

## Перспективы совершенствования технологий переработки яблочного сырья



Геннадий В. Калашников<sup>1</sup> [kagen5@yandex.ru](mailto:kagen5@yandex.ru)  0000-0003-0873-5346  
Евгений В. Литвинов<sup>1</sup> [zenlit@yandex.ru](mailto:zenlit@yandex.ru)  0000-0003-4691-0264

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

**Аннотация.** Предложена ресурсосберегающая технология переработки яблок, включающая основное производство готовых сушеных изделий в виде сушеных яблок, яблочных чипсов, яблочных полуфабрикатов и дополнительное производство на основе рекуперации вторичного сырья основного производства. Изучена возможность использования вторичного сырья промышленной переработки яблок для получения натуральных продуктов, позволяющих сделать основное производство сушеных изделий из яблок максимально эффективным. Рассмотрены основные направления переработки яблок и вторичного яблочного сырья. Предложена технологическая схема линии переработки яблок и их отходов на основе обезвоживания и влаготепловой обработки компонент с учетом особенностей производства сушеных плодов, чипсов и их полуфабрикатов. Скомпонована линия основного производства для производства сушеных яблок, яблочных чипсов и яблочных полуфабрикатов. Ресурсосберегающая технологическая схема линии производства сушеных яблок и яблочных чипсов включает моечную машину, инспекционный транспортер, калиброватель, машину для удаления семенного гнезда и устройство резки плодов на пластины, сульфитатор, комбинированный тороидальный аппарат для влаготепловой обработки непрерывного действия, разделенный на секции подогрева сырья, конвективной сушки, предварительной гидротермической обработки между секциями СВЧ-сушки, охлаждения высушенного продукта и расфасовочно-упаковочный автомат. В линии предусмотрен комплекс оборудования из барабанной машины с моечным блоком и многофункциональной установки с дроблением сырья и отделением семечек с учетом типа сырья. Использованы рециркуляционный контур, подогрев исходного сырья, отработанные после сушки пар и конденсат в замкнутом контуре для создания энергосберегающей технологии производства готового продукта. Линия представляет собой модульные блоки и перенастраивается в зависимости от вида получаемых сушеных яблок или яблочных чипсов на основе разработанных ресурсосберегающей схемы и комбинированной конвективно-СВЧ сушки сырья.

**Ключевые слова:** ресурсосберегающая технология, сушка, яблоки, рекуперация отходов, вторичное сырье

## Prospects of improving technologies for apple raw materials processing

Gennadii V. Kalashnikov<sup>1</sup> [kagen5@yandex.ru](mailto:kagen5@yandex.ru)  0000-0003-0873-5346  
Eugene V. Litvinov<sup>1</sup> [zenlit@yandex.ru](mailto:zenlit@yandex.ru)  0000-0003-4691-0264

<sup>1</sup> Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Av., Voronezh, 394036, Russia

**Abstract.** A resource-saving technology for processing apples, including the main production of finished dried products in the form of dried apples, apple chips, apple semi-finished products and additional production based on secondary raw materials recovery from the main production, were proposed in the work. The possibility of using of secondary raw materials from the apples industrial processing to obtain natural products that allows to make the main manufacture of dried apple products as efficient as possible was studied by the authors. The main directions of apples and secondary apple raw materials processing were considered in the work. The technological scheme of the line for apples and their wastes processing based on dehydration and moisture-thermal processing of components, taking into account the specifics of the production of dried fruits, chips and their semi-finished products, was proposed in the course of this study. The main production line for the manufacture of dried apples, apple chips and apple semi-finished products was designed. The resource-saving technological scheme of the dried apple and apple chips production line includes a washing machine, an inspection conveyor, a calibrator, a machine for seeds removing and a device for cutting fruits into chips, a sulfitor, a combined continuous toroidal apparatus for wet-heat treatment, divided into sections for raw materials heating, convective drying, preliminary hydrothermal treatment between sections of microwave drying and dried product cooling and a filling and packaging machine. Taking into account the type of raw materials, a set of equipment from a drum machine with a washing unit and a multifunctional plant with raw materials crushing and seeds separation was provided in the line. The recirculation circuit, the feedstock heating, the steam and condensate used after drying in a closed circuit were used to create an energy-saving technology for the finished product manufacturing. The line consists of modular blocks and is reconfigured depending on the type of dried apples or apple chips obtained based on the developed resource-saving scheme and combined convective microwave drying of raw materials.

