

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-4-10>

Поступила 28.11.2022

Поступила после рецензирования 19.12.2022

Принята в печать 26.12.2022

© Посокина Н. Е., Захарова А. И., 2023

<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

# СОВРЕМЕННЫЕ НЕТЕРМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЕГО ХРАНИМОСПОСОБНОСТИ

Посокина Н. Е.\*, Захарова А. И.

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Московская область, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

растительное сырье,  
высокое давление, импульсные  
электрические поля,  
радиоактивная обработка,  
УФИ

**АННОТАЦИЯ**

Наряду с термическими способами обработки растительного сырья в последние десятилетия активно развиваются нетермические методы обработки, позволяющие максимально сохранить качественные характеристики исходного сырья и увеличить сроки хранения готового продукта. При использовании данных методов может происходить незначительный нагрев продукта, например, как при обработке ультрафиолетовым излучением (УФИ). В случае применения такого вида обработки, как фильтрация, нагрев полностью отсутствует, в условиях обработки продукта высоким давлением (*англ. High Pressure Processing, далее — HPP*) соблюдается режим пониженных температур. Данные методы отличаются минимизацией воздействия на органолептические показатели готового продукта (текстура, внешний вид, цвет, запах), а также сохранением микро- и макронутриентов. В статье рассмотрены основные нетермические методы обработки растительного сырья: высокое давление (ВД), обработка в импульсном электрическом поле (PEF), радиоактивное излучение, ультрафиолетовое излучение (УФИ), фильтрация. Отмечены преимущества и факторы, сдерживающие их широкое применение в промышленных масштабах. Отмечено, что высокое давление, УФИ и фильтрация в той или иной степени имеют достаточно широкое применение при производстве продуктов питания, в то время как обработка в импульсном электрическом поле и радиоактивное излучение используются крайне ограниченно в силу необходимости обеспечения безопасности обработки для обслуживающего персонала. Следует также отметить, что обработка только нетермическими способами приводит к ограниченному сроку годности готовых продуктов и зачастую требует пониженных температур хранения. При необходимости увеличения сроков годности имеет смысл комбинирование термических и нетермических способов обработки. Например, микрофильтрация (ультрафильтрация) сока, розлив в потребительскую упаковку, щадящая пастеризация. Несомненным преимуществом такого сочетания может служить снижение термической нагрузки на продукт, т. к. исходная микробиологическая обсемененность снижена фильтрацией. И, как следствие, мы получаем стабильно хранящийся продукт с минимальными потерями качества и сохраненным нативным потенциалом.

**ФИНАНСИРОВАНИЕ:** Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № FNEN-2019-00011 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук.

Received 28.11.2022

Accepted in revised 19.12.2022

Accepted for publication 26.12.2022

© Posokina N. E., Zakharova A. I., 2023

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

## MODERN NON-THERMAL METHODS OF PROCESSING PLANT RAW MATERIALS USED TO INCREASE ITS STORABILITY

Natalia E. Posokina\*, Anna I. Zakharova

Russian Research Institute of Canning Technology, Moscow Region, Russia

**KEY WORDS:**

vegetable raw materials,  
high pressure, pulsed electric  
fields, radioactive treatment,  
UV radiation

**ABSTRACT**

Along with thermal methods of processing plant raw materials, non-thermal processing methods have been actively developed in recent decades, which make it possible to preserve the qualitative characteristics of the initial raw materials to the maximum and increase the shelf life of the finished product. When using these methods, slight heating of the product can occur, for example, as in the processing by ultraviolet radiation (UVR). In the case of using such a type of processing as filtration, heating is completely absent; under the conditions of high pressure processing of the product (hereinafter HPP), a low temperature regime is observed. These methods are distinguished by minimizing the impact on the organoleptic characteristics of the finished product (texture, appearance, color, odor), as well as the preservation of micro- and macronutrients. The article discusses the main non-thermal methods of processing plant materials: high pressure (HPP), processing in a pulsed electric field (PEF), radioactive radiation, ultraviolet radiation (UVR), filtration. The advantages and factors hindering their widespread use on an industrial scale are noted. It is noted that high pressure, ultraviolet radiation and filtration to one degree or another are widely used in food production, while processing in a pulsed electric field and

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Посокина, Н.Е., Захарова, А.И. (2023). Современные нетермические способы обработки растительного сырья, применяемые для увеличения его хранимостности. *Пищевые системы*, 6(1), 4-10. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-4-10>

**FOR CITATION:** Posokina, N. E., Zakharova, A.I. (2023). Modern non-thermal methods of processing plant raw materials used to increase its storage capacity. *Food Systems*, 6(1), 4-10. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-4-10>

radioactive radiation are of extremely limited use due to the need to ensure the safety of processing for service personnel. It should also be noted that processing only by non-thermal methods leads to a limited shelf life of finished products and often requires lower storage temperatures. If it is necessary to increase the shelf life, it makes sense to combine thermal and non-thermal processing methods, for example, microfiltration (ultrafiltration) of juice, bottling into consumer packaging, gentle pasteurization. The undoubted advantage of this combination can be a reduction in the thermal load on a product, since the initial microbiological contamination is reduced by filtration. And, as a result, we get a stably stored product with minimal quality loss and preserved native potential.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. FNEN-2019–00011 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

## 1. Введение

Обработанные продукты стали неотъемлемой частью современного мира. Переработка не только обеспечивает удобство использования продуктов для конечного потребителя, но и увеличивает их хранимоспособность [1,2]. Многие фрукты и овощи являются низкокислотными пищевыми продуктами с очень коротким сроком годности, при этом «жесткая» термическая обработка и последующее хранение могут привести к значительным потерям качества с точки зрения органолептических, пищевых и функциональных свойств.

