

Волновые и полевые воздействия в пищевых технологиях: обзор предметного поля

Российский биотехнологический университет, г. Москва,
Российская Федерация

Д. В. Карпенко, А. Г. Гришин, А. Д. Заграничная, М. Г. Гордюшин,
Е. М. Смирнова

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Дмитрий Валерьевич Карпенко
E-mail: karpenkov@mgupp.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Карпенко, Д. В., Гришин, А. Г., Заграничная, А. Д., Гордюшин, М. Г., & Смирнова, Е. М. (2024). Волновые и полевые воздействия в пищевых технологиях: обзор предметного поля. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 32(3), 58-81. <https://doi.org/10.36107/spfr.2024.3.566>

ПОСТУПИЛА: 13.04.2024

ДОРАБОТАНА: 10.09.2024

ПРИНЯТА: 15.09.2024

ОПУБЛИКОВАНА: 30.09.2024

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение: Высокая конкуренция в пищевой промышленности требует интенсификации технологических процессов, улучшения качества и безопасности продукции, расширения ассортимента и снижения себестоимости. Одним из перспективных решений является применение волновых и полевых воздействий на разных этапах производства. За последние годы интерес к этим методам значительно вырос благодаря доступности необходимого оборудования.

Цель: Систематизация данных о применении волновых и полевых воздействий для интенсификации технологических процессов и повышения качества продукции, сравнение их эффективности, выявление преимуществ и недостатков по сравнению с традиционными методами переработки.

Материалы и методы: В обзор включены публикации на русском и английском языках, индексируемые в Scopus, Web of Science, eLibrary (РИНЦ) и других базах данных. Период охвата – с 1963 по 2024 годы. Методология обзора основывалась на протоколе PRISMA. Исключены данные по применению воздействий для активации дрожжевых популяций, опубликованные ранее.

Результаты: Проанализированы волновые и полевые воздействия, включая обработку звуком различных частот, электромагнитными излучениями и комбинированные методы. Описаны цели обработки в различных пищевых отраслях и режимы проведения (длительность, температура, интенсивность). Показаны преимущества таких обработок: сокращение времени и затрат на стадии процессов, снижение энергопотребления, уменьшение отходов, снижение термического воздействия, повышение проницаемости мембран, эффективность экстракции, улучшение сушки, консервирования и пастеризации. Отмечены улучшения в органолептике, стойкости к окислению и подавлению нежелательных процессов. Однако выявлены недостатки: потеря биологически активных веществ, ухудшение вкусовых характеристик, неравномерность обработки и необходимость специализированного оборудования.

Выводы: Универсальный метод обработки, подходящий для всех стадий и масштабов производства, отсутствует. Рациональный выбор обработки должен учитывать как положительные, так и отрицательные эффекты, влияние на состав продукции и экономическую целесообразность применения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

интенсификация технологических процессов пищевых производств; повышение качества и безопасности продукции; волновые и полевые воздействия; акустическая обработка; воздействие электромагнитными излучениями; комбинированные методы обработки

Wave and Field Influences in Food Technologies: A Scoping Review

Russian Biotechnological University,
Russian Federation

Dmitry V. Karpenko, Artem G. Grishin, Anna D. Zagranichnaya,
Maksim G. Gordjushin, Elizaveta M. Smirnova

CORRESPONDENCE:

Dmitry V. Karpenko

E-mail: karpenkodv@mgupp.ru

FOR CITATIONS:

Karpenko, D. V., Grishin, A. G.,
Zagranichnaya, A. D., Gordjushin, M. G.,
& Smirnova, E.M. (2024). Wave and field
impacts in food technologies: A scoping
review. *Storage and Processing of Farm
Products*, 32(3), 58-81.
[https://doi.org/10.36107/
spfp.2024.3.566](https://doi.org/10.36107/spfp.2024.3.566)

RECEIVED: 13.04.2024

REVISED: 10.09.2024

ACCEPTED: 15.09.2024

PUBLISHED: 30.09.2024

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Introduction: High competition in the food industry requires the intensification of technological processes, improvement of product quality and safety, expansion of the product range, and cost reduction. The application of wave and field influences at various stages of production is one of the promising solutions. In recent years, interest in these methods has significantly increased due to the availability of the necessary equipment.

Purpose: To systematize data on the use of wave and field influences for the intensification of technological processes and the improvement of product quality, to compare their effectiveness, and to identify advantages and disadvantages in comparison with traditional processing methods.

Materials and Methods: This scoping review includes publications in Russian and English indexed in Scopus, Web of Science, eLibrary (RSCI), and other databases. The period covered was from 1963 to 2024. The methodology of the review was based on the PRISMA protocol. Data on the use of influences for the activation of yeast populations, published previously, were excluded.

Results: Wave and field influences, including acoustic treatment of various frequencies, electromagnetic radiation, and combined methods, were analyzed. The goals of these treatments in different food sectors and their operating modes (duration, temperature, intensity) were described. The benefits of such treatments were highlighted, among them being the reduction of time and costs at the process stage, lower energy consumption, decreased waste, reduced thermal impact, increased membrane permeability, extraction efficiency, better drying, preservation, and pasteurization. Improvements in organoleptic properties, oxidative stability, and the suppression of undesirable processes were noted. However, drawbacks such as the loss of bioactive substances, deterioration in taste characteristics, uneven treatment, and the need for specialized equipment were also identified.

Conclusion: A universal treatment method suitable for all stages and scales of production does not currently exist. The rational choice of treatment should consider both positive and negative effects, the impact on product composition, and the economic feasibility of application.

KEYWORDS

intensification of technological processes in food production; improvement of product quality and safety; wave and field influences; acoustic treatment; electromagnetic radiation exposure; combined treatment methods

ВВЕДЕНИЕ

Пищевые производства являются одними из наиболее бурно развивающихся и модифицирующихся отраслей промышленности. Нововведения сводятся к разработкам и совершенствованию различных типов оборудования, введению в переработку новых типов сырья и вспомогательных материалов, а также к изменению параметров и режимов проведения технологических стадий и процессов (Chemat et al., 2017). Эти новации нацелены на решение широкого круга задач: повышение качества, конкурентоспособности и безопасности готовой продукции, снижение производственных затрат, обеспечение экологичности производства. Переход на новые типы/конструкции производственного оборудования требует значительных капитальных затрат и нарушения ритмичности производственного цикла; внедрение альтернативного сырья сдерживается необходимостью сохранения привычных потребительско-органолептических характеристик пищевого продукта, а в некоторых случаях — и требованиями контролирующих органов к ее безопасности. В силу этого одним из наиболее перспективных подходов представляется разработка альтернативных традиционным способов ведения технологических процессов, предполагающая применение воздействий на сырье и полупродукты, не требующих увеличения расходов финансовых и энергетических ресурсов, но обеспечивающих повышения качества и безопасности готовой продукции. Одним из них может быть использование волновых и полевых воздействий.