**Keywords:** resource-saving technology, drying, apples, waste recovery, secondary raw materials

### Введение

Актуальным для переработки яблок на предприятиях АПК является реализация вторичного сырья и создание глубоких безотходных технологий, позволяющих повысить степень использования сырья и культуру производства при обеспечении требований экологической безопасности.

Для цитирования

Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Перспективы совершенствования технологий переработки яблочного сырья // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 86–92. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-86-92

Объем промышленной переработки за 2018–2019 гг. составлял 455 тыс. т. Ежегодно в консервной отрасли России и стран СНГ обрабатывается яблочных выжимок – около 275 тыс. т, из которых используется на промышленную переработку только 37 тыс. т, что показывает значительный потенциал сырьевой базы и

For citation

Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Prospects of improving technologies for apple raw materials processing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 86–92. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-86-92

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

необходимость развития комплексной переработки сырья. Это обуславливает необходимость переработки яблок с использованием вторичного яблочного сырья и производства. например, сухого пектина и пектинопродуктов, что особенно актуально в современных условиях импортозамещения [1–3].

При этом реализуемые технологии их переработки имеют недостаточно высокую степень утилизации вторичных отходов, являющихся дополнительным пищевым ценным сырьем для получения других готовых продуктов. Из всего объема ежегодно образующихся отходов плодов до 70% используется на корм сельскохозяйственным животным и птице в свежем и переработанном виде. Часть яблочных отходов перерабатывается на пектин на специальных производствах

Используемые способы и оборудование технологических линий для переработки плодов, производства сушеных изделий отличаются низкой тепловой эффективностью и степенью использования потенциала теплоносителя, высокими удельными энергетическими затратами на единицу высушенного продукта, значительной продолжительностью процесса и не предусматривают энергоэффективную переработку растительного сырья с наиболее полной рекуперацией отходов [4–7].

На основе изучения объекта исследования и различных аппаратно – технологических схем переработки яблок отмечено, что вторичное сырье обладает высокой энергетической и биологической активностью, поддается ферментативной и микробиологической биоконверсии и различным видам переработки [2, 3].

Яблоки содержат ценные для питания человека вещества: сахара, белки, жиры, органические кислоты, минеральные соли, пектиновые, дубильные, ароматические и другие вещества, витамины и ферменты. Яблоки имеют значительное содержание воды (в зависимости от сорта 80..87,5%). Продукт практически лишен жиров, однако имеет в своем составе углеводы, содержание которых составляет в среднем 11,8%. При этом моно- и дисахариды – около 9%. Сахара, содержащиеся в плодах, состоят преимущественно из моносахаридов – фруктозы и глюкозы. Они очень хорошо усваиваются, не оказывают вредного влияния.

Состав зеленого яблока отличается от состава красных и желтых. В красных и желтых больше сахара и меньше яблочной кислоты. В желтых меньше, чем в красных и зеленых железа, но больше пектина. В красных яблоках содержится бета-каротин.

Отходы при переработке яблок отличаются высокой пищевой и кормовой ценностью, обладают полезными микро- и макроэлементами [1, 2]. По химическому составу вторичное яблочное сырье мало отличается от основного продукта.

Ключевым вопросом комплексной переработки яблочного сырья является отсутствие эффективных машинно-аппаратурных схем использования ценных пищевых отходов.

**Цель работы** – разработка ресурсосберегающей аппаратно – технологической схемы линии сушеных яблок и яблочных чипсов с определением наиболее эффективных направлений совершенствования технологий переработки отходов яблочного сырья.

### Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали яблоки сорта «Антоновка», «Синап» и «Богатырь» в виде пластин с овальным поперечным сечением и размерами 1,0 × 2,0 × 10,0 мм, которые предварительно очищали от остатков оболочки и отсортировывали с целью выравнивания гранулометрического состава и обеспечения однородности структуры продукта.

Цель работы достигается использованием переменных режимов СВЧ – конвективной сушки яблок на основе определения рациональных технологических режимов теплового воздействия в соответствии с кинетическими закономерностями влагопереноса.