В последние годы широко исследуются и внедряются инновационные технологии обработки пищевых продуктов, минимизирующие деградацию органолептических показателей с одновременным увеличением сроков годности. Введение и применение новых технологий нетермической обработки имеют решающее значение для промышленного внедрения [3].

Целью данного обзора являлось рассмотрение существующих нетермических способов обработки, подходящих для переработки фруктов и овощей, а также выявление преимуществ и недостатков каждого способа.

Задачи — проанализировать каждый вид обработки, сферу применения, перспективы развития и использования нетермических способов обработки в промышленных масштабах.

## 2. Способы обработки

### 2.1. Применение высокого давления (НРР)

В наше время одним из самых распространенных нетепловых методов обработки является использование высокого давления (НРР), которое проводят при давлении 100–1000 МПа и температуре 20–25 °С или ниже [4–6]. Это метод, при котором продукт подвергается равномерной обработке давлением со всех сторон [7]. Уникальной особенностью этого метода является минимальное изменение органолептических и питательных свойств продукта в связи с воздействием только на нековалентные связи [8–10]. При этом в обработанном продукте сохраняются витамины и аминокислоты, а также снижается потеря низкомолекулярных пищевых соединений [11–13].

При исследовании влияния различных видов нетермической обработки на цвет яблочного сока, полученного из яблок сорта Роуз, сразу после обработки НРР сохранялся естественный цвет яблочного сока по сравнению с другими видами обработки, такими как импульсное электрическое поле и термическая обработка [14].

При производстве плодовоовощной продукции использование НРР позволяет выпускать безопасную для здоровья продукцию высокого качества с увеличенным сроком хранения [13]. Например, в работе [15] исследовалась активность ферментов, влияющих на качество неподкисленного морковного сока из небланшированной моркови, которая ингибировалась на 95% после обработки под давлением 400 Мпа при температуре 10 °С в течение 10 мин.

С помощью обработки под давлением 259 Мпа и при температуре 35 °С в течение 15 мин удалось снизить микробную нагрузку неподкисленного томатного сока. При этом качество полученного продукта оказалось выше, чем при использовании традиционных технологий [16].

В луке-порее, цветной капусте и зеленой фасоле после обработки НРР авторами [17] отмечено увеличение биодоступности фолата, однако во время хранения при низких температурах количество образующихся моноглутаматных соединений уменьшилось. Исследование показало необходимость установления оптимальных условий хранения с целью минимизации этой проблемы.

При использовании НРР возникают определенные проблемы с производительностью и высокими эксплуатационными затратами, которые сдерживают промышленное внедрение этих технологий [18].

### 2.2. Использование импульсного электрического поля (PEF)

Обработка в импульсном электрическом поле (PEF) (*англ. Pulsed Electric Fields, далее — PEF*) — другой нетепловой метод обработки, который приводит к инактивации ферментов и патогенных микроорганизмов за счет электропорации клеточных мембран. Серия коротких высоковольтных импульсов разрушает клеточные мембраны вегетативных микроорганизмов, обеспечивая образование новых пор или расширение существующих в мембранах микробных клеток [19]. Количество пор, образующихся вокруг клеточных мембран под действием электрического поля, зависит от среды, напряженности электрического поля, интенсивности импульса, ширины импульса, числа импульсов и времени обработки, а также от типа и штамма микроорганизма, размера и геометрии клеток [20]. PEF предполагает обработку пищевых продуктов, помещенных между электродами, импульсами высокого напряжения порядка 20–80 кВ, которое приводит к летальному исходу различных видов бактерий, плесеней и дрожжей [19,21,22].

Так как обработка PEF вызывает незначительное увеличение температуры, отмечается отсутствие заметных потерь аромата, цвета и биологически активных комплексов в обработанном продукте [23–25]. В исследовании [26] сравнили содержание витамина С после обработки PEF, пастеризацией и обработкой НРР. Данные показали, что после обработки PEF содержание витамина С в соках было наибольшим относительно других образцов.

В другом исследовании при обработке фруктовых соков PEF средней интенсивности ( $E = 2,7$  кВ/см и длительность импульса 15–1000 мкс) наблюдалась инактивация микроорганизмов. Для промышленной обработки это составляет большой потенциал для сохранения фруктовых соков и жидких пищевых продуктов с нейтральным рН [27–29].

Исследования смешанных морковных соков показали, что PEF оказывает на микроорганизмы (в том числе *L. plantarum* и *E. coli*) летальное нетермическое действие, при этом степень инактивации *E. coli* возрастает по мере уси-

ления напряженности электрического поля с 5 до 20 кВ/см и числа импульсов с 207 до 1449 [30].

Изучение состава томатного сока после обработки PEF 35 кВ/см в течение 1500 мс при биполярных импульсах (4 мкс, частота 100 Гц) и плотности энергии 8269 кДж/л показало увеличение содержания ликопина и витамина С, по сравнению с соком, прошедшим тепловую обработку при 90 °С в течение 30 с, а степень инактивации пектинметилэстеразы составила 82% [31].

Инактивация микроорганизмов PEF обработкой позволяет производить пастеризованные продукты в соответствии со стандартами, установленными регулирующими органами. Таким образом, можно считать, что технология готова для применения в промышленных масштабах. Однако следует отметить высокие затраты для организации данного вида обработки — перед машиностроителями стоит задача сделать оборудование коммерчески жизнеспособным [32].

