Полученную смесь отстаивают до образования осадка, а осветленную жидкую среду фильтруют. Осадок переносят на фильтр и промывают его дважды 1%-м раствором соляной кислоты в количестве 20 мл каждая промывка. Далее пищевые волокна трижды или четырежды промывают до нейтральной горячей водой, этиловым спиртом и диэтиловым эфиром (по 20 мл каждый). Промытый осадок сушат при температуре 160 °С до неизменной массы. Долю пищевых волокон находят, как:

$$ПВ = \frac{a}{b} 100\%, \quad (1)$$

где  $a$  – масса полученной клетчатки, г;  
 $b$  – величина навески исследуемого вещества, г.

Составление и расчет рецептуры макаронного теста, с учетом массовой доли внесенного, в него, порошка из мякоти плодов хурмы, проводился в следующей последовательности: задавались влажностью теста с учетом вида замеса – среднего типа ( $W$  теста от 30 до 32 %) для коротких макаронных изделий, включая фигурные «Campanelle». По  $W$  теста и муки находят нужный для замеса объем водной среды  $G_B$  (л), как:

$$G_B = G_M \frac{W_T - W_M}{100 - W_T}, \quad (2)$$

где  $G_M$  – доза муки, кг;  $W_T, W_M$  – влажность для теста и муки, %.

Макаронные изделия получали путем экструзии макаронного теста через соответствующую матрицу посредством макаронного пресса «Imperia and monferrina» S.p. A, модель «Dolly».

Органолептические и физико-химические показатели готовых макаронных изделий как в сыром, так и в отварном виде определяли согласно требованиям государственного стандарта ГОСТ 31964–2012 «Изделия макаронные. Правила приемки и определения качества».

### Результаты и обсуждение

Отметим, что на эффективность экстрагирования влияет состав гидромодуля [23, 24]. Воздействие температуры и ее рациональное значение выявили в ранее проведенной опытной серии теоретическим анализом. Выявление состава гидромодуля проводилось экспериментально, опираясь на максимально приемлемый удельный выход экстракционных компонентов.

В таблице 1 и в форме гистограммы (рисунок 2) показаны опытные данные по выявлению рационального состава гидромодуля для мякоти плодов хурмы сорта «Королек». Откуда вытекает, что 4-ый вариант является рациональным.

Таблица 1.

Опытные данные по выявлению рационального состава гидромодуля  
для мякоти плодов хурмы сорта «Королек»

Table 1.

Experimental data on revealing of rational composition of hydromodule  
for pulp of persimmon fruits of “Korolek” variety

Вариант Variant	Соотношение масс сырья и водной среды, г/г Ratio of masses of raw materials and aqueous medium, g/g	Масса экстракта, г Mass of extract, g	Масса сухого остатка, г Mass of dry residue, g	Доля сухого остатка в экстракте, % Proportion of dry residue in extract, %	Удельный выход, % Specific yield, %
1	10/20	12,5640	0,5920	4,710	9,420
2	10/30	12,0520	0,5470	4,540	13,620
3	10/40	12,7710	0,5580	4,370	17,480
4	10/50	12,6930	0,5290	4,170	20,850
5	10/60	12,4520	0,4330	3,480	20,890

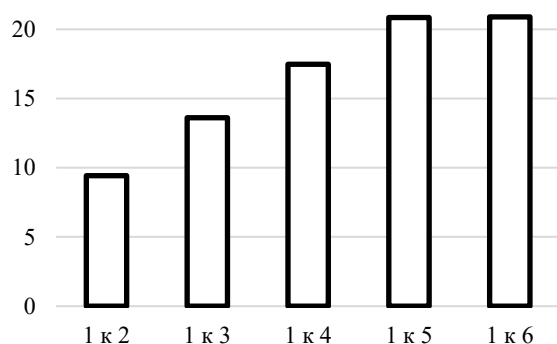


Рисунок 2. Гистограмма для выявления рационального состава гидромодуля для мякоти плодов хурмы сорта «Королек»

Figure 2. Histogram for identification of rational composition of hydromodule for pulp of persimmon fruits of “Korolek” variety

Для определения удельного выхода необходимо знать долю сухого остатка в сырьевом материале, которая приведена в таблице 2. В таблице 3 показаны данные по доле выделения водорастворимых компонентов.

Таблица 2.  
Доля сухого остатка в МПХ «Королек»

Table 2.  
Share of dry residue in Korolek MPA

1	2	3	4	5	Средняя величина Average
34,510	29,840	32,520	30,120	30,210	31,44

Таблица 3.  
Доля выделения растворимых в воде  
компонентов

Table 3.  
Release fraction of water-soluble components

Доля сухого остатка в мякоти плодов хурмы, % Share of dry residue in persimmon fruit pulp, %	Доля извл. компонентов из мякоти плодов хурмы, % Share of extracted components from persimmon fruit pulp, %	Доля извлечения, % Share of extraction, %
31,440	20,850	66,320

Сравнительный анализ долей извлечения переносимых компонентов приводит к выводу о том, что при определенных  $T$  и составе гидромодуля выделяется до 66,32 % по отношению к массе сухого остатка в мякоти плодов хурмы, при этом, учитывая, что в экстракт переносятся сахара, кислоты органического типа и иные компоненты, а белковые, липидные и нерастворимые пектиновые и пигментные составляющие остаются в рафинате из мякоти плодов.

