

## БИОТЕХНОЛОГИЯ/BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.98>

### ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОШКОВ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЯБЛОЧНЫХ И МОРКОВНЫХ ВЫЖИМОК

Научная статья

Оганнесян Ф.А.<sup>1,\*</sup>, Басковцева А.С.<sup>2</sup>, Баракова Н.В.<sup>3</sup>, Афанасенко А.Е.<sup>4</sup>, Зыкин К.А.<sup>5</sup>, Самоделкин Е.А.<sup>6</sup>,  
Туралин Д.О.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0005-6107-7292;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-0726-4386;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0001-7296-8609;

<sup>4</sup> ORCID : 0009-0001-8566-4679;

<sup>5</sup> ORCID : 0009-0005-6718-8671;

<sup>6</sup> ORCID : 0000-0001-9576-4940;

<sup>7</sup> ORCID : 0009-0007-3746-7383;

<sup>1, 2, 3</sup> Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский государственный технологический институт, Санкт-Петербург, Российская Федерация  
<sup>5, 7</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности, филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской Академии Наук, Москва, Российская Федерация

<sup>6</sup> Курчатовский институт - Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», Санкт-Петербург, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (philhovhannisyan[at]yandex.com)

#### Аннотация

Исследовано влияние ферментативной обработки яблочной и морковной мезги, способов сушки выжимок, а также ферментативной обработки самих выжимок на функционально-технологические свойства полученных порошков: водо- и влагоудерживающую способность, степень набухания и растворимость. В качестве ферментных препаратов использовали Vegazym M (для яблочного сырья) и Fructozym MA (для морковного). Обработка проводилась при 50 °C в течение 1 ч. Сушку выжимок выполняли конвективным способом (50°C) и низкотемпературным вакуумным способом (35°C). Было установлено, что степень набухания яблочных порошков, полученных из выжимок, мезга которых была обработана ферментным препаратом и высушенных низкотемпературным вакуумным способом выше, чем степень набухания порошков, полученных из выжимок, мезга которых была обработана ферментным препаратом и высушенных конвективным способом, при этом время достижения максимальной степени набухания для выжимок высушенных низкотемпературным вакуумным способом составляет 10 мин, а конвективным — 20 мин. Наоборот, степень набухания порошков, полученных из морковных выжимок, мезга которых была обработана ферментным препаратом и высушенных низкотемпературным вакуумным способом ниже, чем степень набухания порошков, полученных из выжимок, мезга которых была обработана ферментным препаратом и высушенных конвективным способом, при этом время достижения максимальной степени набухания для выжимок высушенных низкотемпературным вакуумным способом составляет 15 мин, а конвективным — 25 мин. Ферментативная модификация снижала влажность выжимок и изменяла гранулометрический состав порошков. Наибольший проход через сите  $\varnothing$  0,25 мм показали порошки из выжимок, обработанных Vegazym M и Fructozym MA в дозе 0,05%. При той же дозе достигнута и максимальная растворимость порошков. Таким образом, варьируя дозы ферментных препаратов и режимы сушки, можно направленно изменять свойства порошков, что важно для разработки рецептур функциональных продуктов питания.

**Ключевые слова:** яблочные выжимки, морковные выжимки, ферментативная обработка, низкотемпературная вакуумная сушка, функционально-технологические свойства порошков, растворимость.

### FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF POWDERS FROM MODIFIED APPLE AND CARROT SQUEEZE EXTRACTS

Research article

Hovhannisyan F.<sup>1,\*</sup>, Baskovtseva A.S.<sup>2</sup>, Barakova N.V.<sup>3</sup>, Afanasenko A.E.<sup>4</sup>, Zykin K.A.<sup>5</sup>, Samodelkin E.A.<sup>6</sup>, Turalin D.O.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0005-6107-7292;

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-0726-4386;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0001-7296-8609;

<sup>4</sup> ORCID : 0009-0001-8566-4679;

<sup>5</sup> ORCID : 0009-0005-6718-8671;

<sup>6</sup> ORCID : 0000-0001-9576-4940;

<sup>7</sup> ORCID : 0009-0007-3746-7383;

<sup>1, 2, 3</sup> Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, Russian Federation

<sup>4</sup> St. Petersburg State Technological Institute, Saint-Petersburg, Russian Federation

<sup>5,7</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration Industry - branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Science, Moscow, Russian Federation

<sup>6</sup> Kurchatov Institute - Central Research Institute of Structural Materials "Prometheus", Saint-Petersburg, Russian Federation

\* Corresponding author (philhovhannisan[at]yandex.com)

## Abstract

The influence of enzymatic treatment of apple and carrot pulp, methods of drying the squeeze, as well as enzymatic treatment of the squeeze itself on the functional and technological properties of the obtained powders: water- and moisture-holding capacity, degree of swelling and solubility was studied. Vegazym M (for apple raw material) and Fructozym MA (for carrot raw material) were used as enzyme drugs. Processing was carried out at 50 °C for 1 h. Drying of the squeeze was carried out by convection method (50°C) and low-temperature vacuum method (35°C). It was found that the degree of swelling of apple powders obtained from squeeze powders, the pulp of which was treated with enzyme drug and dried by low-temperature vacuum method is higher than the degree of swelling of powders obtained from squeeze powders, the pulp of which was treated with enzyme drug and dried by convective method, and the time to reach the maximum degree of swelling for squeeze powders dried by low-temperature vacuum method is 10 min, and by convective method — 20 min. Conversely, the swelling degree of powders obtained from carrot squeezes whose pulp has been treated with an enzyme drug and dried by the low-temperature vacuum method is lower than the swelling degree of powders obtained from squeezes whose pulp has been treated with an enzyme drug and dried by the convection method, wherein the time to reach the maximum degree of swelling for squeezes dried by the low-temperature vacuum method is 15 min, and by convection — 25 min. The enzymatic modification reduced the moisture content of the squeeze powders and changed the particle size distribution of the powders. The powders from squeeze powders treated with Vegazym M and Fructozym MA at a dose of 0.05% showed the highest passage through a sieve Ø 0.25 mm. Maximum solubility of the powders was also achieved at the same dose. Thus, by varying the doses of enzyme drugs and drying regimes, it is possible to change the properties of powders in a targeted manner, which is important for the development of functional food formulations.