### 2.3. Радиоактивное излучение

Радиация — это нетермический метод, используемый для сохранения продуктов питания, который уничтожает микроорганизмы или уменьшает их количество при температуре окружающей среды, избегая разрушительного воздействия тепла на аромат, цвет и питательную ценность продукта. Механизм облучения включает в себя образование реактивных частиц, которые далее запускают процесс, взаимодействуя с клеточными структурами и ДНК микроорганизмов. Увеличение срока годности продуктов питания происходит путем вмешательства в катаболизм микроорганизмов, присутствующих в свежих продуктах в процессе хранения [33].

В настоящее время облучение отдельно или в сочетании с другими традиционными методами консервации используется для увеличения срока годности свеженарезанных продуктов [34]. Однако этот способ обработки часто связывается с развитием характерного привкуса в процессе хранения продукта и с размягчением структуры некоторых свежих фруктов и овощей, так как облучение может влиять на главные компоненты продукта, то есть на углеводы, белки и жиры [33]. Во многих случаях изменения, происходящие в продукте, зависят от дозы облучения и от степени деполимеризации. Как указано Комиссией Codex Alimentarius, максимально допустимая доза для пищевых продуктов составляет 10 кГр. При облучении белки могут подвергаться коагуляции, разворачиванию, молекулярному раскручиванию и расщеплению. Например, сырые яйца стали жидкими и водянистыми после облучения дозой 6 кГр. В результате облучения пшеницы дозой 0,2–10 кГр, после разложения крахмала, наблюдалось значительное повышение уровня водорастворимых сахаров. Также при увеличении дозы облучения происходит усиление прогорклого запаха за счет самоокисления жиров [35].

В большинстве случаев облучение не вызывает изменений органолептических свойств овощей и фруктов. Например, изменение структуры яблок зависело от используемой дозы: при дозах 0,15–0,30 кГр изменения в структуре не наблюдалось, в то время как при дозах 0,30–0,90 кГр значительно уменьшилась твердость. Снижение твердости также наблюдалось для малины, груш, папайи и цитрусовых. Облучение в 0,75 кГр приводило к изменению аромата папайи и апельсинов [36–38]. Другие изменения, которые были отмечены после облучения некоторых фруктов и овощей: уменьшение содержания аскорбиновой кислоты в луке, картофеле, яблоках и грейпфрутах; увеличение содержания сахарозы, изменение аминокислотного состава и снижение содержания каротиноидов в картофеле; уменьшение содер-

жания  $\lambda$ -токоферола в нарезанных ломтиками помидорах; увеличение содержания флавоноидов и снижение кислотности в грейпфрутах [39].

Широкому внедрению данного способа обработки в промышленности препятствуют проблемы не только с доступностью безопасных установок, но и с запретом использования данного вида обработки при производстве некоторых видов продуктов. Например, в соответствии с ТР ТС 023/2011 в России и странах Таможенного союза запрещено использование ионизирующего излучения при производстве соковой продукции.

### 2.4. Применение ультрафиолетового излучения (УФИ)

Ультрафиолетовое излучение (УФИ) является одной из технологий, направленных на обеспечение безопасности пищевых продуктов, сохранение внешнего вида и питательных веществ, а также продление срока хранения [40,41]. Эффект от УФИ происходит за счет поглощения микроорганизмами коротковолнового (100–400 нм) УФ-света, предотвращая процесс деления клетки. Эффективность УФИ находится в прямой зависимости от количества дозы, поглощенной микроорганизмом [42, 43]. При этом происходит серьезное повреждение клеточной стенки микроорганизмов, нарушается система репарации ДНК и затрагиваются ферментативные функции, которые приводят к разрушению клеточной структуры из-за повышенной проницаемости клеточной мембраны и ее деполяризации [44]. УФИ эффективно для жидких пищевых продуктов по отношению к патогенным микроорганизмам, при этом в результате данного вида обработки не повышается температура продукта и не происходит нежелательных изменений органолептических показателей.

По сравнению с тепловой обработкой, при обработке УФИ происходит эффективное разрушение спор, которые не восприимчивы к температуре [45,46]. УФИ мощностью около 140 Дж/м<sup>2</sup> достаточно для инактивации спор *B. anthracis* [47]. Однако во многих исследованиях сообщается об устойчивости к УФИ спор рода *Bacillus* [48,49].

Достоинства использования УФИ заключаются в том, что УФ-системы требуют минимального обслуживания, являются экологически безопасными и могут быть установлены в любой точке производственной линии.

Недостатками данного метода является малая глубина проникновения (так называемая поверхностная обработка), возможное повторное обсеменение продукта, деструкция витаминов (потери некоторых из них могут достигать 50% [50]), белков, антиоксидантов, а также окисление липидов. Все это требует дальнейшего изучения и поиска решения для минимизации разрушительного воздействия УФИ на различные группы пищевых продуктов [51,52].

### 2.5. Фильтрация

Фильтрация через фильтры с пористой перегородкой — метод обработки, главным образом используемый для жидких продуктов. При этом размер пор фильтра подбирают таким образом, чтобы он обеспечивал барьер для определенных видов микроорганизмов, контаминирующих исходный продукт. В пищевой промышленности применяют микрофильтрацию и ультрафильтрацию.

#### 2.5.1. Микрофильтрация

Мембранный фильтр в установке микрофильтрации имеет средний размер пор 0,1 мкм. Диапазон размеров, в зависимости от вида фильтра и целей фильтрации, может варьироваться от 0,05 мкм до 5 мкм. Микрофильтрация эффективна для удаления из жидкости простейших живых организмов, бактерий и вирусов.



### 2.5.2. Ультрафильтрация

Средний размер пор мембраны ультрафильтрации в 10 раз меньше, чем у микрофильтрации. Он составляет 0,01 мкм и может варьироваться от 0,001 мкм до 0,05 мкм. Ультрафильтрация эффективна против простейших живых организмов, бактерий и большинства вирусов.