Литературные источники содержат значительный объем информации о каждом из трех направлений инноваций, реализуемых в пищевых технологиях за счет применения волновых и полевых воздействий. Интерес к ним возник достаточно давно (Gordon, 1963), сохраняется в течение последних 60 лет, а в последние годы лавинообразно возрастает (Егорова et al., 2023; Urugo et al., 2023). Вероятно, это связано с развитием, прежде всего, приборостроения, дающим возможность применения сравнительно недорогих устройств в дополнение к уже установленному на предприятии отрасли оборудования. По нашему мнению, подтвержденному рядом источников, волновые/полевые воздействия обладают рядом преимуществ: не требуют введения дополнительных компонентов в состав

технологических сред в отличие от химических способов; минимизируют изменения состава и потребительских свойств готовой продукции (Посокина & Захарова, 2023); повышают степень извлечения из сырья целевых компонентов (Mannozi et al., 2023); не приводят, как правило, к заметному повышению температуры обрабатываемых объектов в отличие от термических способов (Barba et al., 2017); обеспечивают в ряде случаев увеличение срока годности пищевых продуктов (Sulaimana et al., 2021); во многих случаях продолжительность обработки и затраты энергии существенно меньше, чем при использовании других методов интенсификации производственных процессов. Однако их применение в индустриальном масштабе имеет и свои ограничения (Посокина & Захарова, 2023), учет причин которых обуславливает целесообразность и возможность применения исследуемых в обзоре методов для решения конкретной технологической задачи.

Целью данного обзора предметного поля являлась систематизация данных об интенсификации технологических процессов и повышении качества и безопасности продукции пищевых производств, базирующихся на применении волновых и полевых воздействий. Исследовательский вопрос: какими эффективными методами, альтернативными применяемым в промышленном масштабе, возможна интенсификация технологических процессов, повышение качества и безопасности продукции пищевых производств; предмет исследования — волновые и полевые воздействия; задачи исследования — сравнение эффективности изучаемых способа обработки в решении указанных задач, выявлении преимуществ и недостатков, в том числе, по сравнению с традиционными способами переработки сырья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Базы данных и хронотоп

Анализировались научные публикации за период с 1963 по 2024 гг. на русском и английском языках в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science, РИНЦ. Данный хронотоп был выбран для прослеживания развития и совершенствования изучаемых подходов к решению технологических задач.

В источниках, отобранных для обзора, были проанализированы пристатейные списки литературы, что позволило выявить дополнительные публикации, соответствующие тематике исследования, но не обнаруженные в базах данных. Кроме того, были использованы архивы журналов *Innovative Food Science & Emerging Technologies* (2020–2024 гг.), *Journal of the Institute of Brewing* (1970–2022 гг.), *Applied Biochemistry and Microbiology* (2020–2022 гг.), *Kvasny prumysl* (1970–2019 гг.), *Хранение и переработка сельхозсырья* (2012–2024 гг.), *Пиво и напитки* (2012–2023 гг.), *Вестник ВГУИТ* (2012–2023 гг.), *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова* (2005–2024 гг.). Эти журналы фокусируются на инновационных способах интенсификации технологических процессов различных отраслей пищевых производств и обеспечения качества и безопасности готовой продукции. Статьи из них отбирали по критериям включения/исключения для данного обзора, информацию категоризировали по видам воздействий и решаемым с их помощью задачам.

Отбор источников

Критерии включения

- (1) Публикация издана в период с 1963 по 2024 год;
- (2) Публикация релевантна тематике обзора — влиянию волновых и полевых воздействий на технологические процессы, качество и безопасность продукции пищевых производств;
- (3) Тип публикации — оригинальное исследование, монография, диссертация, статья из сборника трудов конференции.
- (4) Источник представлен в открытом доступе.

Критерии исключения

- (1) Публикация не соответствует теме исследования;
- (2) Публикация на ином языке, кроме русского и английского;
- (3) Содержание публикации дублируется в другом источнике.
- (4) Отсутствует доступ к полному тексту статьи.

Отбор источников

Поисковый запрос

Для поисковых запросов в РИНЦ были использованы следующие ключевые слова и словосочетания: активация технологических процессов, волновые и полевые воздействия, акустические воздействия, ультразвук, термозвуковая обработка, воздействие электромагнитных излучений, воздействие электрических полей, воздействие электрического тока, обработка радиоволнами, обработка микроволновыми излучениями, обработка светом, обработка ионизирующими излучениями.

Для поиска в базах данных Scopus, Web of Science использовались термины: *activation of technological processes, wave and field influences, acoustic treatment, ultrasound, thermosonic treatment, exposure to electromagnetic radiation, exposure to electric fields, exposure to electric current, radio wave treatment, microwave radiation treatment, light treatment, ionizing radiation treatment*.

Процесс отбора источников

Процедура исследования и анализ данных

На первом этапе исследований был осуществлен поиск информации по ключевым словам и названиям публикаций в наукометрических базах данных и архивах специализированных журналов. На втором этапе реализовывалось сканирование аннотаций. Затем проводили полнотекстовое сканирование источников, которые не были исключены из рассмотрения по критериям несоответствия.

Затем литературные данные были структурированы. Ввиду множества потенциальных или практикуемых областей применения волновых и полевых воздействий и значительного количества публикаций по данной проблематике решено было структурировать информацию источников по типам обработки, приводя в каждом из разделов наиболее часто решаемые технологические задачи, примеры методов обработки конкретного типа, режимы ее проведения, преимущества и недостатки рассматриваемого способа.

Результаты воздействий, основанных на применении электромагнитных излучений, рассмотрены в порядке возрастания энергии и частоты излу-

чения (уменьшения длины его волны). Несмотря на то, что электрический ток сам по себе не является электромагнитным излучением, явления электромагнетизма тесно связаны друг с другом, поэтому решено было привести информацию о близких по природе способах воздействия в рамках одного раздела обзора.

Информация многочисленных источников, сфокусированных на активации дрожжей волновыми и полевыми воздействиями, в данном обзоре не приведена, так как была проанализирована и представлена в более раннем исследовании Karpenko & Grishin (2024). Кроме того, из рассмотрения исключалась информация о методах обработки, базирующихся на использовании низкотемпературной (атмосферной) плазмы, которая, хотя и взаимодействует с внешними электромагнитными полями и обладает высокой электропроводностью, является ионизированным газом, а не полем/

волной; данную информацию предполагается опубликовать позднее.

Отбор источников реализовывался с опорой на протокол PRISMA-ScR (Рисунок 1).

Табуляция и извлечение данных

Данные были извлечены двумя авторами независимо друг от друга (Гордюшиным М.Г. и Смирновой Е.М.). Каждый автор отвечал за половину выбранных документов, а полное извлечение было проверено третьим (Заграничной А.Д.). Разногласия между авторами были разрешены путем консенсусных собраний всего авторского коллектива. Была сформирована таблица Excel, включающая следующие данные: год публикации, цели и описание публикации, тип волнового или полевого воздействия, отрасль пищевой промышленности, тех-