Контрольное экстрагирование проводилось дистиллированной водой, дробленной мякотью плодов хурмы «Королек»,  $W$  которой составляет 62 %, при гидромодуле 1 к 5,  $T = 98-100$  °C и перемешивании до доли сухого остатка в экстракте не ниже 4 % (таблица 1). На рисунке 3 представлены кривые экстракции, на основе полученных результатов экспериментального исследования экстрагирования дистиллированной водой дробленной мякоти хурмы сорта «Королек».



Рисунок 3. Результаты экспериментальных исследований процесса экстрагирования водорастворимых веществ из мякоти хурмы сорта «Королек»

Figure 3. Results of experimental studies of the process of extraction of water-soluble substances from persimmon pulp of “Korolek” variety

Анализ проведенных исследований, посвященных экстрагированию водорастворимых веществ из мякоти хурмы горячей водой (таблицы 1, 2 и 3; рисунки 2 и 3), показывает, что за рациональные режимы его проведения следует принять гидромодуль 1 к 5, а продолжительность



35 минут, соответственно при температуре экстракции близкой к кипению и постоянному механическому перемешиванию водно-фруктовой суспензии.

В ходе обработки мякоти плодов хурмы методом высокотемпературной экстракции [26] в рафинате из мякоти плодов хурмы остается большая доля пищевых волокон, однако для заданной степени набухания высушенного материала влагу из мякоти плодов хурмы надо отводить при  $T < 50^\circ\text{C}$ . Однако, для эффективного теплопереноса к высушиваемому материалу,  $T$  теплоносителя должна превышать  $T$  материала. Разница  $T$  между фазами обусловлена интенсивностью и направлением перемещения теплового агента. С учетом [27, 28, 29, 30] эта разница составляет 15–20 градусов в конце операции сушки. По этой причине  $T$  сушильного агента принимаем, равной  $75^\circ\text{C}$ .

Обезвоживание рафината мякоти плодов хурмы планируется проводить в аппарате барабанного типа с прямоточным перемещением фаз. На выходе из данных аппарата [31, 32] интенсивность перемещения теплового агента ограничивается вероятностью пылеуноса. Данный предел составляет 2,5 м/с. В результате варьируется лишь коэффициент заполнения барабана (КЗБ) (1/3; 1/2; 2/3). Рациональное отношение его протяженности принимаем 4, причем при изменении условий и производительности процесса можно использовать масштабный переход к иным габаритам.

Изучение обезвоживания рафината мякоти плодов хурмы осуществляли на опытном стенде (рисунок 4), который скомпонован из: 1 – рабочего отсека; 2 – радиационного бесконтактного пирометра; 3 – термодатчика; 4 – калориферной установки; 5 – подставки; 6 – образца анализа; 7 – анемометра.

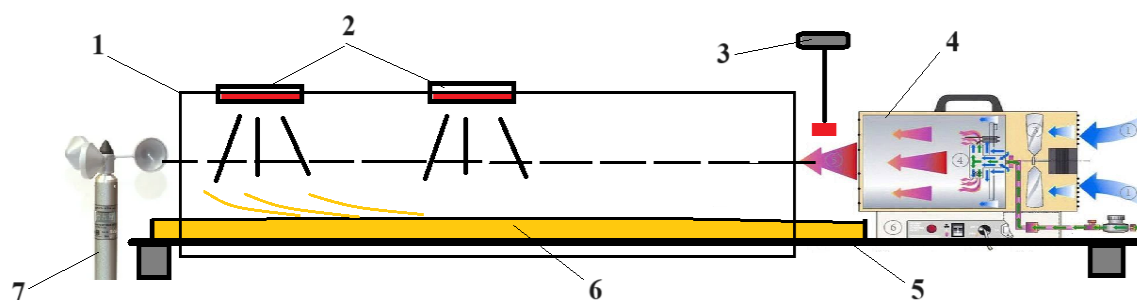


Рисунок 4. Опытный стенд для обезвоживания мякоти плодов хурмы

Figure 4. Experimental stand for dehydration of persimmon fruit pulp

Здесь  $T$  и влажность воздушной среды регистрируется посредством пирометра DT-9862. Интенсивность перемещения сушильного агента определяется с помощью анемометра Мегеон 11030,

который позволяет фиксировать не только ее средние величины, но и скачки. В таблице 4 показаны, как переменный, так фиксированные показатели, влияющие на процесс удаления влаги.

Таблица 4.

Показатели режима обезвоживания рафината из мякоти плодов хурмы при перемещении теплоносителя параллельно поверхности слоя продукта

Table 4.

Indicators of the mode of dehydration of persimmon fruit pulp raffinate when the coolant is moved parallel to the surface of the product layer

Исходная $W$ рафината из мякоти плодов хурмы, % Initial $W$ of raffinate from persimmon pulp, %	Коэффициент заполнения барабана Drum filling factor	$T$ теплоносителя $^\circ\text{C}$ Heat carrier $T$ $^\circ\text{C}$	Скорость сушильного агента, м/с Drying agent speed, m/s	Конечная $W$ рафината из мякоти плодов хурмы, % Final $W$ of raffinate from persimmon pulp, %
62	1/3; 1/2; 2/3	$75^\circ\text{C}$	2,5 м/с	10

В результате проведенных экспериментальных исследований построены кривые конвективной сушки частичек рафината из мякоти плодов хурмы, которые представлены на рисунке 5.

$$Y = \frac{M}{\tau V}, \quad (3)$$

Анализ  $Y$  приводит к выводу, что рациональный коэффициент заполненности барабана равен 1/2. При этом продолжительность операции составила 95 минут до  $W = 10\%$  и  $Y = 208$  (кг/(м<sup>3</sup>·час)).