Преимущества, связанные с этой обработкой, включают увеличение срока годности готового продукта и энергосбережение. Однако данный вид обработки пригоден только для жидких продуктов, он имеет высокие эксплуатационные затраты на обслуживание и замену мембранных фильтров.

### 3. Выводы

Ряд нетермических способов обработки, такие как НРР, УФИ и фильтрация широко используются в производстве продуктов питания, в то время как обработка в импульс-

ном электрическом поле и радиоактивное излучение имеют крайне ограниченное применение. Данные способы обработки требуют дополнительных мер для обеспечения безопасности обслуживающего персонала и жесткого контроля применяемых доз. Следует отметить, что обработка только нетермическими способами приводит к ограниченному сроку годности готовых продуктов и зачастую требует специальных условий хранения. В связи с этим имеет смысл комбинирование термических и нетермических способов обработки. Примером такого сочетания может служить применение ультрафильтрации сока и пастеризации. Несомненным преимуществом такого сочетания может служить снижение термической нагрузки на продукт, т. к. микробиологическая обсемененность предварительно снижена фильтрацией. И, как следствие, мы получаем стабильно хранящийся продукт с минимальными потерями качества и сохраненным нативным потенциалом.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Jackson, L. S., Al-Taher, F. (2022). Processing issues: acrylamide, furan, and trans fatty acids. Chapter in a book: Ensuring Global Food Safety: Exploring Global Harmonization. Academic Press, 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816011-4.00021-5>
- Chiozzi, V., Agriopoulou, S., Varzakas, T. (2022). Advances, applications, and comparison of thermal (pasteurization, sterilization, and aseptic packaging) against non-thermal (ultrasounds, UV radiation, ozonation, high hydrostatic pressure) technologies in food processing. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(4), Article 2202. <https://doi.org/10.3390/app12042202>
- Chacha, J.S., Zhang, L., Ofoedu, C.E., Suleiman, R.A., Dotto, J.M., Roobab, U. et al. (2021). Revisiting non-thermal food processing and preservation methods — action mechanisms, pros and cons: A technological update (2016–2021). *Foods*, 10(6), Article 1430 <https://doi.org/10.3390/foods10061430>
- Pingen, S., Sudhaus, N., Becker, A., Krischek, C., Klein, G. (2016). High pressure as an alternative processing step for ham production. *Meat Science*, 118, 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.014>
- Tsevdou, M., Eleftheriou, E., Taoukis, P. (2013). Transglutaminase treatment of thermally and high pressure processed milk: Effects on the properties and storage stability of set yoghurt. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.004>
- Marangoni Junior, L., Cristianini, M., Padula, M., Anjos, C.A.R. (2019). Effect of high-pressure processing on characteristics of flexible packaging for foods and beverages. *Food Research International*, 119, 920–930. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.078>
- Liu, H., Xu, Y., Zu, S., Wu, X., Shi, A., Zhang, J. et al. (2021). Effects of high hydrostatic pressure on the conformational structure and gel properties of myofibrillar protein and meat quality: A review. *Foods*, 10(8), Article 1872. <https://doi.org/10.3390/foods10081872>
- Mahadevan, S., Karwe M. V. (2016). Effect of high-pressure processing on bioactive compounds. *Food Engineering Series*, 479–507. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3234-4\\_22](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3234-4_22)
- Marciniak, A., Suwal, S., Naderi, N., Pouliot, Y., Doyen, A. (2018). Enhancing enzymatic hydrolysis of food proteins and production of bioactive peptides using high hydrostatic pressure technology. *Trends in Food Science and Technology*, 80, 187–198. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.013>
- Wang, B., Liu, F., Luo, S., Li, P., Mu, D., Zhao, Y. et al. (2019). Effects of high hydrostatic pressure on the properties of heat-induced wheat gluten gels. *Food and Bioprocess Technology*, 12(2), 220–227. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2205-3>
- O'Reilly, C., Kelly, L.A., Murphy, M.P., Beresford, P.T. (2001). High pressure treatment: Applications in cheese manufacture and ripening. *Trends in Food Science and Technology*, 12(2), 51–59. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00060-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00060-7)
- Oliveira, F.A.D., Neto, O.C., Santos, L.M.R.D., Ferreira, E.H.R., Rosenthal, A. (2017). Effect of high pressure on fish meat quality — A review. *Trends in Food Science and Technology*, 66, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.014>
- Butz, P., Fernandez Garcia, F., Lindauer, R., Dieterich, S., Bogner, A., Tauscher, B. (2003). Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 233–236. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00258-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00258-3)
- Lee, P. Y., Kebede, B. T., Lusk, K., Miroso, M., Oey, I. (2017). Investigating consumers' perception of apple juice as affected by novel and conventional processing technologies. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 2564–2571. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13542>
- Kim, Y.-S., Park, S.-J., Cho, Y.-H., Park, J. (2001). Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice. *Journal of Food Science*, 66(9), 1355–1360. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15214.x>
- Dede, S., Alpas, H., Bayındır, A. (2007). High hydrostatic pressure treatment and storage of carrot and tomato juices: Antioxidant activity and microbial safety. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(5), 773–782. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2758>
- Melse-Boonstra, A., Verhoef, P., Konings, E.J.M., Van Dusseldorp, M., Matser, A., Hollman, P.C.H. et al. (2002). Influence of processing on total, monoglutamate and polyglutamate folate contents of leeks, cauliflower, and green beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(12), 3473–3478. <https://doi.org/10.1021/jf0112318>
- Huang, H.-W., Wu, S.-J., Lu, J.-K., Shyu, Y.-T., Wang, C.-Y. (2017). Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control*, 72, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.019>
- Jin, T.Z., Zhang, H.Q. (2020). Pulsed electric fields for pasteurization: Food safety and shelf life. *Food Engineering Series*, 553–577. [https://doi.org/10.1007/978-5-030-42660-6\\_21](https://doi.org/10.1007/978-5-030-42660-6_21)
- Guerrero-Beltran, J.A., Welti-Chanes, J. (2016). Pulsed electric fields. Chapter in a book: Encyclopedia of Food and Health, Academic Press, 2016. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00579-1>
- Jadhav, H.B., Annappure, U.S., Deshmukh, R.R. (2021). Non-thermal technologies for food processing. *Frontiers in Nutrition*, 8, Article 657090. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.657090>
- Mendes-Oliveira, G., Jin, T.Z., Campanella, O.H. (2020). Modeling the inactivation of *Escherichia coli* O<sub>157</sub>: H<sub>7</sub> and *Salmonella* Typhimurium in juices by pulsed electric fields: The role of the energy density. *Journal of Food Engineering*, 282, Article 110001. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110001>
- Shamsi, K., Sherkat, F. (2009). Application of pulsed electric field in non-thermal processing of milk. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(05), 216–244.
- Bhattacharjee, C., Saxena, V. K., Dutta, S. (2019). Novel thermal and non-thermal processing of watermelon juice. *Trends in Food Science and Technology*, 93, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.015>
- Koubaa, M., Barba, F.J., Bursac Kovačević, D., Putnik, P., Santos, M.D., Queirós R. P. et al. (2018). Pulsed electric field processing of fruit juices. Chapter in a book: Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis. Academic Press, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00022-9>
- Wibowo, S., Essel, E. A., De Man, S., Bernaert, N., Van Droogenbroeck, B., Grauwet, T., et al. (2019). Comparing the impact of high pressure, pulsed electric field and thermal pasteurization on quality attributes of cloudy apple juice using targeted and untargeted analyses. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 54, 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.03.004>
- Timmermans, R.A.H., Mastwijk, H.C., Berendsen, L.B.J.M., Nederhoff, A.L., Matser, A.M., Van Boekel, M.A.J.S. et al. (2019). Moderate intensity Pulsed Electric Fields (PEF) as alternative mild preservation technology for fruit juice. *International Journal of Food Microbiology*, 298, 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.02.015>
- Roobab, U., Abida, A., Chacha, J.S., Athar, A., Madni, G.M., Ranjha, M.M.A.N. et al. (2022) Applications of innovative non-thermal pulsed electric field technology in developing safer and healthier fruit juices. *Molecules*, 27(13), Article 4031. <https://doi.org/10.3390/molecules27134031>
- Salehi, F. (2020). Physico-chemical properties of fruit and vegetable juices as affected by pulsed electric field: a review. *International Journal of*