Рисунок 1
Диаграмма PRISMA-ScR
Figure 1
PRISMA-ScR diagram

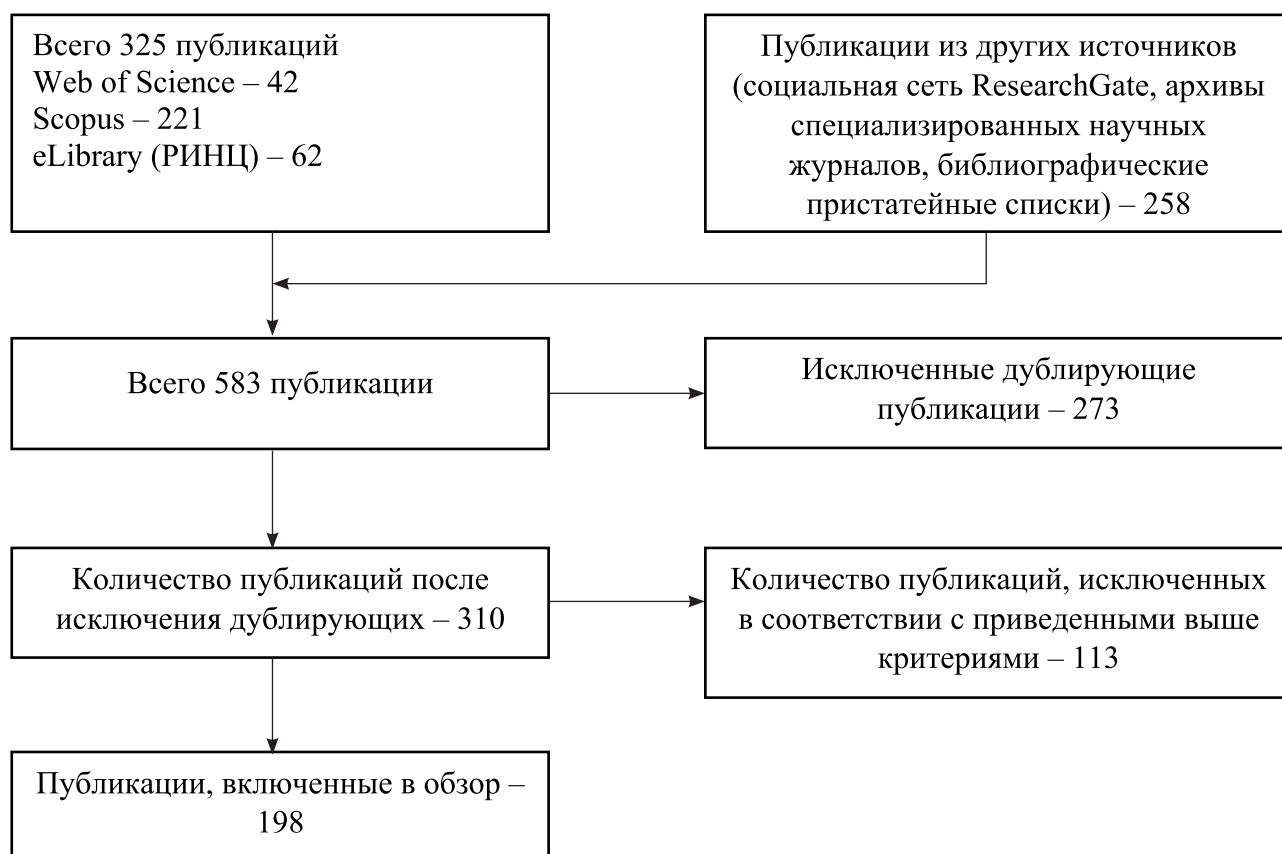


Таблица 1
Таблица для извлечения данных из публикаций, включенных в обзор
Table 1
Data Extraction Table from Publications Included in the Review

Заглавие	Автор и год	Применение акустических воздействий	Воздействие электро- магнитных, магнитных, электриче- ских полей, электриче- ского тока	Обработ- ка радио- волнами	Микро- волновое излучение	Обработ- ка светом с волна- ми раз- личной длины	Воздей- ствие ионизи- рующих излучений	Преимуще- ства рас- сматрива- емого типа обработки	Негативные результаты рассматри- ваемого типа обра- ботки
----------	----------------	---	--	----------------------------------	---------------------------------	---	--	--	--

нологическая задача, решаемая за счет проведения обработки того или иного типа, ее эффективность, преимущества и недостатки. Примеры извлечения данных из статей, включенных в обзор, приведены в Таблице 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для сопоставления целесообразности и эффективности применения различных видов волновых и полевых воздействий информация в соответствии с направлениями, выявленными при анализе отобранных для обзора источников, была сгруппирована в разделах, посвященных определенному типу обработки: акустическая, электромагнитными, магнитными, электрическими полями, электрическим током, радиоволнами, микроволновым излучением, светом с различными длинами волн, ионизирующими излучениями, комбинированные методы.

Применение акустических воздействий

Применение акустических воздействий, включая ультразвук, в пищевых технологиях демонстрирует значительные преимущества для повышения эффективности различных процессов. Ультразвуковая обработка способствует интенсификации таких стадий, как консервирование и экстракция, сокращение продолжительности сушки и интенсификация процессов брожения, обеспечивая высокую производительность и экологичность процессов (Ferreira et al., 2022; Sharma & Dash, 2022; Xue et al., 2024; Chemat et al., 2017; Yin et al., 2019). Основные

разновидности ультразвуковой обработки включают мощный ультразвук (20–100 кГц), высокочастотный ультразвук (от 20 кГц до 1 МГц) и ультразвуковую диагностику (>1 МГц), причем наиболее распространенным является применение мощного ультразвука для обработки жидких сред, что приводит к кавитации и разрушению клеток (Chemat et al., 2011; Knorr et al., 2004).

Ультразвуковая обработка при комнатной температуре и низких плотностях энергии имеет ограниченную эффективность для инактивации микроорганизмов и ферментов. Комбинация ультразвука с мягкой термообработкой (термозвуковая обработка) повышает антимикробную активность и снижает термическое воздействие, что делает данный метод перспективным для применения в пастеризации и других технологических процессах (Sulaiman et al., 2015; Milani et al., 2016). Например, при температуре 50°C и времени обработки 1,9 минут или при 55°C и 26 секундах достигается эффект, эквивалентный традиционной пастеризации, что подтверждает преимущества использования термозвуковой обработки для обеспечения безопасности пищевых продуктов (Milani & Silva, 2017).

Использование ультразвука при пастеризации сока показало, что термозвуковая обработка при 60°C/5 мин и 55°C/15 мин позволяет сохранить биоактивные компоненты и улучшить цветность по сравнению с традиционными методами при 90°C (Xu et al., 2023). Преимущество ультразвука подтверждается также сохранением ароматических характеристик продукта, что свидетельствует о меньшем воздействии на органолептические свойства. Комбинированные методы

с добавлением антиоксидантов, таких как пропилгаллат (ПГ), демонстрируют синергетический эффект, способствуя инактивации патогенов, усилению окислительного стресса и разрушению клеточных мембран (Nguyen et al., 2022). Добавление органических кислот, таких как фумаровая, также усиливает антимикробную активность ультразвука, что подтверждено при обработке яблочного сока (Park & Na, 2019).

Влияние термозвуковой обработки на апельсиновый сок показало, что при температуре 70–80°C достигается снижение микробного титра и сохраняются антиоксидантные свойства, что делает метод эффективным для улучшения стойкости напитков (Oliveira et al., 2022). Экстракция биоактивных веществ с применением ультразвука продемонстрировала эффективность для различных субстратов, включая черничный жом и кожуру лимонов, увеличивая выход и качество экстрактов по содержанию антиоксидантов (Алексеев и соавт., 2023; Quiroz-Reyes & Aguilar-Méndez, 2022). Применение ультразвука в экстракции масла из семян яблок улучшает антиоксидантный профиль продукта (Gasparini et al., 2023).