**Keywords:** apple squeeze, carrot squeeze, enzymatic treatment, low-temperature vacuum drying, functional and technological properties of powders, solubility.

## Введение

Порошки из растительного сырья широко используются в рецептурах пищевых продуктов, их широко применяют в кондитерских и хлебобулочных изделиях [4], [8], в кисломолочных продуктах [2]. Химический состав фруктов, ягод и овощей делает порошки, приготовленные на их основе, ценным ингредиентом, способным повысить пищевую и биологическую ценность продуктов. Благодаря наличию макроэлементов, витаминов и повышенного содержания аминокислот, такие порошки могут придать продукту статус функционального, то есть продукта, который оказывает значительное положительное влияние на организм человека. Внесение плодовоовощных порошков в рецептуры способствует увеличению пищевой ценности и функциональности продукта за счет содержания в них биологически активных веществ [5].

В работе [6] представлены расчеты, в которых показано, что основной вклад в себестоимость порошков из плодовоовощного сырья вносит стоимость сырья. Актуально рассмотреть вопрос получения порошков из сырья с нулевой стоимостью — из выжимок, полученных при переработке плодовоовощного сырья для получения соков.

В ряде исследований показано, насколько эффективно включать в рецептуры пищевых систем и фруктовые и овощные выжимки [3], [10]. Выжимки по своему химическому составу и пищевой ценности не уступают основному сырью, являются источником биологически активных веществ и могут использоваться как ингредиент для пищевых продуктов [12].

На первой стадии переработки фруктов, ягод и овощей в соки ключевой технологической операцией является обработка мезги (измельченного сырья) ферментными препаратами пектолитического действия. Эти ферменты воздействуют на пектиновые вещества, разрушая их, что способствует не только увеличению выхода сока, но и повышению содержания биологически активных веществ в выжимках, остающихся после извлечения сока. Обработка мезги ферментными препаратами приводит к значительным изменениям в её структуре, что, в свою очередь, модифицирует свойства выжимок, полученных после отжатия сока. Такая обработка не только оптимизирует процесс переработки, но и повышает ценность побочных продуктов, делая их более пригодными для дальнейшего использования в пищевой промышленности или других отраслях. Таким образом, применение ферментных препаратов на этапе обработки мезги является важным шагом для повышения эффективности переработки сырья и увеличения выхода полезных компонентов.

Изменение структуры выжимок, полученных из ферментативно обработанной мезги, влияет на функционально-технологические свойства порошков, изготовленных на их основе. Обработка мезги ферментными препаратами способствует частичному разрушению клеточных стенок растительных клеток, что приводит к высвобождению и увеличению выхода биологически активных веществ, таких как витамины, полифенолы, антиоксиданты и другие фитонутриенты, содержащихся внутри клеток. Это не только повышает пищевую ценность порошков, но и может улучшить их технологические характеристики, такие как растворимость, влагоудерживающая способность и стабильность при дальнейшем использовании в пищевых продуктах. Ранее были проведены исследования [14], в которых было показано, что ферментативная обработка морковной мезги увеличила содержание бета-каротина в выжимках в 1,5 раза, а содержание растворимого пектина на 35% [13].

Эти изменения в количественном составе компонентов выжимок напрямую влияют на ключевые функциональные свойства пищевых ингредиентов, такие как водосвязывающая способность, влагоудерживающая способность и набухаемость порошков из растительного сырья. В работе [7] была изучена взаимосвязь между влагосвязывающей

способностью (ВСС) муки зерновых и бобовых культур и свойствами кисломолочного сгустка. Была установлена линейная зависимость между ВСС и величиной сгустка, что подчеркивает важность функционально-технологических свойств растительных ингредиентов для процессов пищевого производства.

Ферментативную модификацию можно проводить не только мезги, но и самих выжимок. Ранее были проведены исследования [13], в которых было показано, что ферментативная обработка морковных и яблочных выжимок меняет содержание водорастворимого пектина и протопектина в модифицированных яблочных выжимках, меняет комплексообразующие свойства пектина, что очень важно при разработке продуктов питания лечебно-профилактического действия, но не приводятся данные, как при этом меняются функционально-технологические свойства порошков, полученных из модифицированных выжимок.

Цель: исследовать влияние ферментативной модификации яблочной и морковной мезги и способа сушки выжимок на функционально-технологические свойства порошков, полученных на их основе.

### Методы и принципы исследования

Объектом исследования служили яблочная и морковная мезга и выжимки, полученные из яблок сорта Симиренко и моркови сорта Нантская. Ферментативную обработку яблочной мезги проводили с использованием ферментного препарата Vegazym M производства компании ERBSLÖH (Гайзенхайм, Германия) в количестве 0,09% от массы мезги. Для обработки морковной мезги применяли ферментный препарат Fructozym MA производства компании ERBSLÖH (Гайзенхайм, Германия) в количестве 0,07% от массы мезги. Ферментативную обработку яблочной и морковной мезги осуществляли при температуре 50°C в течение 1 часа.