- Food Properties*, 23(1), 1036–1050. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1775250>
30. Rodrigo, D., Martinez, A., Harte, F., Barbosa-Canovas, G., Rodrigo, M. (2001). Study of inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange-carrot juice by means of pulsed electric fields: Comparison of inactivation kinetics models. *Journal of Food Protection*, 64(2), 259–263. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.2.259>
  31. Aguilo-Aguayo, I., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2008). Comparative study on color, viscosity and related enzymes of tomato juice treated by high-intensity pulsed electric fields or heat. *European Food Research and Technology*, 227(2), 599–606. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0761-2>
  32. Ortega-Rivas, E. (2011). Critical issues pertaining to application of pulsed electric fields in microbial control and quality of processed fruit juices. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4), 631–645. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0231-x>
  33. Sharma, P., Sharma, S. R., Mittal, T. C. (2020). Effects and application of ionizing radiation on fruits and vegetables: A review. *Journal of Agricultural Engineering*, 57(2), 97–126.
  34. Barbosa-Canovas, G.V., Bermúdez-Aguirre, D. (2010). Novel food processing technologies and regulatory hurdles. Chapter in a book: *Ensuring Global Food Safety*, Academic Press, 2010. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374845-4.00016-3>
  35. Mendonca A. F., Daraba, A. (2014). Non-thermal processing: Irradiation. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition*, Academic Press, 2014. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384730-0.00399-2>
  36. Boylston, T.D., Reitmeier, C. A., Moy, J. H., Mosher, G. A., Taladriz, L. (2002). Sensory quality and nutrient composition of three hawaiian fruits treated by X-irradiation. *Journal of Food Quality*, 25(5), 419–433. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2002.tb01037.x>
  37. Alonso, M., Palou, L., Ángel del Rio, M. A., Jacas, J.-A. (2007). Effect of X-ray irradiation on fruit quality of clementine mandarin cv. 'Clemenules'. *Radiation Physics and Chemistry*, 76(10), 1631–1635. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2006.11.015>
  38. Fan, X., Niemera, B. A., Mattheis, J. E., Zhuang, H., Olson, D. W. (2006). Quality of fresh-cut apple slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment. *Journal of Food Science*, 70(2), S143–S148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07119.x>
  39. McDonald, H., Arpaia, M., Caporaso, F., Obenland, D., Were, L., Rakovski, C. et al. (2013). Effect of gamma irradiation treatment at phytosanitary dose levels on the quality of 'Lane Late' navel oranges. *Postharvest Biology and Technology*, 86, 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.018>
  40. Chawla, A., Lobacz, A., Tarapata, J., Zulewska, J. (2021). UV light application as a mean for disinfection applied in the dairy industry. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(16), Article 7285. <https://doi.org/10.3390/app11167285>
  41. Priyadarshini, A., Rajauria, G., O'Donnell, C., Tiwari, B. (2019). Emerging food processing technologies and factors impacting their industrial adoption. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(19), 3082–3101. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1483890>
  42. López-Malo, A., Palou, E. (2004). Ultraviolet light and food preservation. Chapter in a book: *Novel Food Processing Technologies*. CRC Press, 2004.
  43. Шишкина, Н.С., Карастоянова, О.В., Коровкина, Н.В., Федянина, Н.И. (2020). Комплексная технология хранения растительной продукции с применением УФ-излучения. *Все о мясе*, 5S, 407–411. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5S-407-411>
  44. Elmanner, N., Guillou, S., Leroi, F., Orange, N., Bakhrouf, A., Federighi, M. (2007). Pulsed-light system as a novel food decontamination technology: A review. *Canadian Journal of Microbiology*, 53(7), 813–821. <https://doi.org/10.1139/W07-042>
  45. Schmalwieser, A.W., Weihs, P., Schauburger, G. (2018). UV effects on living organisms. Chapter in a book: *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*. Springer, New York, 2018. [https://doi.org/10.1007/978-1-4959-2495-6\\_454-3](https://doi.org/10.1007/978-1-4959-2495-6_454-3)
  46. Soni, A., Oey, I., Silcock, P., Bremer, P. (2016). Bacillus spores in the food industry: A review on resistance and response to novel inactivation technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1139–1148. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12231>
  47. Nicholson, W. L., Galeano, B. (2003). UV resistance of *Bacillus anthracis* spores revisited: Validation of *Bacillus subtilis* spores as UV surrogates for spores of *B. anthracis* Sterne. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(2), 1327–1330. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.2.1327-1330.2003>
  48. Myasnik, M., Manasherob, R., Ben-Dov, E., Zaritsky, A., Margalith, Y., Barak, Z. (2001). Comparative sensitivity to UV-B radiation of two *Bacillus thuringiensis* subspecies and other *Bacillus* sp. *Current Microbiology*, 43(2), 140–143. <https://doi.org/10.1007/s002840010276>
  49. Setlow, P. (2006). Spores of *Bacillus subtilis*: Their resistance to and killing by radiation, heat and chemicals. *Journal Applied Microbiology*, 101(3), 514–525. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02736.x>
  50. Csapo, J., Prokischv, J., Albert, C., Sipos, P. (2019). Effect of UV light on food quality and safety. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 12(1), 21–41. <https://doi.org/10.2478/ausal-2019-0002>
  51. Koutchma, T. (2009). Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess Technology*, 2(2), 138–155. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0178-3>
  52. Afendi, N. A., Shah, N.N.A.K. (2022). Impact of UV-C assisted drying treatment on the quality of Malaysian stingless bee honey. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, 3(2), Article a0000306. <https://doi.org/10.36877/aafjr.a0000306>