Комбинация ультразвука с другими методами, такими как омический нагрев, обеспечивает дезинтеграцию клеточных структур и увеличивает выход биологически активных соединений, что подтверждено для пюре из яблок и моркови (Mannozi et al., 2018). Использование ультразвука для модификации компонентов, включая глютен и крахмал, повышает выход и чистоту целевых веществ, сохраняя их структуру (Lan et al., 2023; Rahman et al., 2022). Применение ультразвука при ультрафильтрации спироулы усиливает выход белков и полифенолов, что делает метод необходимым для биотехнологических процессов (Zhou et al., 2023).

Для минимизации потерь биологически активных веществ, таких как фенолы, при обработке термолabile компонентов, применение низких температур и плотности энергии остается важным аспектом разработки технологий (Agcam, 2022). Применение слышимого звука рассматривается как метод с меньшим воздействием на структуру продукта при сохранении его качественных характеристик (Карпенко и соавт., 2017).

Воздействие электромагнитными излучениями

Воздействие электромагнитных, магнитных, электрических полей, электрического тока

Применение переменных магнитных полей (ПМП), включая импульсные и осциллирующие, зарекомендовало себя как эффективный нетермический метод обработки в пищевой промышленности, позволяющий сохранить качество продукции, включая внешний вид, вкус и питательные свойства (El-Khatib et al., 2019; Piyadasa et al., 2018; Wu et al., 2017; Guo et al., 2022). ПМП способствуют улучшению процессов замораживания и качества различных продуктов, таких как говяжий фарш (Goldschmidt Lins et al., 2017), куриная грудка (Mok et al., 2017), черника и огурцы (Tang et al., 2020; Zhang et al., 2020). Эти поля также демонстрируют выраженный бактерицидный эффект, эффективный в отношении стафилококков и дрожжей (He et al., 2014; Lin et al., 2019; Novickij et al., 2021; Boda et al., 2015; Mercado-Sáenz et al., 2022).

ПМП повышают проницаемость клеточных мембран за счет электропорации, способствуя лучшему извлечению биоактивных соединений (Towhidi et al., 2012; Lakshmanan et al., 2014; Miklavcic et al., 2020). Применение этих полей совместно с натамицином увеличивает выход капусты и снижает потери при хранении (Бабакина и соавт., 2021). Статические магнитные поля показали эффективность для поддержания переохлажденного состояния говядины (Lin et al., 2022), а низкочастотные и сверхвысокочастотные поля в сочетании с теплом обеспечивают обеззараживание зерна (Максименко, 2021). Градиентные постоянные магнитные поля ускоряют процесс сушки табачных листьев (Виневский & Чернов, 2021).

Импульсные электрические поля (ИЭП) продемонстрировали потенциал в сокращении энергозатрат и повышении эффективности экстракции и качества продуктов (Arshad et al., 2021; Nowosad et al., 2021; Katsimichas et al., 2024). При этом изменения в структуре белков под воздействием ИЭП влияют на качество продукции (Müller et al., 2022), что ограничивает промышленное применение из-за необходимости учета ряда факторов (Iaccheri et al., 2021; Neri et al., 2021). ИЭП также продлевают срок хранения и сохраняют качество продуктов, таких как бананы, томаты, финики и атемойя (Chen et

al., 2022; Chang et al., 2023; Younis et al., 2023). В видеопласти ИЭП повышают органолептические характеристики, включая цитрусовые и зеленые ноты, что позволяет экономить время и энергию (Liang et al., 2023). Применение ИЭП при сушке растительного сырья, например, листьев базилика, способствует удержанию терпеноидов (Kanafusa et al., 2022), а в микробном контроле вина обеспечивает инактивацию *Brettanomyces bruxellensis* (Delso et al., 2023; van Wyk et al., 2019).

ИЭП эффективно влияют на ростовые кривые бактерий, таких как *Erwinia amylovora*, изменяя структуру их клеточных стенок (Mostafa et al., 2021), а также способствуют снижению микробной обсемененности и сохранению фенольных соединений в ферментированных напитках (Rios-Corripio et al., 2022). По сравнению с традиционной пастеризацией, ИЭП обеспечивают лучшее сохранение органолептических характеристик (Charles-Rodríguez et al., 2007). Применение ИЭП в экстракции белка из морских макроводорослей, в частности *Ulva* sp., увеличивает выход белка и улучшает антиоксидантные свойства экстрактов (Steinbruch et al., 2023). Субкритическая водная экстракция в сочетании с умеренными электрическими полями повышает выход агара без ухудшения его свойств (Pereira et al., 2023). ИЭП также повышают эффективность экстракции компонентов водорослей, что улучшает питательные среды для пробиотиков (Ricos-Muñoz et al., 2023).

Функциональные напитки из красной опунции и сои после обработки ИЭП демонстрируют увеличение содержания фенольных соединений и беталаинов при сохранении физико-химических свойств (Morales-de la Peña et al., 2023). ИЭП модифицируют структуру мицеллярного казеина, улучшая его биологическую активность (Morais et al., 2023) и ускоряют реакцию Майяра, что повышает стабильность эмульсий (Taħa et al., 2022).

ИЭП эффективны при предварительной и промежуточной обработке растительных продуктов, способствуя сокращению времени сушки и снижению энергозатрат, что подтверждено исследованиями на картофеле, моркови и грибах шиитаке (Бурак & Сапач, 2023; Kim et al., 2023). В некоторых случаях, например, при сушке яблок, обработка ИЭП может вызвать потемнение поверхности (Iranshahi et al., 2023). Использование ИЭП в обработке личинок

Tenebrio molitor увеличивает выход и снижает содержание влаги (El Hajj et al., 2023), а при экстракции белков и жиров из биомассы сверчка домашнего повышает выход белков и антиоксидантную активность (Psarianos et al., 2022).

Использование умеренных электрических полей (УЭП) для пастеризации молока сокращает энергозатраты и время обработки (Alsaedi et al., 2023), а по сравнению с другими методами нетермической обработки, такими как ВГД и УФ-С, ИЭП и ВГД позволяют сохранить больше витамина В12 (Ceribeli et al., 2023).

Обработка светом с волнами различной длины

Использование ультрафиолетового (УФ) излучения как нетермического метода обработки продуктов характеризуется минимальными энергозатратами и экологической безопасностью, что исключает необходимость использования химических реагентов (Hirt et al., 2022; Mfa Mezui & Swart, 2010). Применение УФ-излучения с длиной волны 254 нм демонстрирует высокую эффективность для дезинфекции жидких продуктов, включая молоко и соки, а также для обработки поверхностей, подверженных обсеменению патогенными микроорганизмами, такими как *E. coli*, *Salmonella typhimurium* и *Listeria monocytogenes* (Keyser et al., 2008; Kim, Lee & Kang, 2023). Однако УФ-обработка может приводить к образованию соединений, ухудшающих органолептические характеристики продуктов, как, например, накопление 3-метил-2-бутен-1-тиола, вызывающего «солнечный» привкус пива (Mfa Mezui & Swart, 2010). Эффективность метода зависит от оптических свойств материала (Pihen et al., 2023).