Достижение цели обеспечивается результатами исследований процессов влагопоглощения и влагоудаления с использованием осциллирующей обработки сырья в виде сыпучего продукта при активных гидродинамических режимах слоя в установках непрерывного действия рециркуляционного типа.

Решение поставленных задач основывается на анализе экспериментальных кинетических закономерностей сушки яблок и их вторичного сырья, а также тепловой и энергетической эффективности исследованных влаготепловых процессов переработки яблок и созданной ресурсосберегающей технологической схемы для производства сушеной продукции [3, 7].

Для определения влагосодержания яблочного сырья использован метод высушивания до постоянной массы в соответствии с требованиями ГОСТ 15113.4–77 «Концентраты пищевые. Методы определения влаги».

Процесс сушки яблочного сырья исследовали в следующих диапазонах изменения технологических параметров: температура теплоносителя – (417...424) К; удельная нагрузка сырья (пластин яблок) на газораспределительную решетку – (12...70) кг/м<sup>2</sup>; скорость потока сушильного агента – (0,8...6,3) м/с; частота пульсаций

потока теплоносителя – (0...2) Гц; мощность СВЧ-излучения магнетрона – (160...800) Вт.

Исследование закономерностей теплового воздействия на яблоки осуществляли методом неізотермического анализа на комплексном термоанализаторе TGA-DSC фирмы Mettler-ToledoSTAR<sup>e</sup> в атмосфере воздуха с постоянной скоростью нагрева 3 К/мин до 423 К.

### Результаты и обсуждение

В процессе теплового воздействия в яблоках происходят значительные физико-химические изменения, в результате которых высвобождается вода, определяющая характер происходящих преобразований веществ [3]. За счет испарения влаги и разложения сахаров, клетчатки и других органических соединений масса продукта снижается, что приводит к изменениям энергии активации, показателя реакции, температурного коэффициента скорости дегидратации предэкспоненциального множителя.

При этом происходит уменьшение прочности структуры вследствие частичного гидролиза клетчатки, целлюлозы и других сложных углеводов, из которых состоят стенки клеток и межклеточные перегородки [2, 3].

Для всех исследуемых сортов яблок на кривой DTA в интервале температур 366–376 К отмечается эндотермический эффект, характеризующийся отрывом молекул воды и испарением более связанной влаги, что также сопровождается изменением массы на кривой TGA и эффектом на кривой DTG, характеризующим скорость данного процесса. При повышении температуры до 473–493 К отмечается значительная деструкция веществ, снижения массы образца и появление дополнительного эндотермического эффекта на кривой DTA.

В качестве основного производства при переработке яблок рассматривается получение сушеных изделий и их полуфабрикатов, а также яблочных чипсов.

Скомпонована линия основного производства для переработки плодов и получения сушеных яблок, яблочных чипсов и яблочных полуфабрикатов. Разработанная ресурсосберегающая технологическая схема линии показана на примере производства сушеных яблок и яблочных чипсов (рисунок 1).