## REFERENCES

1. Jackson, L. S., Al-Taher, F. (2022). Processing issues: acrylamide, furan, and trans fatty acids. Chapter in a book: *Ensuring Global Food Safety: Exploring Global Harmonization*. Academic Press, 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816011-4.00021-5>
2. Chiozzi, V., Agriopoulou, S., Varzakas, T. (2022). Advances, applications, and comparison of thermal (pasteurization, sterilization, and aseptic packaging) against non-thermal (ultrasounds, UV radiation, ozonation, high hydrostatic pressure) technologies in food processing. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(4), Article 2202. <https://doi.org/10.3390/app12042202>
3. Chacha, J.S., Zhang, L., Ofoedu, C.E., Suleiman, R.A., Dotto, J.M., Roobab, U. et al. (2021). Revisiting non-thermal food processing and preservation methods – action mechanisms, pros and cons: A technological update (2016–2021). *Foods*, 10(6), Article 1430 <https://doi.org/10.3390/foods10061430>
4. Pinggen, S., Sudhaus, N., Becker, A., Kirschek, C., Klein, G. (2016). High pressure as an alternative processing step for ham production. *Meat Science*, 118, 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.014>
5. Tsevdou, M., Eleftheriou, E., Taoukis, P. (2013) Transglutaminase treatment of thermally and high pressure processed milk: Effects on the properties and storage stability of set yoghurt. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.004>
6. Marangoni Junior, L., Cristianini, M., Padula, M., Anjos, C.A.R. (2019). Effect of high-pressure processing on characteristics of flexible packaging for foods and beverages. *Food Research International*, 119, 920–930. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.078>
7. Liu, H., Xu, Y., Zu, S., Wu, X., Shi, A., Zhang, J. et al. (2021). Effects of high hydrostatic pressure on the conformational structure and gel properties of myofibrillar protein and meat quality: A review. *Foods*, 10(8), Article 1872. <https://doi.org/10.3390/foods10081872>
8. Mahadevan, S., Karwe M. V. (2016). Effect of high-pressure processing on bioactive compounds. *Food Engineering Series*, 479–507. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3234-4\\_22](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3234-4_22)
9. Marciniak, A., Suwal, S., Naderi, N., Pouliot, Y., Doyen, A. (2018). Enhancing enzymatic hydrolysis of food proteins and production of bioactive peptides using high hydrostatic pressure technology. *Trends in Food Science and Technology*, 80, 187–198. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.013>
10. Wang, B., Liu, F., Luo, S., Li, P., Mu, D., Zhao, Y. et al. (2019). Effects of high hydrostatic pressure on the properties of heat-induced wheat gluten gels. *Food and Bioprocess Technology*, 12(2), 220–227. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2205-3>
11. O'Reilly, C., Kelly, L.A., Murphy, M.P., Beresford, P.T. (2001). High pressure treatment: Applications in cheese manufacture and ripening. *Trends in Food Science and Technology*, 12(2), 51–59. [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(01\)00060-7](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(01)00060-7)
12. Oliveira, F.A.D., Neto, O.C., Santos, L.M.R.D., Ferreira, E.H.R., Rosenthal, A. (2017). Effect of high pressure on fish meat quality – A review. *Trends in Food Science and Technology*, 66, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.014>
13. Butz, P., Fernandez Garcia, F., Lindauer, R., Dieterich, S., Bogner, A., Tauscher, B. (2003). Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 233–236. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(02\)00258-3](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(02)00258-3)
14. Lee, P. Y., Kebede, B. T., Lusk, K., Miroso, M., Oey, I. (2017). Investigating consumers' perception of apple juice as affected by novel and conventional processing technologies. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 2564–2571. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13542>
15. Kim, Y.-S., Park, S.-J., Cho, Y.-H., Park, J. (2001). Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice. *Journal of Food Science*, 66(9), 1355–1360. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15214.x>
16. Dede, S., Alpas, H., Bayındırlı, A. (2007). High hydrostatic pressure treatment and storage of carrot and tomato juices: Antioxidant activity and microbial safety. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(5), 773–782. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2758>
17. Melse-Boonstra, A., Verhoef, P., Konings, E.J.M., Van Dusseldorp, M., Matser, A., Hollman, P.C.H. et al. (2002). Influence of processing on total, monoglutamate and polyglutamate folate contents of leeks, cauliflower, and green beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(12), 3473–3478. <https://doi.org/10.1021/jf0112318>