Ферментативную обработку яблочных выжимок, полученных после обработки яблочной мезги ферментным препаратом Vegazym M в количестве 0,09% и последующего отжатия сока, проводили тем же ферментным препаратом в диапазоне концентраций от 0,03 до 0,11%. Аналогично, ферментативную обработку морковных выжимок, полученных после обработки морковной мезги ферментным препаратом Fructozym MA в количестве 0,07% и отжатия сока, также проводили этим же препаратом в диапазоне от 0,03 до 0,11%.

Выбор ферментных препаратов Vegazym M и Fructozym MA обоснован ранее проведенными исследованиями [13], в которых из ряда ферментных препаратов пектолитического действия были выбраны препараты, применение которых позволило получить наибольший выход яблочного и морковного сока.

Сушку выжимок, как из необработанной, так и из обработанной ферментными препаратами мезги, проводили двумя способами: конвективным — в сушильном шкафу ES-4620 (Россия) при температуре 50°C, и низкотемпературным вакуумным способом (НТВ) — в лабораторной вакуумной установке Hetosicc (Дания) при температуре 35°C до достижения влажности 5±2%.

По окончании сушки все образцы яблочных и морковных выжимок обрабатывали на установке ударно-дезинтеграторно-активаторного типа (УДА-обработка) DEZI-11 производства Tootmise OÜ (Эстония) с использованием шестириядных роторов с частотой вращения 210 с-1.

Для определения водосвязывающей способности порошков из яблочных и морковных выжимок (ВСС) были приготовлены образцы смеси порошков и воды с гидромодулем 1:15. После добавления жидкости образцы были перемешаны и отправлены на центрифугирование в течение 20 мин, при скорости вращения ротора центрифуги 3000 об/мин. По окончанию центрифугирования надосадочную жидкость сливали и определяли массу осадка. ВСС (г/г) рассчитывали по формуле 1, как отношение массы воды, связанной порошком к исходной массе порошка [7]:

$$BCC = \frac{G}{F} \quad (1)$$

где G — масса гидратированного образца после слива воды, г;

F — масса порошка, г.

Для определения влагоудерживающей способности (ВУС) готовились образцы смеси порошков из яблочных и морковных выжимок с гидромодулем 1:15, после добавления воды образцы были перемешаны, выдержаны в течение двух часов и отправлены на центрифугирование в течение 20 мин при скорости вращения ротора центрифуги 3000 об/мин. По окончанию центрифугирования надосадочную жидкость сливали, определяли массу осадка сдержанной водой, отнимали массу порошка и выражали массудержанной волны на г порошка [9]. Расчет ВУС вели по формуле 2:

$$BUC = \frac{G-F}{F} \quad (2)$$

где G — масса гидратированного образца после слива воды, г;

F — масса порошка, г.

Степень набухаемости для порошков из морковных и яблочных выжимок определяли по формуле 3 [1]:

$$I = \frac{m-m_0}{m_0} = \frac{m_{\infty}}{m_0} \quad (3)$$

где  $m_0$  — масса сухого вещества, г;

$m$  — масса набухшего вещества, г;

$m_{\infty}$  — масса поглощенной жидкости, г.

Массовую долю влаги в сырых яблочных и морковных выжимках, обработанных ферментными препаратами, определяли на анализаторе влажности AND ML-50 (Япония).

Гранулометрический состав порошков, полученных из яблочных и морковных выжимок, обработанных ферментными препаратами, определяли ситовым медом с диаметром отверстий сит 1,0 и 0,25 мм.

В порошках, полученных из модифицированных яблочных и морковных выжимок (обработанных ферментными препаратами), определяли растворимость. За основу метода определения растворимости порошков, изготовленных из яблочных и морковных выжимок, был взят ГОСТ 33034-2014 «Методы испытаний химической продукции».

представляющей опасность для окружающей среды. Растворимость в воде» (пункт 5.7.1). Согласно стандарту, вещество сначала растворяют в воде до достижения полного насыщения раствора, после чего определяют концентрацию растворимых компонентов. В рамках данного исследования был предложен модифицированный способ оценки растворимости порошков, который включал следующие этапы: навеску порошка смешивали с водой в пропорции 1:15 и выдерживали при температуре  $23\pm2^{\circ}\text{C}$  в течение 20 минут для полного набухания порошка и растворения его растворимых фракций. Затем смесь подвергали центрифугированию на центрифуге UC-4000EULab при скорости вращения ротора 3000 об/мин в течение 20 минут.

Концентрацию растворимых веществ в полученном фильтрате определяли рефрактометрическим методом с использованием рефрактометра OPTI38-01 в соответствии с ГОСТ ISO 2173-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ». Осадок, оставшийся после центрифугирования и содержащий нерастворимые компоненты порошка, высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу ES-4620 (Россия) при температуре  $50^{\circ}\text{C}$ . Растворимость порошков дополнительно оценивали по массе сухого нерастворимого остатка.