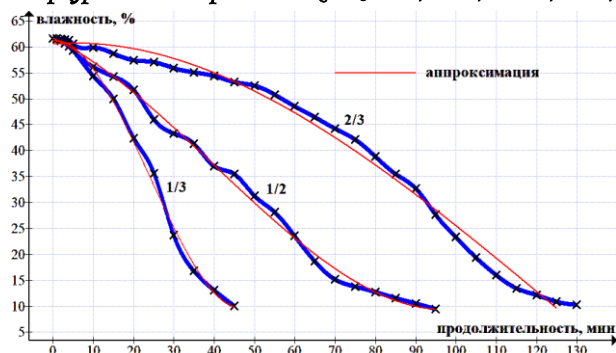


Рисунок 5. Кривые обезвоживания рафината из мякоти плодов хурмы при  $T$  теплового агента  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , его скорости  $2,5\text{ м/с}$  и варьируемом коэффициенте заполненности барабана от  $1/3$  до  $2/3$

Figure 5. Dehydration curves of persimmon fruit pulp raffinate at a heat agent  $T$  of  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , its velocity of  $2.5\text{ м/с}$  and varying drum filling ratio from  $1/3$  to  $2/3$

Одной из задач при изучении обезвоживания является выявление выхода высушенного материала  $Y$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$ , отнесенного к объему  $V$  зоны сушки и ее продолжительности  $\tau$ :

Высушенные образцы рафината измельчали с помощью ножевой мельницы и полученный порошок с помощью сита с отверстием  $210\text{ мкм}$  разделяли на две фракции. В итоге, были получены две фракции муки из хурмы: крупная (больше  $210\text{ мкм}$ ) и мелкая (меньше  $210\text{ мкм}$ ), в которых посредством экспериментального исследования были определены: общее содержание пищевых волокон, а также его распределение на растворимую нерастворимую части. Доступные углеводы рассчитывались по их разнице. Результаты этого этапа исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Данные по пищевым волокнам в муке из плодов хурмы сорта «Королек»

Table 5.

Data on dietary fiber in flour from persimmon fruits of "Korolek" variety

Размер частиц, мкм Particle size, microns	Содержание пищевых волокон, г/100г Dietary fiber content, g/100g			Содержание углеводов, г/100г Carbohydrate content, g/100g
	общее total	растворимых soluble	нерастворимых insoluble	
> 210	43,15	32,19	10,96	41,73
< 210	40,22	31,67	8,55	44,00

Очевидно, что высокое содержание углеводов в исследуемой муке из плодов хурмы (значения находились в пределах  $40\text{--}43\text{ г}/100\text{ г}$  соответственно), связано с их большим количеством в используемой мякоти. В отношении содержания общего количества пищевых волокон и нерастворимой части (таблица 5), аналогичные значения были сообщены в работах [33, 34] для подобных порошковых продуктов из плодов хурмы. Усредненное значение нерастворимых пищевых волокон превышает усредненное содержание растворимых пищевых волокон для всех видов муки на  $65\%$ , что не является особенным, т. к. об этом факте ранее сообщали другие авторы, в частности [33, 34]. Содержание нерастворимых пищевых волокон во всех видах муки практически не связано с размером частиц, при этом содержание пищевых волокон и растворимых пищевых волокон уже имеет выраженную взаимосвязь, чем больше размер частиц, тем выше содержание пищевых волокон. Таким образом важно подчеркнуть, что наименьшее содержание растворимых пищевых волокон было обнаружено для частиц наименьшего размера.

Компоновка рецептурного состава макаронных изделий из пшеничной крупки «Гремме 2У», принимая во внимание массовую долю введения порошкового премикса их рафината плодов хурмы осуществлялась пошагово с интервалом  $5\%$ , то есть контрольная проба и пробы с различной долей премикса ( $5; 10; 15$  и  $20\%$ ). В таблице 6 представлены данные, необходимые для расчета рецептуры по уравнению (2), в котором параметр  $W_M$  будет соответствовать не только влажности муки для контрольного образца, но и влажности смеси двух видов муки, пшеничной и муки из плодов хурмы.

Таблица 6.

Данные для расчета рецептуры макаронного теста

Table 6.

Data for pasta dough recipe calculation

Образец   Sample	$G_M$ , кг	$W_T$ , %	$W_M$ , %	$G_B$ , л
1. контрольный control	1	30	12,0	0,26
2. добавка 5%			11,9	
3. добавка 10%			11,8	
4. добавка 15%			11,7	
5. добавка 20%			11,6	

Общеизвестно, что сырые макаронные изделия представляют собой хорошую среду для протекания различных микробиологических и биохимических процессов, поэтому одним из важнейших этапов в изготовлении макаронных изделий является их сушка. Для предотвращения этих процессов необходимо консервировать макаронные изделия путем их обезвоживания до конечной влажности не более 13 %. Правильность проведения процесса сушки оказывает большое влияние на ряд ключевых показателей качества готовой продукции, а именно – на прочность, кислотность и стекловидность излома [35, 36]. На рисунке 6 представлены фотографии макаронных изделий, полученных путем экструзии макаронного теста через соответствующую матрицу посредством макаронного пресса «Imperia and monferrina» S.p. A, модель «Dolly», на примере образца № 4 и высушенных при «мягком» режиме (таблица 7) [37].