18. Huang, H.-W., Wu, S.-J., Lu, J.-K., Shyu, Y.-T., Wang, C.-Y. (2017). Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control*, 72, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.019>
19. Jin, T.Z., Zhang, H.Q. (2020). Pulsed electric fields for pasteurization: Food safety and shelf life. *Food Engineering Series*, 553–577. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42660-6\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42660-6_21)
20. Guerrero-Beltran, J.A., Weltri-Chanes, J. (2016). Pulsed electric fields. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food and Health*, Academic Press, 2016. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00579-1>
21. Jadhav, H.B., Annapure, U.S., Deshmukh, R.R. (2021). Non-thermal technologies for food processing. *Frontiers in Nutrition*, 8, Article 657090. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.657090>
22. Mendes-Oliveira, G., Jin, T.Z., Campanella, O.H. (2020). Modeling the inactivation of *Escherichia coli* O<sub>157</sub>:H<sub>7</sub> and *Salmonella* Typhimurium in juices by pulsed electric fields: The role of the energy density. *Journal of Food Engineering*, 282, Article 110001. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110001>
23. Shamsi, K., Sherkat, F. (2009). Application of pulsed electric field in non-thermal processing of milk. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(03), 216–244.
24. Bhattacharjee, C., Saxena, V. K., Dutta, S. (2019). Novel thermal and non-thermal processing of watermelon juice. *Trends in Food Science and Technology*, 93, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.015>
25. Koubaa, M., Barba, F.J., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Santos, M.D., Queirós R. P., et al. (2018). Pulsed electric field processing of fruit juices. Chapter in a book: *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis*. Academic Press, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802230-6.00022-9>
26. Wibowo, S., Essel, E. A., De Man, S., Bernaert, N., Van Droogenbroeck, B., Grauwet, T., et al. (2019). Comparing the impact of high pressure, pulsed electric field and thermal pasteurization on quality attributes of cloudy apple juice using targeted and untargeted analyses. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 54, 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.05.004>
27. Timmermans, R.A.H., Mastwijk, H.C., Berendsen, L.B.J.M., Nederhoff, A.L., Matser, A.M., Van Boekel, M.A.J.S. et al. (2019). Moderate intensity Pulsed Electric Fields (PEF) as alternative mild preservation technology for fruit juice. *International Journal of Food Microbiology*, 298, 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.02.015>
28. Roobab, U., Abida, A., Chacha, J.S., Athar, A., Madni, G.M., Ranjha, M.M.A.N. et al. (2022) Applications of innovative non-thermal pulsed electric field technology in developing safer and healthier fruit juices. *Molecules*, 27(13), Article 4031. <https://doi.org/10.3390/molecules27134031>
29. Salehi, F. (2020). Physico-chemical properties of fruit and vegetable juices as affected by pulsed electric field: a review. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1036–1050. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1775250>
30. Rodrigo, D., Martinez, A., Harte, F., Barbosa-Canovas, G., Rodrigo, M. (2001). Study of inactivation of *kactobacillus plantarum* in orange-carrot juice by means of pulsed electric fields: Comparison of inactivation kinetics models. *Journal of Food Protection*, 64(2), 259–265. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.2.259>
31. Aguilo-Aguayo, I., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2008). Comparative study on color, viscosity and related enzymes of tomato juice treated by high-intensity pulsed electric fields or heat. *European Food Research and Technology*, 227(2), 599–606. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0761-2>
32. Ortega-Rivas, E. (2011). Critical issues pertaining to application of pulsed electric fields in microbial control and quality of processed fruit juices. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4), 631–645. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0231-x>
33. Sharma, P., Sharma, S. R., Mittal, T. C. (2020). Effects and application of ionizing radiation on fruits and vegetables: A review. *Journal of Agricultural Engineering*, 57(2), 97–126.
34. Barbosa-Canovas, G.V., Bermúdez-Aguirre, D. (2010). Novel food processing technologies and regulatory hurdles. Chapter in a book: *Ensuring Global Food Safety*, Academic Press, 2010. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374845-4.00016-3>
35. Mendonca A. F., Daraba, A. (2014). Non-thermal processing: Irradiation. Chapter in a book: *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition*, Academic Press, 2014. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384730-0.00399-2>
36. Boylston, T.D., Reitmeier, C. A., Moy, J. H., Mosher, G. A., Taladriz, L. (2002). Sensory quality and nutrient composition of three hawaiian fruits treated by X-irradiation. *Journal of Food Quality*, 25(5), 419–433. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2002.tb01037.x>
37. Alonso, M., Palou, L., Ángel del Rio, M. A., Jacas, J.-A. (2007). Effect of X-ray irradiation on fruit quality of clementine mandarin cv. 'Clemenules'. *Radiation Physics and Chemistry*, 76(10), 1631–1635. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2006.11.015>
38. Fan, X., Niemera, B. A., Mattheis, J. E., Zhuang, H., Olson, D. W. (2006). Quality of fresh-cut apple slices as affected by low-dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment. *Journal of Food Science*, 70(2), S143-S148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07119.x>