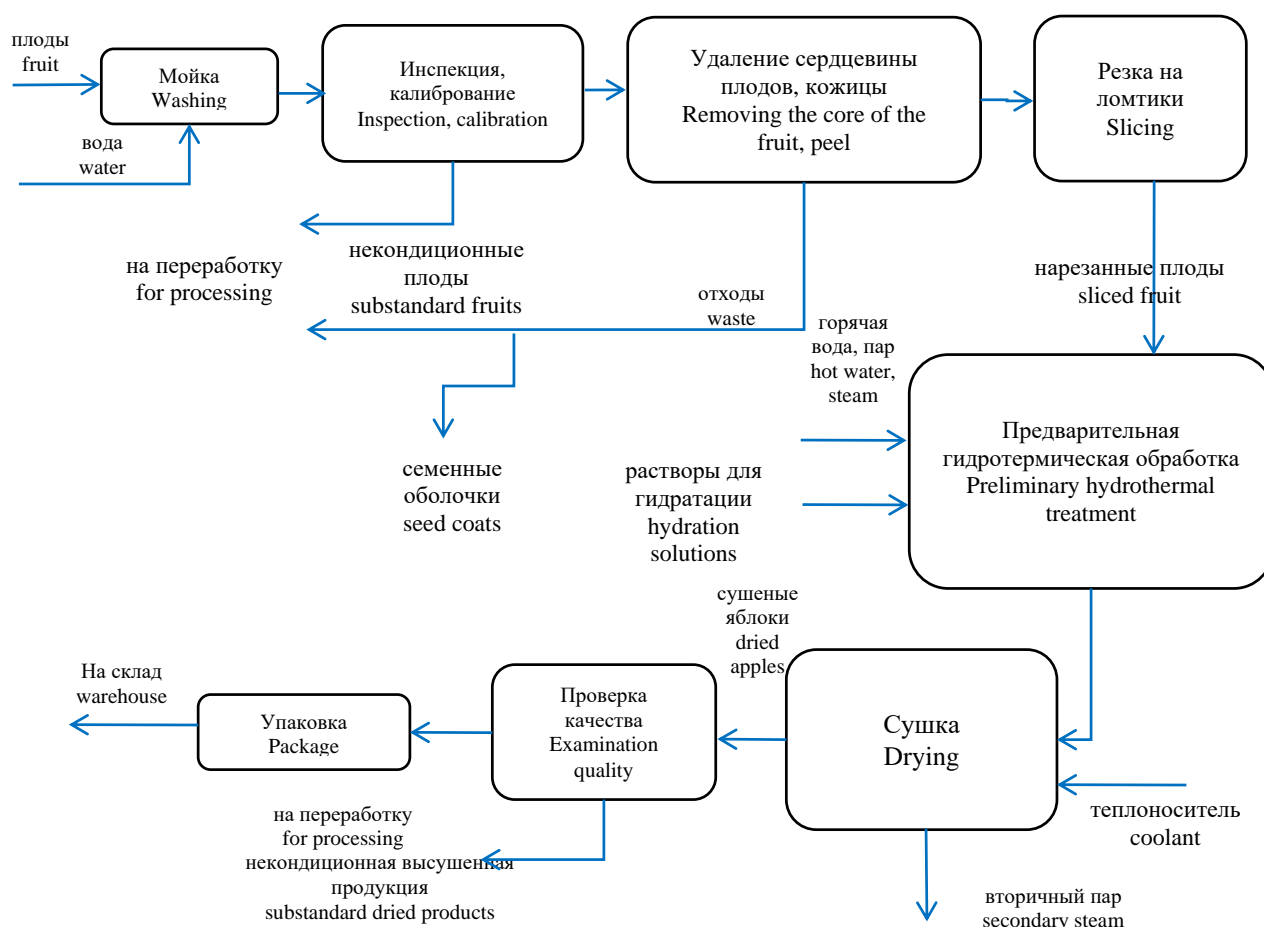


Рисунок 1. Ресурсосберегающая технологическая схема линии для производства сушеных яблок и яблочных чипсов  
Figure1. Resource-saving process technological scheme of the line for dried apples and apple chips manufacturing

Технологическая линия производства сушеных яблок и яблочных чипсов включает моечную машину, инспекционный транспортер, калиброватель, машину для удаления семенного гнезда и устройство резки плодови овощей на пластины, сульфитатор, сушилку и расфасовочно-упаковочный автомат.

Данная линия предусматривает предварительную очистку пищевого растительного сырья от остатков оболочки и сортирование с целью выравнивания гранулометрического состава и обеспечения однородности структуры готового продукта.

В линии предусмотрен комплекс оборудования из барабанной машины с моечным блоком и многофункциональной установки с дроблением сырья и отделением семечек с учетом типа сырья. При этом линия содержит комбинированный тороидальный аппарат для влаготепловой обработки непрерывного действия, разделенный на секции подогрева сырья, конвективной сушки, предварительной гидротермической обработки, которая расположена между секциями СВЧ-сушки, и секцию охлаждения высушенного продукта, предназначенную для доведения продукта до конечной готовности. Используются рециркуляционный контур, подогрев исходного сырья, отработанные после сушки пар и конденсат в замкнутом контуре для создания энергосберегающей технологии производства готового продукта.

Конвективная сушка плодов и овощей на начальной стадии влагоудаления обеспечивается перегретым паром контура рециркуляции, пронизывающим восходящим потоком слой дисперсного материала.