Классический процесс сушки, используемый во многих современных технологиях, включает следующие стадии: предварительная сушка, отволаживание, окончательная сушка. Основные режимы сушки макаронных изделий представлены в таблице 7 [38]. Исследуемые образцы сушили при «мягком» режиме (таблица 7), используя сушильный шкаф.



Рисунок 6. Фотографии макаронных изделий образца № 4

Figure 6. Photographs of pasta sample No. 4

Основные режимы сушки макаронных полуфабрикатов [38]

Таблица 7.

Table 7.

Main modes of drying of pasta semi-finished products [38]

Режим сушки Drying parameters	Параметры сушки				Относительная влажность, % Relative humidity, %
	Т предварительной сушки, °C Pre-drying T, °C	Т окончательной сушки, °C Final drying T, °C	Продолжительность, ч Duration, h		
			сушки drying	стабилизации stabilize	
«мягкий» soft	50–56	38–56	24	–	68–74
«средний» medium	55–67	60–82	11	2–3	66–80
«жесткий» hard	свыше 95	85	4	3	85

С целью выявления органолептических показателей макаронных изделий была сформирована экспертная группа из 5-ти человек, которые проводили оценку формы, внешнего вида, вкуса и аромата по 5-бальной шкале: 5 баллов (высокое качество), 4 балла (хорошее качество), 3 балла (удовлетворительное качество) и 2 балла (неудовлетворительное качество) с учетом поправок на органолептические характеристики, соответствующие полученной муки из хурмы. На рисунке 7 представлены фотографии сырых и отварных макаронных изделий на примере образца № 4.

Экспертная субъективная оценка при корректной организации приближается к физико-химическим способам, а порой служит единственным подходом [39]. На рисунке 8 представлен результат проведенного органолептического анализа сырых и отварных макаронных изделий, который, для лучшей наглядности выполнен в виде профилограмм. Профильный метод сенсорного анализа дает возможность проводить более наглядное и детальное сравнение вырабатываемых обогащенных макаронных изделий с контрольным образцом.





Рисунок 7. Фотографии макаронных изделий в сыром (а), а также и отварном (б) видах, на примере образца № 4  
Figure 7. Photographs of pasta in raw (a) as well as boiled (b) forms, based on sample No. 4

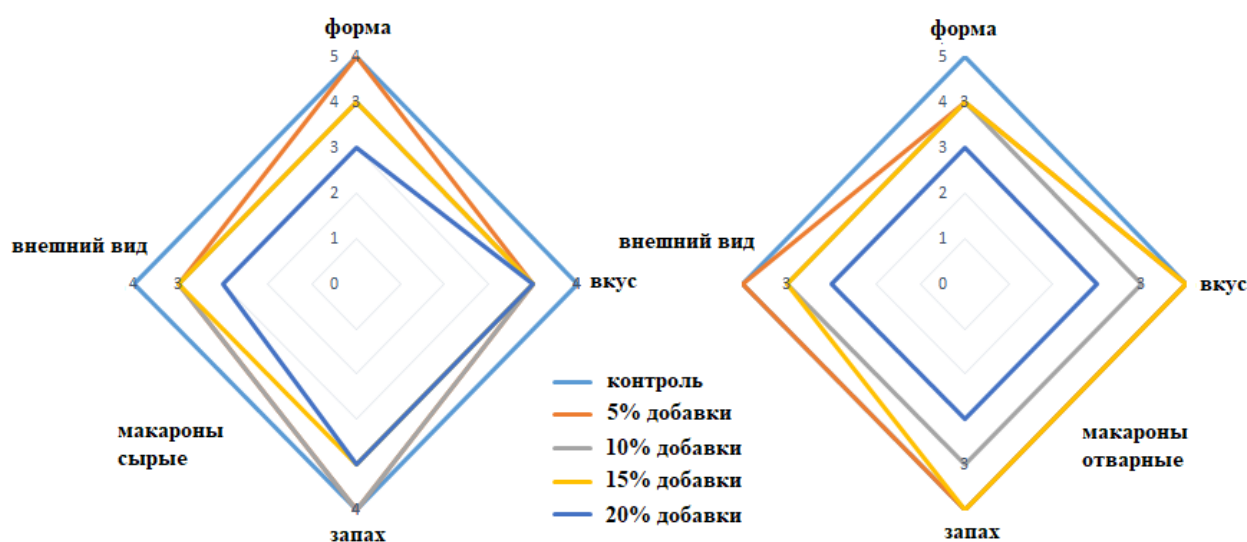


Рисунок 8. Результат органолептического анализа выработанных макаронных изделий  
Figure 8. Result of organoleptic analysis of pasta products produced

Органолептический анализ выработанных макаронных изделий из сорта пшеницы «Греммэ 2У» с добавлением муки из плодов хурмы показал, что практически все образцы макаронных изделий, кроме 5-го (таблица 6), могут быть рекомендованы в промышленное производство, при этом количество добавки в интервале от 5% до 15% необходимо выбирать в зависимости от желаемого обогащения пищевыми волокнами (таблица 5). Уровень обогащения пищевыми волокнами (г/100г) макаронных изделий в зависимости от массовой доли добавки ( $\kappa$ , %) учитывая проведенные исследования может быть рассчитан из линейного соотношения (4), представленного ниже.