### Основные результаты и обсуждение

Водосвязывающая (ВСС) и влагоудерживающая (ВУС) способности порошков, полученных из яблочных и морковных выжимок, были изучены для образцов, как из ферментативно обработанной, так и из необработанной мезги. Результаты, полученные при использовании конвективного и низкотемпературного вакуумного способов сушки, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Функционально-технологические свойства порошков из морковных и яблочных выжимок, полученных разными способами сушки и обработки мезги

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.98.1>

Наименование показателя	Способы получения порошков из яблочных и морковных выжимок					
	Из мезги, не обработанной ФП, конвективная сушка		Из мезги, обработанной ФП, конвективная сушка		Из мезги, обработанной ФП, НТВ сушка	
	Морковные выжимки	Яблочные выжимки	Морковные выжимки	Яблочные выжимки	Морковные выжимки	Яблочные выжимки
ВСС, г/г	8,11±0,1	4,44	8,68	3,44	4,70	3,15
ВУС, г/г	8,28	3,81	9,31	3,43	5,41	3,39

Анализ данных, представленных в таблице, позволяет сделать следующие выводы. Обработка яблочной мезги ферментным препаратом Vegazum M в количестве 0,09% от массы мезги приводит к снижению водосвязывающей способности (ВСС) порошков на 29% и влагоудерживающей способности (ВУС) на 11% по сравнению с порошками, полученными из необработанной мезги. Это наблюдается при использовании конвективного способа сушки выжимок после отжима сока. В случае применения низкотемпературной вакуумной (НТВ) сушки яблочных выжимок снижение ВСС составляет 41%, а ВУС — 12%.

Что касается морковной мезги, её обработка ферментным препаратом Fructozym MA в количестве 0,07% от массы мезги, напротив, способствует увеличению ВСС на 7,0% и ВУС на 12,4% порошков, полученных после отжима сока и конвективной сушки, по сравнению с порошками из необработанной мезги. Однако при использовании НТВ сушки морковных выжимок наблюдается значительное снижение функциональных свойств: ВСС уменьшается на 46%, а ВУС — на 42%.

Таким образом, ферментативная обработка мезги оказывает различное влияние на функционально-технологические свойства порошков в зависимости от типа сырья и способа сушки. Это подчеркивает важность оптимизации технологических параметров для достижения желаемых характеристик конечного продукта.

В зависимости от типа пищевых продуктов, в рецептуру которых планируется включение порошков из морковных и яблочных выжимок, необходимо тщательно подбирать режимы обработки мезги и способы сушки выжимок. Например, если порошки предназначены для использования в мясных колбасных изделиях, хлебобулочных или кондитерских продуктах, где важно продлить сроки хранения готового изделия, рекомендуется изготавливать порошки из выжимок, высушенных конвективным способом. Такой подход позволяет сохранить функциональные свойства порошков, способствующие улучшению текстуры, влагоудерживающей способности и стабильности продукта при хранении.

Как показано в ранее проведенных исследованиях [11], [15], для эффективного использования сухих ингредиентов, таких как порошки, необходимо проводить их предварительную гидратацию. Однако для достижения оптимальных результатов важно учитывать ключевые параметры процесса гидратации: температуру, время и уровень pH среды. Эти факторы напрямую влияют на степень набухания, растворимость и функциональные свойства порошков, что в конечном итоге определяет их эффективность при включении в состав пищевых продуктов или питательных сред. Результаты изменения набухаемости порошков из морковных и яблочных выжимок в зависимости от способа модификации представлены на рисунках 1 и 2.

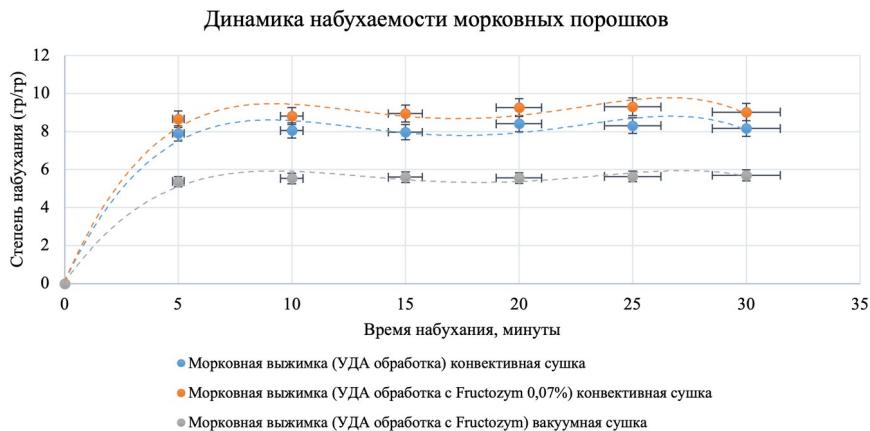


Рисунок 1 - Изменение набухаемости порошков из морковных выжимок в зависимости от способа модификации

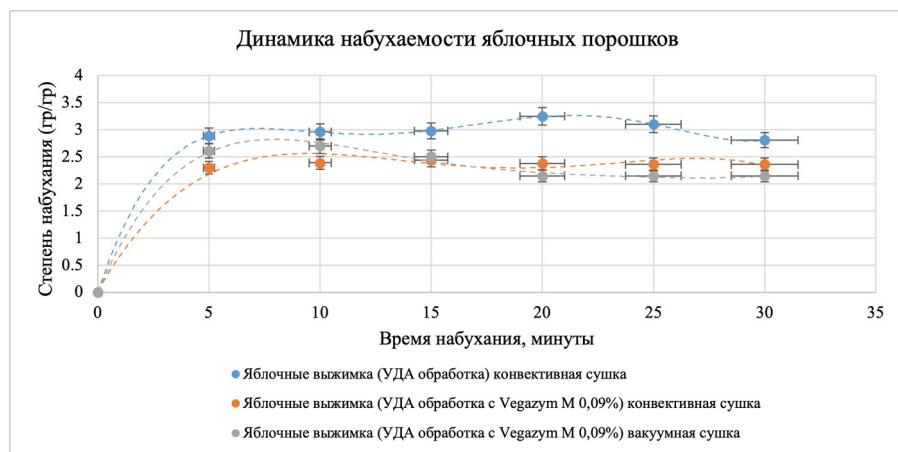
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.98.2>

Рисунок 2 - Изменение набухаемости порошков из яблочных выжимок в зависимости от обработки мезги ферментным препаратом и способа сушки выжимок

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.98.3>

Из графиков, представленных на рисунках 1 и 2, следует, что порошки набухают до определенной величины и далее масса набухшего порошка не меняется в процессе выдержки, что свидетельствует о том, что процесс имеет ограниченный характер.