Последующие стадии многоступенчатой сушки осуществлялись с использованием СВЧ-энергии. При этом мощность на завершающем этапе сушки, например, яблок, составляла до 30% начальной, подводимой в контрольную поверхность сушки, при сохранении высокого качества продукта

Линия производства сушеных яблок и чипсов является модульного типа в виде отдельных блоков и перенастраивается в зависимости от вида получаемых сушеных яблок или яблочных чипсов на основе разработанных ресурсосберегающей схемы и комбинированной конвективно-СВЧ сушки сырья.

Линия предусматривает процессы влаготепловой обработки растительного сырья с использованием комбинированных энергоподвода, конвективно-СВЧ сушки сырья и переменного влаготеплового воздействия, реализующих осциллированную обработку плодов в установке

рециркуляционного типа. При этом достигается обеспечение готовых сушеных изделий высокой пищевой ценности при сокращении энергозатрат и потерь сырья [8–20].

Продолжительность получения сушеных яблок составляет около 80–90 мин (для аналогичной продукции известные способы имеют продолжительность сушки 3,5–4,5 часа в зависимости от влагосодержания готового продукта) [3].

Отличительной особенностью предложенной ресурсосберегающей схемы линии производства яблочных чипсов является использование в качестве теплоносителя отработанного перегретого пара рециркуляционного контура конвективной сушки вместе с испаренной влагой для процессов бланширования и конвективной сушки, подогрева исходного сырья, водного раствора и ступенчатого нагрева осушенного теплоносителя в секционных теплообменниках, а также применения СВЧ-энергии в соответствии с кинетическими закономерностями влаготепловой обработки.

Сложность использования, утилизации и переработки вторичного плодовоовощного сырья обусловлена тем, что все виды плодовых отходов в виде кожицы, сердцевин и неполноценного сырья необходимо перерабатывать немедленно, поскольку подвергаются микробиологической порче.

Лимитирующим фактором при переработке вторичного яблочного сырья является большая массовая доля воды в отходах, что повышает стоимость транспортировки, ограничивает количество этих отходов в рационах и не способствует длительному хранению продукта.

Самым простым использованием этих отходов является их непосредственное скормление животным в качестве добавки к сухим кормам. Однако данное направление не отличается высокой экономической эффективностью и использованием потенциала пищевой и функциональной ценности вторичного яблочного сырья.

Данные отходы пищевых производств в виде пектиносодержащего сырья представляют собой легко возобновляемый дешевый и доступный источник сырья для новых высококачественных и питательных кормов. После соответствующей обработки они могут приобретать кормовые свойства в 1,5–3 раза превосходящие фуражное зерно хорошего качества.

Основным результатом эффективного комплексного подхода к переработке яблок является выработка основного продукта в виде сушеных яблок и чипсов с предполагаемым дополнительным производством изделий из вторичного яблочного сырья.

В качестве использования дополнительного производства, связанного с переработкой вторичного пищевого сырья основного производства, предусматривается: выпуск натуральных яблочного порошка; пектина для производства мармелада, желе, лекарств; получение заменителей чая и кофе для хлебопекарной, кондитерской, пищевконцентратной и других отраслей; загустителей

для выпуска соусов, а также полнорационных комбикормовых добавок с высокой пищевой ценностью и длительным сроком хранения для сельского хозяйства [1–3].

Основные направления переработки яблок и использования вторичного яблочного сырья показаны на рисунке 2.