Известно, что норма потребления пищевых волокон для здорового человека составляет от 25 до 30 г в сутки [20].

$$ПВ = 9,95\kappa + 0,333. \quad (4)$$

Таким образом, проведенные исследования научно подтверждают, что муку из плодов хурмы вполне можно использовать в макаронной промышленности для выработки цельнозерновых обогащенных макаронных изделий, которые не только позволяют расширить ассортимент выпускаемой продукции, но и благотворно повлиять на здоровье человека.

### Заключение

В работе показана целесообразность использования фруктового вторичного сырья, на примере хурмы сорта «Королек», подвергнутой переработке в сфере производства безалкогольных напитков, а именно водных экстрактов или переспевшее, т. е. подлежащее к розничной продаже. В итоге, побочные продукты агропромышленного производства становятся ценными ресурсами, которые могут стать функциональными ингредиентами для выработки цельнозерновых макаронных изделий, причем основным сырьевым

материалом для макаронного теста целесообразно применить сорт пшеницы «Греммэ 2У», относящейся к полбе, так как у данного вида зерна полбы наблюдается голозерность, что обуславливает выработку макаронных изделий без замачивания, то есть заметно уменьшить подготовку зерна для набухания и размягчения его оболочек, что необходимо для сохранения массы и качественных показателей клейковины, как структурообразователя при выработке готовых макаронных изделий.

### Литература

- Осипова Г.А., Хмелева Е.В. Использование зерна полбы сорта Греммэ в макаронном производстве // Хранение и переработка сельхозсырья. 2023. № 1. С. 190–199.
- Хмелева Е.В., Осипова Г.А. Использование полбяной муки в хлебопекарном и макаронном производствах // Продукты питания. Новые технологии. 2022. С. 4–24.
- Кандроков Р.Х., Белявская И.Г., Святославов И.М. Технология получения макаронной муки или крупы типа «манная» из зерна полбы // Главный редактор. 2023. С. 226.
- Chettrariu A., Dabija A. Quality characteristics of spelt pasta enriched with spent grain // Agronomy. 2021. V. 11. № 9. P. 1824. doi: 10.3390/agronomy11091824
- Мирошина Т.А., Резниченко И.Ю. Утилизация продуктов питания и побочных продуктов сельского хозяйства // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств. С. 226.
- Rațu R.N., Bosancu B., Mironeasa S. et al. Application of agri-food by-products in the food industry // Agriculture. 2023. V. 13. № 8. P. 1559. doi: 10.3390/agriculture13081559
- Фокина Е. Субтропический фрукт хурма – источник антиоксидантов // Биобезопасность и Биотехнология. 2023. Т. 12. № 1. С. 6–23.
- Макаров А.Е., Нугманов А.Х.-Х., Алексанян И.Ю. и др. Кинетические закономерности обезвоживания экстрагированного рафината мякоти хурмы // Современная наука и инновации. 2025. № 4. С. 98–111.
- Макаров А.Е., Нугманов А.Х.-Х., Алексанян И.Ю. и др. Исследование кинетики экстракции водорастворимых веществ из мякоти хурмы // Индустрия питания. 2024. Т. 9. № 3. С. 56–68.
- Matheus J.R.V., Andrade C.J., Fai A.E.C. et al. Persimmon (*Diospyros kaki* L.): Chemical properties, bioactive compounds and potential use in the development of new products – A review // Food Reviews International. 2022. V. 38. № 4. P. 384–401. doi: 10.1080/87559129.2020.1733599
- Tardugno R., Savini S., Kocsis L. et al. Nutritional and mineral composition of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L.) from Central and Southern Italy // Natural Product Research. 2022. V. 36. № 20. P. 5168–5173. doi: 10.1080/14786419.2021.1919106
- Шефер В.Э. Хурма: состав, полезные свойства, правила выбора // Конкурентоспособность территорий. 2021. С. 123–125.
- Сорокопудов В.Н., Долгих Е.М., Хромов Н.В. и др. Совершенствование сортимента нетрадиционных садовых культур России // Фундаментальные исследования. 2013. № 11-1. С. 115–121.
- Агирбов Ю.И., Крицкая С.С., Симонова Ж.С. и др. Россия и другие страны на мировом рынке плодово-ягодной продукции // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 6. С. 129–147.
- Курцева В.Г., Колесниченко М.Н. Макароны изделия с добавлением растительного сырья алтайского края // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы. 2022. С. 114.
- Макаров А.Е. Физико-химические свойства спагетти с использованием муки хурмы как натурального концентрированного экстракта // Научный редактор. 2024. С. 17.
- Цыганова Т.Б., Классина С.Я. Системный подход к разработке функциональных хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий // Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств. 2019. С. 66–73.
- Фазулина О.Ф., Смирнов С.О. Макароны изделия повышенной пищевой ценности с использованием полбы // Ползуновский вестник. 2019. № 3. С. 13–18.
- Казеннова Н.К., Шнейдер Д.В., Цыганова Т.Б. Формирование качества макаронных изделий. М.: ДеЛи принт, 2009. 100 с.
- Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2008. 41 с.
- Доровских Г.Н. Количество, вес и размеры семян у хурмы сорта «КОРОЛЕК» // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Биология. Геология. Химия. Экология. 2023. № 1 (25). С. 31–50.
- Акаба А.Н., Щербак Е.В. Полезные свойства плодов хурмы // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. 2019. С. 616–619.