Процесс ограниченного набухания протекает по механизму реакции первого порядка:

$$\frac{d_i}{d_t} = k (i_{max} - i) \quad (4)$$

где  $d_i/d_t$  — изменение степени набухания в единицу времени;

$k$  — константа скорости набухания,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$i$ ,  $i_{max}$  — текущая (за время  $t$ ) и предельная степень набухания, г/г.

Константы скорости набухания для порошков из яблочных и морковных выжимок определяли по формуле 5:

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{i_{max}}{i_{max} - i} \quad (5)$$

где  $k$  — константа скорости набухания,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$i_{max}$  — предельная степень набухания, г/г;

$i$  — степень набухания за время  $t$ , г/г.

Из графиков, представленных на рисунке 1 и 2 были определены предельные степени набухания порошков, по формуле 5 рассчитаны константы скорости набухания и время достижения предельной степени набухания. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры набухания порошков из яблочных и морковных выжимок, полученных различными способами обработки и сушки

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.98.4>

Наименование показателя	Способы получения порошков из яблочных и морковных выжимок					
	УДА обработка без ФП, конвективная сушка		УДА обработка с ФП, конвективная сушка		УДА обработка с ФП, вакуумная сушка	
	Морковные выжимки	Яблочные выжимки	Морковные выжимки	Яблочные выжимки	Морковные выжимки	Яблочные выжимки
Предельная степень набухания $i_{max}$ , Г/Г	8,41	3,44	9,26	2,44	5,70	2,7
Константа скорости набухания $k$ , мин <sup>-1</sup>	0,561	0,358	0,547	0,322	0,569	0,322
Время достижения предельной степени набухания, мин	20	20	20	15	15	10

Исследования показали, что яблочные порошки, полученные из выжимок, мезга которых подвергалась ферментативной обработке и последующей сушке низкотемпературным вакуумным (НТВ) способом, обладают более низкой степенью набухания по сравнению с порошками, высушенными конвективным способом. При этом максимальная степень набухания для порошков, высушенных НТВ способом, достигается за 10 мин, тогда как для порошков, высушенных конвективным способом, этот показатель составляет 20 мин.

Напротив, морковные порошки, изготовленные из выжимок, мезга которых была обработана ферментным препаратом, и высушены НТВ способом, демонстрируют более низкую степень набухания по сравнению с порошками, высушенными конвективным способом. Время достижения максимальной степени набухания для морковных порошков, высушенных НТВ способом, составляет 15 минут, а для высушенных конвективным способом — 20 минут.

Таким образом, способ сушки оказывает значительное влияние на степень набухания и время достижения максимального набухания порошков, причем эти параметры варьируются в зависимости от типа сырья (яблочные или морковные выжимки).

Анализ данных, представленных в таблице, позволяет сделать вывод, что наибольшая константа скорости набухания наблюдается у морковных порошков, полученных с использованием УДА обработки и вакуумной сушки. Это указывает на более быстрое набухание морковных порошков по сравнению с яблочными, у которых константа скорости набухания ниже. Морковные порошки демонстрируют более высокую предельную степень набухания по сравнению с яблочными, особенно при конвективной сушке. Это свидетельствует о лучшей способности морковных порошков связывать воду.

На следующем этапе работ была проведена модификация ферментными препаратами сырых выжимок. В таблице 3 показано, как при этом будут меняться гранулометрический состав, влажность, ВСС, ВУС порошков и их растворимость при конвективной сушке.

Таблица 3 - Влияние дозы внесения ферментного препарата в сырье морковные и яблочные выжимки на гранулометрический состав сухих порошков, полученных на их основе

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.98.5>

Наименование показателя	Доза внесения ферментного препарата, %					
	-	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11
Порошки из морковных выжимок						
Проход через сито Ø 1 мм	89,0±0,2	95,0±0,2	97,2±0,2	96,8±0,2	97,2±0,2	-
Проход через сито Ø 0,25 мм	69,0±0,1	77,6±0,1	79,8±0,1	81,0±0,1	81,2±0,1	-

Наименование	Доза внесения ферментного препарата, %					
	-	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11
Порошки из яблочных выжимок						
Проход через сито Ø 1 мм	89,0±0,2	97,0±0,2	98,0±0,2	89,0±0,2	68,0±0,2	62,0±0,2
Проход через сито Ø 0,25 мм	69,0±0,1	70,0±0,1	75,0±0,1	65,0±0,1	35,0±0,1	33,0±0,1

Из результатов, представленных в таблице, следует, что увеличение дозы ферментного препарата Vegazym M до 0,05% от массы сырых яблочных выжимок привело к повышению количества мелких частиц (проходящих через сито с диаметром ячеек 0,25 мм) на 8,6% по сравнению с контрольным образцом (без ферментной обработки). Аналогично, увеличение дозы ферментного препарата Fructozym MA до 0,07% от массы сырых морковных выжимок способствовало увеличению количества мелких частиц на 17,4% относительно контрольного образца.