39. McDonald, H., Arpaia, M., Caporaso, F., Obenland, D., Were, L., Rakovski, C. et al. (2013). Effect of gamma irradiation treatment at phytosanitary dose levels on the quality of 'Lane Late' navel oranges. *Postharvest Biology and Technology*, 86, 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.018>
40. Chawla, A., Lobacz, A., Tarapata, J., Zulewska, J. (2021). UV light application as a mean for disinfection applied in the dairy industry. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(16), Article 7285. <https://doi.org/10.3390/app11167285>
41. Priyadarshini, A., Rajauria, G., O'Donnell, C., Tiwari, B. (2019). Emerging food processing technologies and factors impacting their industrial adoption. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(19), 3082–3101. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1483890>
42. Lo'pez-Malo, A., Palou, E. (2004). Ultraviolet light and food preservation. Chapter in a book: *Novel Food Processing Technologies*. CRC Press, 2004.
43. Shishkina, N.S., Karastoyanova, O.V., Korovkina, N.V., Fedyanina, N.I. (2020). Complex technology for storing plant products using UV radiation. *Vsyo o Myase*, 5S, 407–411. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5S-407-411>
44. Elmnasser, N., Guillou, S., Leroi, F., Orange, N., Bakhrouf, A., Federighi, M. (2007). Pulsed-light system as a novel food decontamination technology: A review. *Canadian Journal of Microbiology*, 53(7), 813–821. <https://doi.org/10.1139/W07-042>
45. Schmalwieser, A.W., Weihs, P., Schauburger, G. (2018). UV effects on living organisms. Chapter in a book: *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*. Springer, New York, 2018. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2495-6\\_454-3](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2495-6_454-3)
46. Soni, A., Oey, I., Silcock, P., Bremer, P. (2016). Bacillus spores in the food industry: A review on resistance and response to novel inactivation technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1139–1148. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12231>
47. Nicholson, W. L., Galeano, B. (2003). UV resistance of Bacillus anthracis spores revisited: Validation of Bacillus subtilis spores as UV surrogates for spores of B. anthracis Sterne. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(2), 1327–1330. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.2.1327-1330.2003>
48. Myasnik, M., Manasherob, R., Ben-Dov, E., Zaritsky, A., Margalith, Y., Barak, Z. (2001). Comparative sensitivity to UV-B radiation of two Bacillus thuringiensis subspecies and other Bacillus sp. *Current Microbiology*, 43(2), 140–143. <https://doi.org/10.1007/s002840010276>
49. Setlow, P. (2006). Spores of Bacillus subtilis: Their resistance to and killing by radiation, heat and chemicals. *Journal Applied Microbiology*, 101(3), 514–525. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02736.x>
50. Csapo, J., Prokischv, J., Albert, C., Sipos, P. (2019). Effect of UV light on food quality and safety. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 12(1), 21–41. <https://doi.org/10.2478/ausal-2019-0002>
51. Koutchma, T. (2009). Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess Technology*, 2(2), 138–155. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0178-3>
52. Afendi, N. A., Shah, N.N.A.K. (2022). Impact of UV-C assisted drying treatment on the quality of Malaysian stingless bee honey. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, 3(2), Article a0000306. <https://doi.org/10.36877/aafjr.a0000306>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
<b>Принадлежность к организации</b>	<b>Affiliation</b>
<p><b>Посокина Наталья Евгеньевна</b> — кандидат технических наук, заведующая лабораторией технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования 142703, Московская обл., Видное, Школьная ул., 78                      Тел.: +7-926-367-75-07                      E-mail: technol@vniitek.ru                      ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-7857-6785">https://orcid.org/0000-0002-7857-6785</a>                      * автор для контактов</p>	<p><b>Natalia E. Posokina</b>, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Food Canning Technology, Russian Research Institute of Canning Technology                      78, Shkolnaya str., Vidnoe, 142703, Moscow region, Russia                      Tel.: +7-926-367-75-07                      E-mail: technol@vniitek.ru                      ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-7857-6785">https://orcid.org/0000-0002-7857-6785</a>                      * corresponding author</p>
<p><b>Захарова Анна Ивановна</b> — научный сотрудник, лаборатория технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования 142703, Московская обл., Видное, Школьная ул., 78                      Тел.: +7-903-187-14-08                      E-mail: zakharova@vniitek.ru                      ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-2336-1816">https://orcid.org/0000-0002-2336-1816</a></p>	<p><b>Anna I. Zakharova</b>, Researcher, Laboratory of Food Canning Technology, Russian Research Institute of Canning Technology                      78, Shkolnaya str., Vidnoe, 142703, Moscow region, Russia                      Tel.: +7-903-187-14-08                      E-mail: zakharova@vniitek.ru                      ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-2336-1816">https://orcid.org/0000-0002-2336-1816</a></p>
<b>Критерии авторства</b>	<b>Contribution</b>
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
<b>Конфликт интересов</b>	<b>Conflict of interest</b>
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>