- 23 Евсеева С.С. Разработка способа получения экстракта из тутовых плодов и совершенствование процесса его сушки: дис. ... канд. техн. наук. 2022. 203 с.
- 24 Андреева Е.В. Научное обоснование процессов комплексной сушильно-экстракционной обработки баклажанной кожуры: дис. ... канд. техн. наук. 2022. 211 с.
- 25 Трухачев В.И., Злыднев Н.З., Ткаченко М.А. и др. Методы химического анализа сырья и продуктов переработки. Ставрополь: АГРУС, 2006. 104 с.
- 26 Akter M.S., Ahmed M., Eun J.B. Effect of blanching and drying temperatures on the physicochemical characteristics, dietary fiber composition and antioxidant-related parameters of dried persimmons peel powder // International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2010. V. 61. № 7. P. 702–712. doi: 10.3109/09637481003769287
- 27 Филоненко Г.К., Гришин М.А., Гольденберг Я.М., Коссек В.К. Сушка пищевых растительных материалов. М.: Пищевая промышленность, 1971. 440 с.
- 28 Алексанян И.Ю., Буйнов А.А. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование: монография. Астрахань: АГТУ, 2004. 380 с.
- 29 Lee J.H., Son H.S., Park Y.K. et al. Comparative studies of antioxidant activities and nutritional constituents of persimmon juice (*Diospyros kaki* L. cv. Gapjubaekmok) // Preventive Nutrition and Food Science. 2012. V. 17. № 2. P. 141–151. doi: 10.3746/pnf.2012.17.2.141
- 30 Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1975. 527 с.
- 31 Тожиев Р.Ж., Абдуллаев Ш.Х., Хамраев Ж.Ж. и др. Оптимизация конструкции сушильного барабана на основе системного анализа процесса // Universum: технические науки. 2020. № 11-1 (80). С. 59–65.
- 32 Байтурсев А.М., Ким В.Д., Абдуллаев А.А. и др. Оптимизационная задача определения конструктивных параметров сушильного барабана со смешанным режимом термообработки // Механика и технологии. 2019. № 4. С. 50–58.
- 33 Lucas-González R., Viuda-Martos M., Pérez-Alvarez J.A. et al. Evaluation of particle size influence on proximate composition, physicochemical, techno-functional and physio-functional properties of flours obtained from persimmon (*Diospyros kaki* Trumb.) coproducts // Plant Foods for Human Nutrition. 2017. V. 72. P. 67–73. doi: 10.1007/s11130-016-0589-7
- 34 Lee S.O., Chung S.K., Lee I.S. The antidiabetic effect of dietary persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Sangjudungsi) peel in streptozotocin-induced diabetic rats // Journal of Food Science. 2006. V. 71. № 3. P. S293–S298. doi: 10.1111/j.1365-2621.2006.tb15641.x
- 35 Рахимов Р.Х., Ибрагимов Х.Х., Ходжиев А.А. и др. Конвейерная сушка макаронных изделий // Пищевая промышленность. 2007. № 8. С. 18–19.
- 36 Зудин Е.С., Попов В.М., Афонькина В.А. Инфракрасная сушка макаронных изделий с применением транспортерно-каскадной сушилки СТКИ 7 // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. 2018. С. 95–98.
- 37 Попов В.П., Грузинцева В.А. Проектирование технологического процесса сушки макаронных изделий: монография. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2008. 141 с.
- 38 Романчиков С.А. Устройство для ускоренной ультразвуковой сушки макаронных изделий в поле инфракрасного излучения // Ползуновский вестник. 2018. № 1. С. 70–76.
- 39 Мардар М.Р., Давыдова Е.А., Лилишенцева А.Н. Deskriptorные методы органолептического анализа в оценке качества сыра // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2021. Т. 13. № 4. С. 6–14.

## References

- 1 Osipova G.A., Khmeleva E.V. The use of Gremme spelt grain in pasta production. Storage and processing of agricultural raw materials. 2023. no. 1. pp. 190–199. (in Russian)
- 2 Khmeleva E.V., Osipova G.A. The use of spelt flour in bakery and pasta production. Food products. New technologies. 2022. pp. 4–24. (in Russian)
- 3 Kandrov R.Kh., Belyavskaya I.G., Svyatoslavova I.M. Technology for producing pasta flour or semolina from spelt grain. Editor-in-chief. 2023. p. 226. (in Russian)
- 4 Chetariu A., Dabija A. Quality characteristics of spelt pasta enriched with spent grain. Agronomy. 2021. vol. 11. no. 9. p. 1824. doi: 10.3390/agronomy11091824
- 5 Miroshina T.A., Reznichenko I.Yu. Utilization of food and agricultural by-products. Modern problems of technology and technology of food production. p. 226. (in Russian)
- 6 Rau R.N. et al. Application of agri-food by-products in the food industry. Agriculture. 2023. vol. 13. no. 8. p. 1559. doi: 10.3390/agriculture13081559
- 7 Fokina E. Subtropical persimmon fruit is a source of antioxidants. Biosafety and Biotechnology. 2023. vol. 1. no. 12. pp. 6–23. (in Russian)
- 8 Makarov A.E., Nugmanov A.H.-H., Aleksanyan I.Yu. et al. Kinetic patterns of dehydration, extracted raffinate of persimmon pulp. Modern science and innovations. 2025. no. 4. pp. 98–111. (in Russian)
- 9 Makarov A.E., Nugmanov A.H.-H., Aleksanyan I.Yu. et al. Investigation of the kinetics of extraction of water-soluble substances from persimmon pulp. Food Industry. 2024. vol. 9. no. 3. pp. 56–68. (in Russian)
- 10 Matheus J.R.V. et al. Persimmon (*Diospyros kaki* L.): Chemical properties, bioactive compounds and potential use in the development of new products – A review. Food Reviews International. 2022. vol. 38. no. 4. pp. 384–401. doi: 10.1080/87559129.2020.1858313
- 11 Tardugno R. et al. Nutritional and mineral composition of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L.) from Central and Southern Italy. Natural Product Research. 2022. vol. 36. no. 20. pp. 5168–5173. doi: 10.1080/14786419.2021.1919106