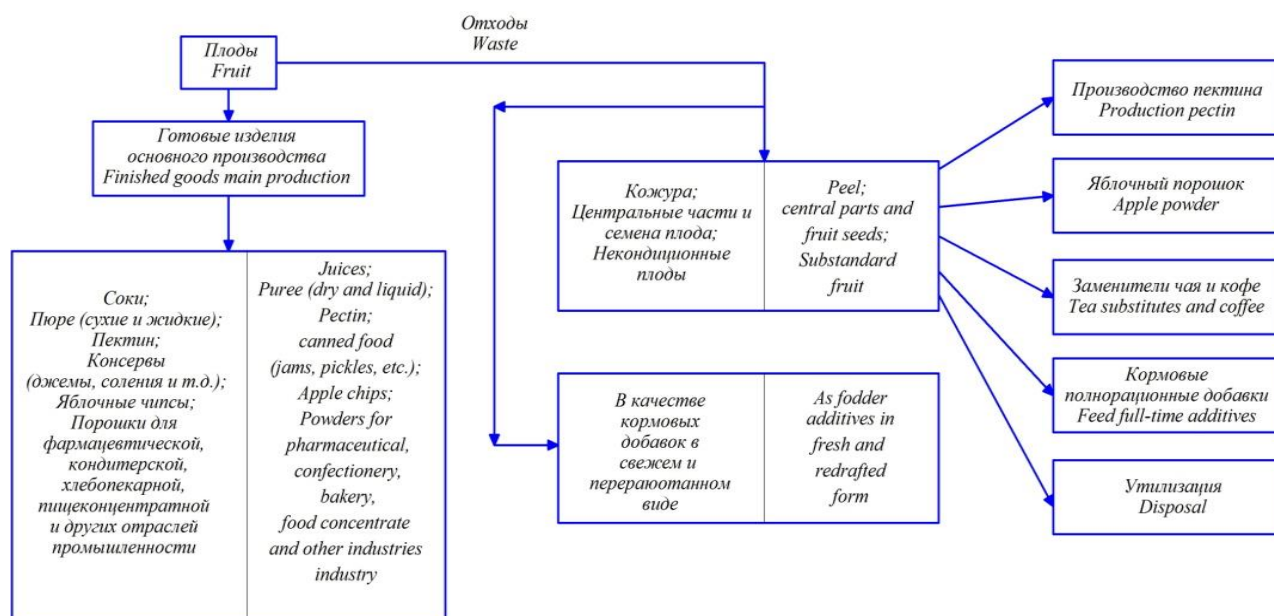


Рисунок 2. Основные направления переработки яблок и вторичного яблочного сырья

Figure 2. The main directions of apples and secondary apple raw materials processing

Выполненные исследования процесса сушки на основе предложенного комбинированного способа показали перспективность комбинированной конвективно–СВЧ–сушки сырья при сокращении продолжительности процесса, повышении теплового и эксергетического КПД отдельных стадий и линии производства сушеных яблок и яблочных чипсов.

### Закключение

На основании проведенных экспериментальных исследований влаготепловой обработки яблочного сырья с использованием комбинированных способов влаготеплового воздействия с периодическим тепло- и влагоподводом, а также

полученных теоретических данных была разработана ресурсосберегающая схема линии производства сушеных изделий.

Предлагается использование дополнительного производства, связанного с переработкой вторичного яблочного сырья основного производства, с получением яблочного порошка, заменителей чая и кофе для хлебопекарной, кондитерской, пищевконцентратной и других отраслей, пектина для производства мармелада, желе, лекарств, загустителей для выпуска соусов, а также обогащенных полнорационных комбикормовых добавок с высокой кормовой ценностью и длительным сроком хранения для сельского хозяйства.

### Литература

- 1 Маркетинговое исследование: рынок переработки яблок. ОГАУ «ИКЦ АПК Белгородской области». Белгород, 2017. 39 с.
- 2 Huang L., Zhang M., Wang L.P., Mujumdar A.S. et al. Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices // LWT-Food Science and Technology. 2012. V. 47. №. 1. P. 183-188. doi: 10.1016/j.lwt.2011.12.009
- 3 Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Анализ свойств яблок различных сортов на основе термоаналитических методов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 11. С. 28–31
- 4 Kumar C., Karim M.A. Microwave-convective drying of food materials: A critical review // Critical Review in Food Science and Nutrition. 2019. V. 59. №. 3. P. 379–394
- 5 Антипов и др. Оборудование для ведения механических и гидромеханических процессов пищевых технологий. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 604 с.