Однако дальнейшее повышение дозы ферментных препаратов (0,07%, 0,09% и 0,11%) привело к снижению доли мелких частиц в порошках. Это может быть связано с чрезмерной деградацией структурных компонентов выжимок, что снижает их способность к измельчению до мелких фракций. Таким образом, оптимальные дозы ферментных препаратов для обработки выжимок составляют 0,05% для Vegazym M и 0,07% для Fructozym MA.

Результаты исследований по влиянию ферментативной обработки яблочных и морковных выжимок на влажность сырых выжимок представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Влияние дозы внесения ферментных препаратов в сырье морковные и яблочные выжимки на влажность порошков, полученных на их основе

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.98.6>

Наименование показателя	Доза внесения ферментного препарата, %					
	-	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11
Порошки из морковных выжимок						
Массовая доля влаги, %	16,4±0,01	15,85±0,01	15,63±0,01	14,97±0,01	14,56±0,01	14,55±0,01
Порошки из яблочных выжимок						
Массовая доля влаги, %	37,8±0,01	36,78±0,01	31,75±0,01	31,07±0,01	29,25±0,01	29,70±0,01

Из результатов, представленных в таблице, следует, что при увеличении дозы внесения ферментных препаратов массовая доля влаги снижается, но при повышении дозы внесения Vegazym M выше 0,07% и Fructozym MA выше 0,09% массовая доля влажности в выжимках меняется незначительно. Снижение массовой доли влаги в выжимках отразится на сокращении времени сушки выжимок.

На следующем этапе проведения экспериментов определяли влияние ферментным препаратов на функционально-технологические свойства порошков, полученных из модифицированных яблочных и морковных выжимок, результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Влияние ферментативной обработки яблочных и морковных выжимок на функционально-технологические свойства порошков, приготовленных на их основе

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.98.7>

Наименование показателя	Доза внесения ферментного препарата, %					
	-	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11
Порошки из морковных выжимок						
BCC, г/г	8,92±0,1	9,05±0,1	8,57±0,1	8,68±0,1	8,57±0,1	-
ВУС, г/г	9,05±0,1	9,07±0,1	8,93±0,1	9,01±0,1	9,01±0,1	-
Порошки из яблочных выжимок						
BCC, г/г	4,25±0,1	4,22±0,1	3,84±0,1	3,92±0,1	3,77±0,1	3,79±0,1
ВУС, г/г	4,64±0,1	4,35±0,1	3,95±0,1	3,96±0,1	3,87±0,1	3,84±0,1

Исходя из результатов, представленных в таблице, следует, что ферментативная обработка оказывает различное влияние на морковные и яблочные порошки. Морковные порошки демонстрируют более стабильные значения ВСС и ВУС при увеличении дозы ферментного препарата, тогда как яблочные порошки более чувствительны к изменению дозы, что приводит к снижению их функциональных свойств. Полученные данные указывают на необходимость индивидуального подхода к выбору дозы ферментного препарата в зависимости от типа сырья (морковь или яблоки) для достижения оптимальных функционально-технологических свойств порошков.

Для оценки влияния ферментативной обработки на растворимость порошков, полученных из яблочных и морковных выжимок, были проведены исследования с использованием различных доз ферментных препаратов Vegazym M и Fructozym MA. Растворимость порошков является важным функционально-технологическим показателем, который определяет их пригодность для использования в пищевых продуктах, таких как напитки, супы, соусы и другие системы с жидкой фазой. В таблице 6 представлены данные по объему фильтрата, плотности, содержанию сухих веществ и массе сухого остатка для порошков, полученных из морковных и яблочных выжимок при различных дозах ферментных препаратов. Эти параметры позволяют оценить степень растворимости порошков и влияние ферментативной обработки на их функциональные свойства.

Таблица 6 - Влияние ферментативной обработки яблочных и морковных выжимок на растворимость порошков, полученных на их основе

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.155.98.8>

Наименование показателя	Доза внесения ферментного препарата, %					
	-	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11
Порошки из морковных выжимок						
Объем фильтрата, мл	7,7	6,73	6,93	6,70	6,68	-
Плотность фильтрата	1,004	1,006	1,006	1,008	1,006	-
Содержание сухих веществ, %	2,0	2,2	2,1	2,3	2,1	-
Масса сухого остатка, г	0,595±0,1	0,591±0,1	0,581±0,1	0,584±0,1	0,571±0,1	-
Порошки из яблочных выжимок						
Объем фильтрата, мл	11,77±0,1	11,13±0,1	11,5±0,1	11,47±0,1	11,57±0,1	11,48±0,1
Плотность фильтрата	1,018±0,1	1,017±0,1	1,016±0,1	1,017±0,1	1,013±0,1	1,016±0,1
Содержание сухих веществ, %	4,29±0,1	4,17±0,1	4,17±0,1	4,27±0,1	3,27±0,1	4,17±0,1
Масса сухого остатка, г	0,3798±0,01	0,3678±0,01	0,3175±0,01	0,3107±0,01	0,2925±0,01	0,2970±0,01

Из результатов, представленных в таблице, следует, что повышение дозы внесения ферментного препарата Vegazym M в яблочные выжимки выше 0,05% и Fructozym MA в морковные выжимки выше 0,07% не повышает растворимость порошков, полученных из модифицированных яблочных и морковных выжимок.

### Заключение

В работе представлены результаты, свидетельствующие о том, что ферментативная обработка яблочной и морковной мезги, а также выжимок позволяет регулировать функционально-технологические свойства и растворимость получаемых на их основе порошков. Это дает возможность целенаправленно получать порошкообразные добавки с заданными характеристиками в зависимости от их дальнейшего применения в пищевых продуктах.