- 12 Schafer V.E. Persimmon: composition, useful properties, rules of choice. Competitiveness of territories. 2021. pp. 123–125. (in Russian)
- 13 Sorokopudov V.N. et al. Improving the assortment of non-traditional garden crops in Russia. Fundamental research. 2013. no. 11-1. pp. 115–121. (in Russian)
- 14 Agirbov Yu.I. et al. Russia and other countries on the world market of fruit and berry products. Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. 2021. no. 6. pp. 129–147. (in Russian)
- 15 Kurtseva V.G., Kolesnichenko M.N. Pasta with the addition of vegetable raw materials of the Altai territory. Modern problems of technology and technology of food production: materials. 2022. p. 114. (in Russian)
- 16 Makarov A.E. Physico-chemical properties of spaghetti using persimmon flour as a natural concentrated extract. Scientific editor. 2024. p. 17. (in Russian)
- 17 Tsyganova T.B., Klassina S.Ya. A systematic approach to the development of functional bakery, confectionery and pasta products. Food ingredients and biologically active additives in food and perfumery and cosmetics technologies. 2019. pp. 66–73. (in Russian)
- 18 Fazullina O.F., Smirnov S.O. Macaroni products of high nutritional value with spelt. Polzunovsky Herald. 2019. no. 3. pp. 13–18. (in Russian)
- 19 Kazennova N.K., Schneider D.V., Tsyganova T.B. Shaping the quality of the pasta. Moscow: Deli Print Publ., 2009. 100 p. (in Russian)
- 20 Norms of physiological energy and nutritional requirements for various groups of the population of the Russian Federation: Methodological recommendations MP 2.3.1.2432 – 08, approved by the Government of the Russian Federation. By Rospotrebnadzor on 12/18/2008: effective from 12/18/2008. Moscow; Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2008. 41 p. (in Russian)
- 21 Dorovskikh G.N. The number, weight and size of seeds of the persimmon variety "KOROLEK". Bulletin of Syktyvkar University. Series 2. Biology. Geology. Chemistry. Ecology. 2023. no. 1 (25). pp. 31–50. (in Russian)
- 22 Akaba A.N., Shcherbakova E.V. Useful properties of persimmon fruits. Modern aspects of production and processing of agricultural products. 2019. pp. 616–619. (in Russian)
- 23 Evseeva S.S. Development of a method for obtaining extract from mulberry fruits and improving its drying process: specialty 05.18.12 "Processes and devices of food production": dissertation on application for the degree of Candidate of Technical Sciences. 2022. 203 p. (in Russian)
- 24 Andreeva E.V. Scientific substantiation of the processes of complex drying and extraction of eggplant peel: specialty 05.18.12 "Processes and devices of food production": dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. 2022. 211 p. (in Russian)
- 25 Trukhachev V.I., Zlydnev N.Z., Tkachenko M.A. et al. Methods of chemical analysis of raw materials and processed products. Stavropol: AGRUS Publishing House, 2006. 104 p. (in Russian)
- 26 Akter M.S., Ahmed M., Eun J.B. Effect of blanching and drying temperatures on the physicochemical characteristics, dietary fiber composition and antioxidant-related parameters of dried persimmons peel powder. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2010. vol. 61. no. 7. pp. 702–712. doi: 10.3109/09637481003763230
- 27 Filonenko G.K., Grishin M.A., Goldenberg Ya.M., Kossek V.K. Drying of food plant materials. Moscow: Food industry Publ., 1971. 440 p. (in Russian)
- 28 Aleksanyan I.Y., Buinov A.A. High-intensity drying of food products. Foam dryer. Theory. Practice. Modeling: a monograph. Astrakhan: AGTU, 2004. 380 p. (in Russian)
- 29 Lee J.H. et al. Comparative studies of antioxidant activities and nutritional constituents of persimmon juice (*Diospyros kaki* L. cv. Gapjubaekmok). Preventive Nutrition and Food Science. 2012. vol. 17. no. 2. p. 141. doi: 10.3746/pnf.2012.17.2.141
- 30 Ginzburg A.S. Fundamentals of theory and technology of food drying. Moscow: Food Industry Publ., 1975. 527 p. (in Russian)
- 31 Tozhiev R.J. et al. Optimization of the drying drum design based on a system analysis of the process. Universum: technical sciences. 2020. no. 11-1 (80). pp. 59–65. (in Russian)
- 32 Baitureev A.M. et al. The optimization problem of determining the design parameters of a drying drum with a mixed heat treatment mode. Mechanics and technology. 2019. no. 4. pp. 50–58. (in Russian)
- 33 Lucas-González R. et al. Evaluation of particle size influence on approximate composition, physicochemical, techno-functional and physio-functional properties of flowers obtained from persimmon (*Diospyros kaki* Trumb.) coproducts. Plant Foods for Human Nutrition. 2017. vol. 72. pp. 67–73. doi: 10.1007/s11130-016-0592-z
- 34 Lee S.O., Chung S.K., Lee I.S. The antidiabetic effect of dietary persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Sangjudungsi) peel in streptozotocin-induced diabetic rats. Journal of food science. 2006. vol. 71. no. 3. pp. 293–298. doi: 10.1111/j.1750-3841.2006.00017.x
- 35 Rakhimov R.H. et al. Conveyor drying of pasta. Food industry. 2007. no. 8. pp. 18–19. (in Russian)
- 36 Zudin E.S., Popov V.M., Afonkina V.A. Infrared drying of pasta using a conveyor cascade dryer STKI 7. Science and education: experience, problems, development prospects. 2018. pp. 95–98. (in Russian)
- 37 Popov V.P., Gruzintseva V.A. Designing the technological process of drying pasta: a monograph. Orenburg: IPK GO OSU, 2008. 141 p. (in Russian)
- 38 Romanchikov S.A. Device for accelerated ultrasonic drying of pasta in the field of infrared radiation. Polzunovsky bulletin. 2018. no. 1. pp. 70–76. (in Russian)
- 39 Mardar M.R., Davydova E.A., Lilishentseva A.N. Descriptive methods of organoleptic analysis in assessing the quality of cheese. Food industry: science and technology. 2021. vol. 13. no. 4. pp. 6–14. (in Russian)