- 6 Антипов и др. Оборудование для ведения тепломассообменных процессов пищевых технологий. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 460 с
- 7 Калашников Г.В., Черняев О.В. Энергоэффективная комбинированная конвективная сушка дисперсных материалов // Химические волокна. 2019. № 4(51). С. 70–73. doi 10.1007/s10692-020-10098-6
- 8 Wray D., Ramaswamy H.S. Novel concepts in microwave // Drying Technology. 2015. V. 33. № 7. P. 769–783
- 9 Joardder M.U.H., Kumar C., Karim M.A. Multiphase transfer model for intermittent microwave-convective drying of food: Considering shrinkage and pore evolution // International Journal of Multiphase Flow. 2017. V. 95. P. 101–119
- 10 Burdo O.G., Syrotyuk I.V., Alhury U., Levtrinska J.O. Microwave Energy, as an Intensification Factor in the Heat-Mass Transfer and the Polydisperse Extract Formation // Problemele energeticii regionale. 2018. V. 36(1). P. 58–71.
- 11 Calugar P.C., Coldea T.E., Salanță L.C., Pop C.R. et al. An overview of the factors influencing apple cider sensory and microbial quality from raw materials to emerging processing technologies // Processes. 2021. V. 9. №. 3. P. 502. doi: 10.3390/pr9030502
- 12 Singha P., Muthukumarappan K. Effects of processing conditions on the system parameters during single screw extrusion of blend containing apple pomace // Journal of Food Process Engineering. 2017. V. 40. №. 4. P. e12513. doi: 10.1111/jfpe.12513
- 13 Dhillon G.S., Kaur S., Brar S.K. Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review // Renewable and sustainable energy reviews. 2013. V. 27. P. 789-805. doi: 10.1016/j.rser.2013.06.046
- 14 Radjabov A., Ibragimov M., Eshpulatov N. The study of the electrical conductivity of Apples and Grapes as an object of electrical processing // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. V. 226. P. 00002. doi: 10.1051/e3sconf/202122600002
- 15 Huc-Mathis D., Journet C., Fayolle N., Bosc V. Emulsifying properties of food by-products: Valorizing apple pomace and oat bran // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2019. V. 568. P. 84-91. doi: 10.1016/j.colsurfa.2019.02.001
- 16 Singha P., Muthukumarappan K. Single screw extrusion of apple pomace-enriched blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions // Food science and technology international. 2018. V. 24. №. 5. P. 447-462. doi: 10.1177/1082013218766981
- 17 Candrawinata V.I., Golding J.B., Roach P.D., Stathopoulos C.E. From apple to juice—the fate of polyphenolic compounds // Food reviews international. 2013. V. 29. №. 3. P. 276-293. doi: 10.1080/87559129.2013.790049
- 18 Lohani U.C., Muthukumarappan K. Effect of extrusion processing parameters on antioxidant, textural and functional properties of hydrodynamic cavitated corn flour, sorghum flour and apple pomace-based extrudates // Journal of Food Process Engineering. 2017. V. 40. №. 3. P. e12424. doi: 10.1111/jfpe.12424
- 19 Lan W., Jaillais B., Leca A., Renard C.M. et al. A new application of NIR spectroscopy to describe and predict purees quality from the non-destructive apple measurements // Food chemistry. 2020. V. 310. P. 125944. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125944
- 20 Ovcharenko A.S., Rasulova E.A., Ivanova O.V., Velichko N.A. Blended fruit and vegetable juices based on small-fruited apples, pumpkin, mountain ash and honey // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2018. V. 80. №. 3. P. 111-115. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-111-115

## References

- 1 Marketing research: apple processing market. OGAU «ICC Agroindustrial Complex of the Belgorod Region». Belgorod, 2017. 39 p (in Russian).
- 2 Huang L., Zhang M., Wang L.P., Mujumdar A.S. et al. Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices. LWT-Food Science and Technology. 2012. vol. 47. no. 1. pp. 183-188. doi: 10.1016/j.lwt.2011.12.009
- 3 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Analysis of the properties of apples of different varieties based on thermoanalytical methods. Storage and processing of agricultural raw materials. 2012. no. 11. pp. 28–31. (in Russian).
- 4 Kumar C., Karim M.A. Microwave-convective drying of food materials: A critical review. Critical Review in Food Science and Nutrition. 2019. vol. 59. no. 3. pp. 379–394.
- 5 Antipov S.T et al. Equipment for mechanical and hydromechanical processes of food technologies. Saint Petersburg, Lan, 2020. 604 p. (in Russian).
- 6 Antipov S.T et al. Equipment for conducting heat and mass transfer processes of food technologies. Saint Petersburg, Lan, 2020. 460 p. (in Russian).
- 7 Kalashnikov G.V., Chernyaev O.V. Energy-Efficient combination convective drying of disperse materials. Fibre Chemistry. 2019. vol. 51. no. 4. pp. 70–73. doi 10.1007/s10692-020-10098-6 (in Russian).
- 8 Wray D., Ramaswamy H.S. Novel concepts in microwave. Drying Technology. 2015. vol. 33. no. 7. pp. 769–783.
- 9 Joardder M.U.H., Kumar C., Karim M.A. Multiphase transfer model for intermittent microwave-convective drying of food: Considering shrinkage and pore evolution. International Journal of Multiphase Flow. 2017. vol. 95. pp. 101–119.
- 10 Burdo O.G., Syrotyuk I.V., Alhury U., Levtrinska J.O. Microwave Energy, as an Intensification Factor in the Heat-Mass Transfer and the Polydisperse Extract Formation. Problemele energeticii regionale. 2018. vol. 36(1). pp. 58–71.
- 11 Calugar P.C., Coldea T.E., Salanță L.C., Pop C.R. et al. An overview of the factors influencing apple cider sensory and microbial quality from raw materials to emerging processing technologies. Processes. 2021. vol. 9. no. 3. pp. 502. doi: 10.3390/pr9030502
- 12 Singha P., Muthukumarappan K. Effects of processing conditions on the system parameters during single screw extrusion of blend containing apple pomace. Journal of Food Process Engineering. 2017. vol. 40. no. 4. pp. e12513. doi: 10.1111/jfpe.12513