В пивоварении УФ-обработка может использоваться для изомеризации α -кислот хмеля в изо- α -кислоты при длине волны 313 нм, что позволяет добиться высокого выхода изогумуллона без применения химических катализаторов и затрат на нагрев (Viriot et al., 1980). Однако при этом возникает риск возникновения нежелательных вкусовых характеристик, что требует дополнительных исследований.

Применение УФ-излучения для ингибирования микрофлоры эффективно как для сырья, так и для упакованных продуктов при условии использова-

ния упаковки с проницаемостью, обеспечивающей бактерицидный эффект (Илюхина et al., 2021). Дозы до 50 Дж/м² приводят к резкому снижению микробной обсемененности, а полное ингибирование достигается при дозах 2000–2500 Дж/м².

Эффективность УФ-обработки для пастеризации соков подтверждена минимальными изменениями фенольных соединений и цвета продукта, что делает её предпочтительнее термической пастеризации (Yang et al., 2019). Срок хранения таких соков увеличивается на три недели при хранении при 4 °С, в то время как термическая обработка обеспечивает более длительное хранение, но с ухудшением качественных характеристик.

Применение УФ-излучения с длиной волны 222 нм эффективно для инактивации различных патогенов, включая грамположительные и грамотрицательные бактерии, такие как *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *E. coli* и *Pseudomonas aeruginosa*, при дозах до 354 мДж/см². Это воздействие не только снижает титр на 5 порядков, но и препятствует образованию биопленок, повышая чувствительность клеток к гипохлориту натрия (Chen & Moraru, 2023). УФ-С системы показали высокую эффективность против грибов *Hyphopichia burtonii*, *Penicillium brevicompactum* и *Aspergillus brasiliensis* на полиэтилентерефталатных крышках (Belloli et al., 2022).

Импульсное УФ-облучение, комбинированное с диметилдикарбонатом, показало снижение мутности и содержания фенолов и витамина С в ананасовом соке, хотя полного микробиологического контроля не достигалось (Shamsudin et al., 2014). Для яблочного сока аналогичная обработка обеспечивала микробиологическую стабильность без ухудшения качества (Llano et al., 2016), а применение УФ-светодиодов помогало контролировать ферментативную активность томатного сока (Pizarro-Oteiza & Salazar, 2022).

Активность галловой кислоты при воздействии УФ-С света усиливалась, что подтверждено при обработке *E. coli*: снижение обсемененности зависело от исходного титра микробов и концентрации кислоты (Luna-Domínguez et al., 2023).

Импульсный свет (ИС) рассматривается как перспективный метод для уменьшения содержания

токсинов, таких как патулин, и интенсификации образования конъюгатов глутатиона в яблочных продуктах (Rodríguez-Bencomo et al., 2020). ИС с длинами волн от 200 до 1100 нм обеспечивает снижение микробной нагрузки и улучшение качества, однако влияние на биоактивные соединения требует дополнительных исследований (Hierro et al., 2022; Wiktors et al., 2019; Mahendran et al., 2019). Важно учитывать возможное повышение температуры при обработке, что нежелательно для термолабильных продуктов (Basak et al., 2023).

ИС для пастеризации кокосовой воды продемонстрировал эффективность в инактивации *E. coli*, *B. cereus* и *L. monocytogenes* при сохранении органолептических характеристик и более высоком уровне антиоксидантов и витамина С по сравнению с термической пастеризацией (Basak et al., 2023). Аналогичные результаты получены при обработке напитков из жожоба и других фруктов: ИС увеличивал срок хранения и сохранял антиоксиданты и витамин С (Basak et al., 2022).

Фотодинамическая инактивация с добавлением куркумина показала эффективность против *P. expansum*, снижая патулин на 93,06 % за счет накопления активных форм кислорода, вызывающих повреждение клеток грибов (Pang et al., 2022). ИС эффективно разрушал охратоксин в виноградном соке, не изменяя физико-химических свойств, но влияя на ароматический профиль (Wang et al., 2022).

Сочетание синего света и рибофлавина демонстрирует антимикробную активность за счет генерации активных форм кислорода, что приводит к повреждению клеточных мембран патогенов и снижению их количества в яблочном соке (Kim et al., 2022).

ИК-обработка повышает качество семян злаков, увеличивая содержание антиоксидантов и устойчивость к неблагоприятным условиям (Данильчук и соавт., 2014). Инфракрасное шелушение томатов сохраняет свойства пектина, улучшая водоудерживающую способность и минимально влияя на степень этерификации (Liu et al., 2023). ИК-излучение эффективно для сушки и бланширования продуктов, таких как морковь и листья *Stevia rebaudiana*, при сохранении питательных веществ и улучшении текстуры (Wu et al., 2023; Ai et al., 2022).

Лазерная и светодиодная обработка семян увеличивает прорастание и урожайность пшеницы и сахарной свеклы, повышает содержание сахара в корнеплодах и снижает массу ботвы (Jamil et al., 2013; Подвигина et al., 2022). Облучение светодиодами сохраняет качество хранения овощей, таких как брокколи и капуста, снижая потери питательных веществ (Pintos et al., 2023). Монохроматический свет полезен для активации роста дрожжей в пивоварении (Супрунук & Карпенко, 2016).

Воздействие ионизирующих излучений

Гамма-облучение применяется в пищевой промышленности как метод консервирования, обеспечивающий защиту зерна от насекомых и микроорганизмов. Дозы 0,2–1,0 кГр эффективно уничтожают вредителей, а при 5 кГр происходит инактивация спор грибов и бактерий. Безопасность облучения пищевых продуктов до 10 кГр подтверждена международными организациями, такими как ФАО, МАГАТЭ и ВОЗ (Köksel et al., 1998). Исследования Со60 гамма-облучения образцов ячменя продемонстрировали, что дозы до 75 Крад не влияют на качество солода, в то время как дозы 125 и 250 Крад увеличивают выход солода, но снижают активность α -амилазы (Avtar et al., 1985). Однако результаты обработки турецких сортов ячменя показали, что метод требует оптимизации параметров, так как не улучшает характеристики солода (Köksel et al., 1998). Стабилизация пива с использованием гамма-облучения оказалась проблематичной из-за неприемлемых изменений вкуса и аромата при дозах выше 40 крад, несмотря на отсутствие значительных изменений в концентрации полифенолов (Delcour et al., 1986).

Рентгеновское излучение проявило эффективность в увеличении срока хранения плодов, таких как киви и ягоды унаби. Дозы 200–400 Гр замедляли процессы порчи и способствовали сохранению структуры тканей и активности ферментов, ингибирующих разложение (Ye et al., 2023; Guo et al., 2022). Обработка шампиньонов рентгеновским излучением до 2,0 кГр приводила к улучшению текстуры и снижению проницаемости клеточных мембран (Dong et al., 2022).

Электронно-лучевое облучение (ЭЛО) показало свою эффективность в снижении микробной об-

семенности и уровня микотоксинов в ячмене. Дозы 6–10 кГр уменьшали содержание ДОН на 60–100%, при этом качество солода изменялось незначительно (Kottapalli et al., 2006). Применение ЭЛО в обработке мясных продуктов, включая сыровяленную ветчину, обеспечивало снижение риска присутствия *Listeria monocytogenes* (Lucas et al., 2023). Для специй обработка электронными лучами снижала титр *Salmonella enterica* на 5 порядков (Murdoch et al., 2022).