При включении модифицированных порошков из яблочных или морковных выжимок в состав мясных колбасных изделий или рыбных полуфабрикатов ключевыми критериями являются высокие значения водосвязывающей (ВСС) и жirosвязывающей (ВУС) способностей. В случае использования порошков в продуктах, требующих

микробиологической ферментации (например, кисломолочные изделия, ферментированные мясные продукты), критическое значение приобретает степень их растворимости, поскольку она непосредственно влияет на метаболическую активность микроорганизмов.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Алексеева Т.В. Исследование процесса набухания жмыха зародышей пшеницы / Т.В. Алексеева, Е.А. Загорулько, Н.С. Родионова [и др.] // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 6. — С. 1324–1328.
2. Андросова Н.Л. Кисломолочный продукт с комбинированным составом / Н.Л. Андросова, Т.А. Антипова, С.В. Феликс [и др.] // Пищевая промышленность. — 2021. — № 6. — С. 15–18. — DOI: 10.52653/PPI.2021.6.6.003.
3. Бакулина О.Н. Комплексная переработка овощей и фруктов в ингредиенты для современных пищевых технологий / О.Н. Бакулина // Пищевая промышленность. — 2005. — № 5. — С. 32–35.
4. Гончар В.В. Использование порошка из клубней топинамбура в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / В.В. Гончар, О.Л. Вершинина, Ю.Ф. Росляков // Хлебопродукты. — 2013. — № 10. — С. 46–47.
5. Джахангирова Г.З. Функционально-технологические свойства растительных порошков / Г.З. Джахангирова // European Research. — 2016. — № 12 (23). — С. 22–24.
6. Джум Т.А. Перспективы использования порошков фруктов и овощей в общественном питании / Т.А. Джум, Е.В. Щербакова, А.В. Христюк // Научный журнал КубГАУ. — 2017. — № 128 (4). — С. 1–14. — DOI: 10.21515/1990-4665-128-089.
7. Забегалова Г.Н. Исследование влияния влагосвязывающей способности муки злаковых и бобовых культур на свойства кисломолочного сгустка / Г.Н. Забегалова, Е.В. Хайдукова, А.М. Ермолина // Молочнохозяйственный вестник. — 2020. — № 2 (38). — II кв. — С. 169–178. — DOI: 10.24411/2225-4269-2020-00027.
8. Иванова И.В. Влияние морковного порошка на свойства дрожжевого теста и готовых изделий / И.В. Иванова, К.В. Алехин, С.Б. Саюшева [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания. — 2017. — № 3 (17). — С. 47–52.
9. Корячкина С.Я. Применение тонкодисперсных овощных и фруктово-ягодных порошков при производстве пищевых концентратов сладких блюд / С.Я. Корячкина, О.Л. Ладнова, О.А. Годунов [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. — 2015. — № 2 (31). — С. 31–37.
10. Перфилова О.В. Фруктовые и овощные порошки из выжимок в кондитерском производстве / О.В. Перфилова, Б.А. Баранов, Ю.Г. Скрипниов // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2009. — № 9. — С. 52–54.
11. Тихий А.В. Обоснование эффективности применения гидратированных порошков моркови и свеклы в технологии опары для бараночных изделий / А.В. Тихий, Н.В. Баракова, А.Е. Самоделкин // Вестник ВГУИТ. — 2022. — № 1 (84). — С. 125–130. — DOI: 10.20914/2310-1202-2022-1-125-130.
12. Шахрай Т.А. Современные исследования в области получения пищевых ингредиентов из вторичных ресурсов переработки яблок / Т.А. Шахрай, Е.П. Викторова, Е.В. Великанова [и др.] // Новые технологии. — 2020. — № 3 (53). — С. 80–88. — DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10309.
13. Al-Yasari A. Juice yield and pectin indicators in apple and carrot pomace / A. Al-Yasari, N. Barakova, R. Alkhateeb [et al.] // Functional Foods in Health and Disease. — 2023. — Vol. 13. — № 11. — P. 559–573. — DOI:10.31989/ffhd.v13i11.1186.
14. Baskovtceva A. Unlocking the Potential of Carrot Pomace: Enzymatic and Impact-Disintegrator-Activator Processing for Elevated Beta-Carotene Concentration in Carrot Powder / A. Baskovtceva, N. Barakova, E.A. Samodelkin [et al.] // Functional Foods in Health and Disease. — 2023. — Vol. 13. — № 10. — P. 505–519. — DOI:10.31989/ffhd.v13i10.1184.
15. Kumar P. Apple Pomace powder's functional characteristics / P. Kumar, N. Chauhan, B.R. Singh [et al.] // International Journal of Advanced Biochemistry Research. — 2024. — Vol. 8. — Iss. 3. — P. 509–512. — DOI: 10.33545/26174693.2024.v8.i3f.801

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Alekseeva T.V. Issledovanie processa nabuhaniya zhmyha zarodyshej pshenicy [Study of the swelling process of wheat germ cake] / T.V. Alekseeva, E.A. Zagorulko, N.S. Rodionova [et al.] // Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]. — 2013. — № 6. — P. 1324–1328. [in Russian]
2. Androsova N.L. Kislomolochnyj produkt s kombinirovannym sostavom [Fermented milk product with a combined composition] / N.L. Androsova, T.A. Antipova, S.V. Felik [et al.] // Pishhevaja promyshlennost' [Food industry]. — 2021. — № 6. — P. 15–18. — DOI: 10.52653/PPI.2021.6.6.003 [in Russian]