## Сведения об авторах

**Николай В. Меркурьев** аспирант, кафедра технологии хранения и переработки плодовоощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, merkurevzoom@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2983-9224>

**Артём Е. Макаров** технолог, продукция общественного питания, ООО «ПАСТАПИЦЦА», ул. Тургенева, 10/14, литера АА2, помещение 3, г. Астрахань, 414000, Россия, artem.makarov.2011@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6787-7697>

**Альберт Х.-Х. Нугманов** д.т.н., профессор, кафедра технологии хранения и переработки плодовоощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, nugmanov@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4093-9982>

**Игорь Ю. Алексанян** д.т.н., профессор, кафедра технологических машин, Астраханский государственный технический университет, ул. Татищева, 16/1, г. Астрахань, 414056, Россия, 16081960igor@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5494-1226>

**Павел Д. Осмоловский** к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки плодовоощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, pavel.osmolovsku@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1131-1552>

**Ксения А. Бородулина** студент, кафедра технологии хранения и переработки плодовоощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, borodulina.ksyacha@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0003-9395-0936>

## Вклад авторов

**Николай В. Меркурьев** проведение экспериментальных исследований и обработка полученных данных

**Артём Е. Макаров** выбор и подготовка растительного сырья для экспериментальных исследований

**Альберт Х.-Х. Нугманов** статистическая обработка результатов исследования и их оценка

**Игорь Ю. Алексанян** общее руководство исследовательской работы

**Павел Д. Осмоловский** проверка полученных экспериментальных исследований и подготовка рукописи к публикации

**Ксения А. Бородулина** систематизация информации, полученной при анализе литературных источников

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Information about authors

**Nikolay V. Merkuryev** postgraduate student, department of technology of storage and processing of fruit and vegetable and crop products, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, Russia, merkurevzoom@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2983-9224>

**Artyom E. Makarov** technologist, catering products, LLC «PASTAPIZZA», Turgenev St., 10/14, letter AA2, room 3, Astrakhan, 414000, Russia, artem.makarov.2011@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6787-7697>

**Albert H.-H. Nugmanov** Dr. Sci. (Engin.), professor, department of technology of storage and processing of fruit and vegetable and crop products, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, Russia, nugmanov@rgau-msha.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4093-9982>

**Igor Y. Aleksanyan** Dr. Sci. (Engin.), professor, department of technological machine, Astrakhan State Technical University, Tatishcheva str., 16/1, Astrakhan, 414056, Russia, 16081960igor@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5494-1226>

**Pavel D. Osmolovskiy** Cand. Sci. (Agric.), associate professor, department of technology of storage and processing of fruit and vegetable and crop products, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, Russia, pavel.osmolovsku@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1131-1552>

**Ksenia A. Borodulina** student, department of technology of storage and processing of fruit and vegetable and crop products, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, Russia, borodulina.ksyacha@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0003-9395-0936>

## Contribution

**Nikolay V. Merkuryev** conducting experimental studies and processing the data obtained

**Artyom E. Makarov** selection and preparation of plant raw materials for experimental research

**Albert H.-H. Nugmanov** statistical processing of research results and their evaluation

**Igor Y. Aleksanyan** general guidance of the research work

**Pavel D. Osmolovskiy** verification of the experimental studies obtained and preparation of the manuscript for publication

**Ksenia A. Borodulina** Systematization of information obtained by analyzing literary sources

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/04/2025	После редакции 18/05/2025	Принята в печать 20/05/2025
Received 21/04/2025	Accepted in revised 18/05/2025	Accepted 20/05/2025