ЭЛО молока и его фракций способствовало повышению антиоксидантной активности и сохранению ингибиторного действия на α -амилазу. Цитотоксические эффекты проявлялись лишь при высоких дозах и затрагивали отдельные фракции сыворотки (Harizi et al., 2023). Обработка яичного порошка электронными лучами улучшала его растворимость и антиоксидантную активность; высокие дозы способствовали деполимеризации белков, что положительно сказывалось на эмульгирующих свойствах (Liu et al., 2023).

Отрицательные последствия ЭЛО включают изменения в составе жирных кислот и усиление окислительных процессов. В козьем молоке отмечено увеличение содержания насыщенных жирных кислот и ухудшение вкусовых характеристик после обработки высокими дозами (Wen et al., 2023).

Комбинированные методы

Комбинированное использование различных типов волновых и полевых воздействий демонстрирует высокую эффективность по сравнению с их изолированным применением. Микроволновая пастеризация, известная своей энергосберегающей природой, имеет недостаток в виде термической неоднородности. Для устранения этого ограничения предложено сочетание микроволновой и ультразвуковой обработки, что позволило достичь необходимого уровня обеспложивания и минимизировать негативное влияние на функциональные свойства жидкого яичного белка. Обнаружено увеличение размера частиц на 48,5 нм вследствие денатурации и агрегации белков, при этом вторичная структура оставалась практически неизменной. Данный метод обеспечил улучшение эмульгирующей способности, стабильности эмульсии и прочности геля на 6,83%, 7,41% и 77 г соответственно (Liu et al., 2022).

Комбинированная кратковременная микроволновая обработка малой мощности перед инфракрасным нагревом повышает эффективность очистки свеклы. Исследования показали, что обработка МВММ при мощности 640 Вт и продолжительности 7 минут в сочетании с ИК-нагревом обеспечивает наибольшую отслаиваемость (99,4%), минимальные толщину отслаивания (0,075 мм) и остаток отслаивания (0,8%), а также наименьшие потери при отслаивании (4,23 г). В сравнении с традиционной щелочной очисткой и только ИК-обработкой, комбинированный метод показал лучшее соотношение сохранения витамина С и уменьшение изменения цвета поверхности (Okonkwo, Ojediran et al., 2022).

Комбинация импульсного электрического поля с омическим нагревом продемонстрировала значительную дезинтеграцию растительных клеток и увеличение выхода биологически активных соединений, таких как каротиноиды и полифенолы, при производстве яблочного и морковного пюре (Mannozi et al., 2018). Для инактивации патогенов *Escherichia coli* O157 и *Salmonella typhimurium* в молоке и апельсиновом соке предложена комбинация импульсного омического нагрева и УФ-света с длиной волны 365 нм. Данная обработка обеспечивала значительное снижение титра клеток (более чем на порядок) по сравнению с использованием этих методов по отдельности (Cho & Kang, 2023).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ литературных данных демонстрирует перспективность использования комбинированных технологий обработки в пищевой промышленности, направленных на повышение эффективности процессов и улучшение качества продукции. Сочетание микроволновой и ультразвуковой обработки, обеспечивающее устранение термической неоднородности при пастеризации, показало свою ценность для жидких продуктов, таких как яичный белок. Полученные данные подтверждают, что комбинированное воздействие не только способствует необходимому уровню обеспложивания, но и минимизирует негативные изменения функциональных свойств белков. Наблюдаемый рост размера частиц на 48,5 нм и улучшение эмульгирующих характеристик можно рассматривать как положительное влияние такого метода, который потенци-

ально может заменить или дополнить традиционные технологии пастеризации (Liu et al., 2022).

Комбинированное применение микроволновой обработки малой мощности перед инфракрасным нагревом улучшает эффективность очистки растительных продуктов, таких как свекла. Результаты исследований показывают, что именно совместное использование этих методов обеспечивает оптимальные характеристики отслаиваемости и минимальные потери при обработке. Достижения в этой области позволяют предположить, что такие комбинированные технологии могут быть внедрены для повышения производительности и сохранения питательной ценности сырья, что подтверждается результатами, сравнивающими эти методы с традиционными способами обработки (Okonkwo, Ojediran et al., 2022).

Использование импульсного электрического поля в сочетании с омическим нагревом демонстрирует значительное увеличение выхода биологически активных соединений, что делает эти методы особенно привлекательными для переработки растительных продуктов. Полученные данные показывают, что данное сочетание способствует интенсивной дезинтеграции клеточных структур, что улучшает извлечение ценных компонентов, таких как каротиноиды и полифенолы, при производстве фруктово-овощных пюре (Mannozi et al., 2018).

Комбинированное воздействие импульсного омического нагрева и ультрафиолетового света с длиной волны 365 нм представляет собой эффективный метод инактивации патогенов в жидких пищевых продуктах, таких как молоко и апельсиновый сок. Это подтверждается значительным снижением титра *Escherichia coli* O157 и *Salmonella typhimurium*, что делает этот подход перспективным для использования в промышленных масштабах. Полученные результаты свидетельствуют о том, что комбинированное воздействие более эффективно по сравнению с отдельным применением методов, что открывает новые возможности для обеспечения микробиологической безопасности продуктов (Cho & Kang, 2023).

Обсуждаемые комбинированные технологии подтверждают тенденцию к повышению эффективности пищевых процессов и снижению энергозатрат. Сочетание различных методов позволяет не только

достичь необходимой степени инактивации микроорганизмов и улучшения качества продукции, но и сохранять биоактивные соединения, что особенно важно для продуктов с высокой добавленной стоимостью. В то же время вопросы термической неоднородности и влияния на органолептические характеристики требуют дальнейших исследований и оптимизации параметров обработки для широкого промышленного применения.

Ограничения

Настоящий обзор, несмотря на широкий охват данных и различных методов обработки пищевых продуктов, имеет ряд ограничений. Во-первых, анализ включал исследования, опубликованные в ограниченном временном периоде, что могло повлиять на полноту представленных данных. Во-вторых, вариативность экспериментальных условий в различных исследованиях затрудняет проведение прямого сравнения результатов, что ограничивает возможности для точных выводов о сравнительной эффективности методов. Также следует отметить, что многие источники фокусировались на лабораторных исследованиях и пилотных проектах, что создает барьер для обобщения результатов и их экстраполяции на промышленные условия.

Кроме того, существующие данные не всегда отражают долгосрочные последствия применения комбинированных методов обработки для сохранения качества и безопасности продуктов. Вопросы устойчивости технологий к изменениям условий внешней среды и экономической целесообразности также остаются недостаточно исследованными, что требует дальнейших подробных исследований.

Важно учитывать, что влияние новых методов обработки на органолептические характеристики продукции требует дополнительной оценки. Обобщенные выводы об эффективности методов могут не учитывать специфических особенностей сырья и процессов, что также ограничивает применимость результатов обзора для отдельных случаев. Наконец, недостаток унифицированных методологических подходов к исследованию и оценке результатов обработки ограничивает сопоставимость данных и требует разработки единых стандартов для оценки влияния волновых и полевых методов на качество и безопасность пищевых продуктов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный обзор предметного поля продемонстрировал, что применение волновых и полевых воздействий в рациональных режимах способно интенсифицировать технологические процессы, повысить качество и безопасность пищевой продукции. Это подчеркивает важность дальнейшего изучения и оценки эффективности таких методов в пищевой промышленности.