3. Bakulina O.N. Kompleksnaja pererabotka ovoshhej i fruktov v ingrediente dlja sovremennyh pishhevyh tehnologij [Complex processing of vegetables and fruits into ingredients for modern food technologies] / O.N. Bakulina // Pishhevaja promyshlennost' [Food industry]. — 2005. — № 5. — P. 32–35. [in Russian]
4. Gonchar V.V. Ispol'zovanie poroshka iz klubnej topinambura v tehnologii hlebobulochnyh i muchnyh konditerskikh izdelij [Use of Jerusalem artichoke tuber powder in bakery and flour confectionery technology] / V.V. Gonchar, O.L. Vershinina, Yu.F. Roslyakov // Hleboprodukty [Bread products]. — 2013. — № 10. — P. 46–47. [in Russian]
5. Dzhakhangirova G.Z. Funkcional'no-tehnologicheskie svojstva rastitel'nyh poroshkov [Functional and technological properties of plant powders] / G.Z. Dzhakhangirova // European Research. — 2016. — № 12 (23). — P. 22–24. [in Russian]
6. Dzhum T.A. Perspektivy ispol'zovaniya poroshkov fruktov i ovoshhej v obshhestvennom pitanii [Prospects of using fruit and vegetables in public feed] / T.A. Dzhum, E.V. Shcherbakova, A.V. Khristyuk // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Scientific Journal of KubSAU]. — 2017. — № 128 (4). — P. 1–14. — DOI: 10.21515/1990-4665-128-089. [in Russian]
7. Zabegalova G.N. Issledovanie vlijaniya vlagosvjazyvajushhej sposobnosti muki zlakovyh i bobovyh kul'tur na svojstva ksilomolochnogo sgustka [The influence of water-binding capacity in cereal and legume flour on the properties of fermented milk clot] / G.N. Zabegalova, Y.V. Khaydukova, A.M. Yermolova // Molochnohozjajstvennyj vestnik [Dairy Farming Bulletin]. — 2020. — № 2 (38). — II q. — P. 169–178. — DOI: 10.24411/2225-4269-2020-00027. [in Russian]
8. Ivanova I.V. Vlijanie morkovnogo poroshka na svojstva drozhzhevogo testa i gotovyh izdelij [Influence of carrot powder on the properties of yeast-containing dough and end products] / I.V. Ivanova, K.V. Alyokhin, S.B. Sayusheva [et al.] // Technologies for the food and processing industry of AIC — healthy food. — 2017. — № 3 (17). — P. 47–52. [in Russian]
9. Korychkina S.Ya. Primenenie tonkodispersnyh ovoshchnyh i fruktovo-jagodnyh poroshkov pri proizvodstve pishhevyh koncentratov sladkih bljud [Use of fine-grained vegetable and fruit-berry powder at production of food concentrates sweet dishes] / S.Ya. Korychkina, O.L. Ladnova, O.A. Godunov [et al.] // Tehnologija i tovarovedenie innovacionnyh pishhevyh produktov [Technology and merchandising of the innovative foodstuff]. — 2015. — № 2 (31). — P. 31–37. [in Russian]
10. Perfilova O.V. Fruktovye i ovoshchnye poroshki iz vyzhimok v konditerskom proizvodstve [Fruit and vegetable powders from pomace in confectionery production] / O.V. Perfilova, B.A. Baranov, Yu.G. Skripniov // Hranenie i pererabotka sel'hozsyra [Storage and processing of agricultural raw materials]. — 2009. — № 9. — P. 52–54. [in Russian]
11. Tikhij A.V. Obosnovanie jeffektivnosti primenenija gidratirovannyh poroshkov morkovi i svekly v tehnologii opary dlja baranochnyh izdelij [Justification of the efficiency of using hydrated carrot and beet powders in dough technology for bagel products] / A.V. Tikhij, N.V. Barakova, A.E. Samodelkin // Vestnik VGU [Proceedings of VSUET]. — 2022. — № 1 (84). — P. 125–130. — DOI: 10.20914/2310-1202-2022-1-125-130. [in Russian]
12. Shakhrai T.A. Sovremennye issledovaniya v oblasti poluchenija pishhevyh ingredientov iz vtorichnyh resursov pererabotki jablok [Modern research in the field of obtaining food ingredients from secondary apple processing resources] / T.A. Shakhrai, E.P. Victorova, E.V. Velikanova [et al.] // Novye tehnologii (Majkop) [New Technologies (Maikop)]. — 2020. — № 3 (53). — P. 80–88. — DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10309. [in Russian]
13. Al-Yasari A. Juice yield and pectin indicators in apple and carrot pomace / A. Al-Yasari, N. Barakova, R. Alkhateeb [et al.] // Functional Foods in Health and Disease. — 2023. — Vol. 13. — № 11. — P. 559–573. — DOI: 10.31989/ffhd.v13i11.1186.
14. Baskovtceva A. Unlocking the Potential of Carrot Pomace: Enzymatic and Impact-Disintegrator-Activator Processing for Elevated Beta-Carotene Concentration in Carrot Powder / A. Baskovtceva, N. Barakova, E.A. Samodelkin [et al.] // Functional Foods in Health and Disease. — 2023. — Vol. 13. — № 10. — P. 505–519. — DOI: 10.31989/ffhd.v13i10.1184.
15. Kumar P. Apple Pomace powder's functional characteristics / P. Kumar, N. Chauhan, B.R. Singh [et al.] // International Journal of Advanced Biochemistry Research. — 2024. — Vol. 8. — Iss. 3. — P. 509–512. — DOI: 10.33545/26174693.2024.v8.i3f.801