13 Dhillon G.S., Kaur S., Brar S.K. Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2013. vol. 27. pp. 789-805. doi: 10.1016/j.rser.2013.06.046

14 Radjabov A., Ibragimov M., Eshpulatov N. The study of the electrical conductivity of Apples and Grapes as an object of electrical processing. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2021. vol. 226. pp. 00002. doi: 10.1051/e3sconf/202122600002

15 Huc-Mathis D., Journet C., Fayolle N., Bosc V. Emulsifying properties of food by-products: Valorizing apple pomace and oat bran. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2019. vol. 568. pp. 84-91. doi: 10.1016/j.colsurfa.2019.02.001

16 Singha P., Muthukumarappan K. Single screw extrusion of apple pomace-enriched blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. *Food science and technology international*. 2018. vol. 24. no. 5. pp. 447-462. doi: 10.1177/1082013218766981

17 Candrawinata V.I., Golding J.B., Roach P.D., Stathopoulos C.E. From apple to juice—the fate of polyphenolic compounds. *Food reviews international*. 2013. vol. 29. no. 3. pp. 276-293. doi: 10.1080/87559129.2013.790049


18 Lohani U.C., Muthukumarappan K. Effect of extrusion processing parameters on antioxidant, textural and functional properties of hydrodynamic cavitated corn flour, sorghum flour and apple pomace-based extrudates. *Journal of Food Process Engineering*. 2017. vol. 40. no. 3. pp. e12424. doi: 10.1111/jfpe.12424

19 Lan W., Jaillais B., Leca A., Renard C.M. et al. A new application of NIR spectroscopy to describe and predict purees quality from the non-destructive apple measurements. *Food chemistry*. 2020. vol. 310. pp. 125944. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125944


20 Ovcharenko A.S., Rasulova E.A., Ivanova O.V., Velichko N.A. Blended fruit and vegetable juices based on small-fruited apples, pumpkin, mountain ash and honey. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 111-115. doi: 10.20914/2310-1202-2018-3-111-115

#### Сведения об авторах

**Геннадий В. Калашников** д.т.н., профессор, кафедра естественных дисциплин, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kagen5@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0873-5346>

**Евгений В. Литвинов** к.т.н., доцент, кафедра технической механики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zenlit@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4691-0264>

#### Вклад авторов

**Геннадий В. Калашников** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат


**Евгений В. Литвинов** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, подбор методик исследования

#### Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Information about authors

**Gennadii V. Kalashnikov** Dr. Sci. (Engin.), professor, natural sciences department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kagen5@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0873-5346>

**Eugene V. Litvinov** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technical mechanics department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zenlit@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4691-0264>

#### Contribution

**Gennadii V. Kalashnikov** All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

**Eugene V. Litvinov** review of literature sources on the problem under study, research methods

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 27/12/2021	После редакции 25/01/2022	Принята в печать 16/02/2022
Received 27/12/2021	Accepted in revised 25/01/2022	Accepted 16/02/2022