При всем многообразии технологий и режимов обработки, выявлено, что универсального метода, подходящего для решения всех задач, не существует. Эффективность воздействия зависит от целей обработки, характеристик объекта и необходимых показателей качества готового продукта. Результаты могут варьироваться от положительных до отрицательных в зависимости от используемых параметров обработки, что требует тщательной настройки режимов для достижения желаемых результатов.

Тем не менее, перспективность использования волновых и полевых методов для интенсификации процессов очевидна. Применение этих методов способно улучшить производственные процессы, повысить качество и безопасность продукции, а также снизить затраты. Однако промышленное применение данных технологий требует учета нескольких факторов: выбора типа воздействия и оптимальных режимов, минимизации образования нежелательных компонентов, достижения необходимых органолептических и физико-химических характеристик продукта, оценки энергозатрат, стоимости оборудования и его эксплуатационных характеристик.

Выбор наиболее подходящего типа волнового или полевого воздействия для конкретного объекта или процесса может быть обоснован только на основании серии сравнительных экспериментов. Такие исследования должны подтвердить эффективность различных методов обработки, опираясь на нормативные и технологические показатели качества промежуточной и готовой продукции.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Дмитрий Валерьевич Карпенко: концептуализация, методология, проведение исследования, администрирование данных, создание рукописи и её редактирование, администрирование проекта.

Артем Геннадиевич Гришин: концептуализация, проведение исследования, создание черновика рукописи, визуализация.

Анна Дмитриевна Заграничная: проведение исследования, создание рукописи и её редактирование, визуализация.

Максим Геннадьевич Гордюшин: сбор первичной информации, проведение исследования, визуализация.

Елизавета Михайловна Смирнова: сбор первичной информации, проведение исследования, визуализация.

AUTHOR' CONTRIBUTIONS

Dmitry V. Karpenko: conceptualization, methodology, investigation, data curation, writing — review & editing, project administration.

Artem G. Grishin: conceptualization, investigation, writing — original draft preparation, visualization.

Maksim G. Gordjushin: data collection, investigation, visualization.

Anna D. Zagranichnaya: investigation, writing — original draft preparation, visualization.

Elizaveta M. Smirnova: data collection, investigation, visualization.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Алексеевко, Е. В., Каримова, Н. Ю., & Цветкова, А. А. (2023). Способы переработки ягод черники: современное состояние и перспективы развития. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 22–44. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.353>
- Alekseenko, E. V., Karimova, N. Yu., & Tsvetkova, A. A. (2023). Methods of blueberry processing: Current state and development prospects. *Storage and Processing of Farm Products*, 1, 22–44. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.353>
- Бабакина, М. В., Михайлюта, Л. В., Першакова, Т. В., Купин, Г. А., & Самойленко, М. В. (2021). Натामीцин и електромагнітні поля: вплив на якість капусти при зберіганні. *Хранення і переробка сільгоспсировьа*, (3), 69–80. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.229>
- Babakina, M. V., Mikhailuta, L. V., Pershakova, T. V., Kupin, G. A., & Samoylenko, M. V. (2021). Natamycin and electromagnetic fields: Effect on the quality of cabbage during storage. *Storage and Processing of Farm Products*, (3), 69–80. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.229>
- Бурак, Л. Ч., & Сапач, А. Н. (2023). Влияние предварительной обработки импульсным электрическим полем на процесс сушки: обзор предметного поля. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 44–71. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.418>
- Burak, L. Ch., & Sapach, A. N. (2023). The impact of preliminary treatment with pulsed electric field on the drying process: A Scoping review. *Storage and Processing of Farm Products*, (2) 44–71. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.418>
- Виневский, Е. И., & Чернов, А. В. (2021). Обоснование режимов градиентного воздействия постоянного магнитного поля на листья табака в процессе их переработки. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 62–72. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.188>
- Vinevsky, E. I., & Chernov, A. V. (2021). Justification of gradient magnetic field impact regimes on tobacco leaves during processing. *Storage and Processing of Farm Products*, 1, 62–72. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.188>
- Гернет, М. В., & Грибкова, И. Н. (2020). Современные способы использования хмелепродуктов в пивоварении. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 34–42. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.328>
- Gernet, M. V., & Gribkova, I. N. (2020). Modern methods of using hop products in brewing. *Storage and Processing of Farm Products*, (4), 34–42. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.328>
- Данильчук Т. Н., Рогов И. А., & Демидов А. В. (2014). Повышение антиоксидантной активности проростков злаковых культур под воздействием инфракрасного излучения. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (9), 16–21.
- Danilchuk, T. N., Rogov, I. A., & Demidov, A. V. (2014). Increasing antioxidant activity of cereal sprouts under infrared radiation. *Storage and Processing of Farm Products*, (9), 16–21. (In Russ.)

- Данильчук, Т. Н., Юрьев, Д. Н., & Ратников, А. Ю. (2008). Стимуляция биохимических процессов в прорастающем зерне акустическими и электрофизическими методами воздействия. *Пиво и напитки*, 6, 11–14.
- Danilchuk, T. N., Yuriev, D. N., & Ratnikov, A. Yu. (2008). Stimulation of biochemical processes in germinating grain by acoustic and electrophysical methods. *Beer and Beverages*, 6, 11–14. (In Russ.)
- Егорова, О. С., Акбулатова Д. Р., & Шилкин А. А. (2023). Факторы, влияющие на качество и сроки годности напитков брожения из плодового сырья: Обзор предметного поля. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 15–32. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.447>
- Egorova, O. S., Akbulatova, D. R., & Shilkin, A. A. (2023). Factors affecting the quality and shelf life of fermented fruit-based beverages: A Scoping review. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 15–32. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.447>
- Зайцева, Л. В., Пестерев, М. А., Малахова, А. С., Лаврухин, М. А., & Баженова, А. Е. (2023). Оценка целесообразности применения кавитационных воздействий в производстве помадных конфет с тыквенной подваркой. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 187–200. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.355>
- Zaitseva, L. V., Pesterev, M. A., Malakhova, A. S., Lavrukhin, M. A., & Bazhenova, A. E. (2023). Assessment of the feasibility of using cavitation effects in the production of fondant candies with pumpkin paste. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 187–200. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.355>
- Илюхина, Н. В., Колоколова, А. Ю., Тришканева, М. В., Крюкова, Е. В., Горячева, Е. Д., & Беркетова, Л. В. (2021). Исследование динамики ингибирования микрофлоры растительного сырья в результате обработки ультрафиолетовым излучением. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 117–126. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.194>
- Ilyukhina, N. V., Kolokolova, A. Yu., Trishkaneva, M. V., Kryukova, E. V., Goryacheva, E. D., & Berketova, L. V. (2021). Study of the dynamics of inhibition of microflora of plant raw materials as a result of ultraviolet treatment. *Storage and Processing of Farm Products*, (1), 117–126. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.194>
- Карпенко Д.В., & Беркетова М.А. (2012). Изучение влияния акустических колебаний на качество пивоваренного ячменного солода. *Пиво и напитки*, (5), 14–16.
- Karpenko, D. V., & Berketova, M. A. (2012). Study of the effect of acoustic vibrations on the quality of brewing barley malt. *Beer and Beverages*, (5), 14–16. (In Russ.)
- Карпенко, Д. В., & Беркетова, М. А. (2012). Оптимизация параметров акустической обработки пивоваренного ячменного солода. *Пиво и напитки*, (4), 8–10.
- Karpenko, D. V., & Berketova, M. A. (2012). Optimization of parameters for acoustic processing of brewing barley malt. *Beer and Beverages*, (4), 8–10. (In Russ.)
- Карпенко, Д. В., Гернет, М. В., Крюкова, Е. В., Грибкова, И. Н., Нурмуханбетова, Д. Е., & Асембаева, Э. К. (2019). Влияние акустических колебаний на развитие популяций дрожжей рода *Saccharomyces*. *Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан. Серия геология и технические науки*, 4(436), 103–112. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.103>
- Karpenko, D. V., Gernet, M. V., Kryukova, E. V., Gribkova, I. N., Nurmukhanbetova, D. E., & Asembayeva, E. K. (2019). Influence of acoustic vibrations on the development of yeast populations of the genus *Saccharomyces*. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, 4(436), 103–112. (In Russ.) <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.103>
- Карпенко, Д. В., Кравченко, В. С., & Шалагинов, К. В. (2017). Активация амилолитического ферментного препарата волновыми воздействиями. *Пиво и напитки*, (5), 16–19.
- Karpenko, D. V., Kravchenko, V. S., & Shalaginov, K. V. (2017). Activation of amylolytic enzyme preparation by wave effects. *Beer and Beverages*, (5), 16–19. (In Russ.)
- Карпенко, Д. В., & Позднякова, И.Э. (2016). Повышение экстрактивности хмеля с помощью акустической обработки. *Пиво и напитки*, (6), 46–49.
- Karpenko, D. V., & Pozdnyakova, I. E. (2016). Increasing hop extractivity using acoustic processing. *Beer and Beverages*, (6), 46–49. (In Russ.)
- Кондратенко, Т. Ю., Кондратенко, В. В., Курбанова, М. Н., & Пацюк, Л. К. (2023). Ультразвуковая кавитация и её потенциальное влияние на микрофлору. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 75–97. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.4.463>
- Kondratenko, T. Yu., Kondratenko, V. V., Kurbanova, M. N., & Patsyuk, L. K. (2023). Ultrasonic cavitation and its potential effect on microflora. *Storage and Processing of Farm Products*, (4), 75–97. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.4.463>
- Крылов, О. Н., Киселев, М. М., Решетников, А. Е., & Абашева, О. Ю. (2023). Предпосевная оптическая обработка семян зерновых культур на примере озимой ржи «Фаленская 4». *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 214–230. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.439>
- Krylov, O. N., Kiselev, M. M., Reshetnikov, A. E., & Abasheva, O. Yu. (2023). Pre-sowing optical treatment of grain seeds on the example of winter rye “Falenetskaya 4”. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 214–230. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.439>
- Максименко, В. А. (2021). Конические решетки в устройствах для обеззараживающей обработки зерна. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 139–149. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.179>
- Maksimenko, V. A. (2021). Conical grids in devices for disinfecting grain processing. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 139–149. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.179>
- Подвигина, О. А., Путилина, Л. Н., & Лазутина, Н. А. (2022). Влияние лазерного облучения семян сахарной свёклы на продуктивность, технологическое качество и сохранность корнеплодов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (3), 26–39. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.335>

- Podvigina, O. A., Putilina, L. N., & Lazutina, N. A. (2022). The influence of laser irradiation on the productivity, technological quality, and preservation of sugar beet roots. *Storage and Processing of Farm Products*, (3), 26–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.335>
- 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>
- Posokina, N. E., & Zakharova, A. I. (2023). Modern non-thermal methods of processing plant raw materials used to increase their shelf life. *Food Systems*, 6(1), 4–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-4-10>
- Супрунюк, А. Ю., & Карпенко, Д. В. (2016). Влияние обработки монохроматическим светом на характеристики пивных дрожжей. В *День Науки. Общеуниверситетская научная конференция молодых учёных и специалистов* (с. 134–138). М.: МГУПП.
- Suprunyuk, A. Yu., & Karpenko, D. V. (2016). The effect of monochromatic light treatment on the characteristics of brewing yeast. In *Science Day. University-wide scientific conference of young scientists and specialists* (pp. 134–138). Moscow: MGUPP. (In Russ.)
- Abesinghe, A. M. N. L., Vidanarachchi, J. K., Islam, N., & Karim, M.A. (2022). Effects of ultrasound on the fermentation profile and metabolic activity of lactic acid bacteria in buffalo's (*Bubalus bubalis*) milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103048. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103048>
- Afkhami, R., Varidi, M. J., Varidi, M., & Hadizadeh, F. (2023). Improvement of heat-induced nanofibrils formation of soy protein isolate through NaCl and microwave. *Food Hydrocolloids*, 139, 108443. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108443>
- Agcam, E. (2022). Degradation kinetics of pomegranate juice phenolics under cold and warm sonication process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103080. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103080>
- Ai, Z., Ren, H., Lin, Y., Sun, W., Yang, Z., Zhang, Y., Zhang, H., Yang, Z., Pandiselvam, R., & Liu, Y. (2022). Improving drying efficiency and product quality of Stevia rebaudiana leaves using innovative medium-and short-wave infrared drying (MSWID). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 81, 103154. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103154>
- Aladjadjiyan, A. (2002). Increasing carrot seeds (*Daucus carota* L.), cv. Nantes, viability through ultrasound treatment. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 8, 469–472.
- Alaei, B., Chayjan, R. A., & Zolfigol, M. A. (2022). Improving tomato juice concentration process through a novel ultrasound-thermal concentrator under vacuum condition: A bioactive compound investigation and optimization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102983. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102983>
- Alsaedi, A. W. M., Al-Mousawi, A. J., Al-Hilphy, A. R., & Gavahian, M. (2023). Non-thermal pasteurization of milk by an innovative energy-saving moderate electrical field equipped with elongated electrodes and process optimization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, 103445. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103445>
- Altin, O., Skipnes, D., Skåra, T., & Erdogdu, F. (2022). A computational study for the effects of sample movement and cavity geometry in industrial scale continuous microwave systems during heating and thawing processes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102953. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102953>
- Arshad, R. N., Abdul-Malek, Z., Roobab, U., Munir, M. A., Naderipour, A., Qureshi, M. I., El-Din Bekhit, A., Liu, Z. W., & Aadil, R. M. (2021). Pulsed electric field: A potential alternative towards a sustainable food processing. *Trends in Food Science and Technology*, 111, 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.041>
- Avtar, S., Tejinder, S., & Bains, G. S. (1985). Effect of irradiation on the malting quality of barley. *Journal of The Institute of Brewing*, 91(4), 253–256. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1985.tb04335.x>
- Axelrod, R., Beyrer, M., & Mathys, A. (2022). Impact of the electric field intensity and treatment time on whey protein aggregate formation. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 6589–6600. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21395>
- Baier, M., Foerster, J., Schnabel, U., Knorr, D., Ehlbeck, J., Herppich, W. B., & Schlüter, O. (2013). Direct non-thermal plasma treatment for the sanitation of fresh corn salad leaves: Evaluation of physical and physiological effects and antimicrobial efficacy. *Postharvest Biology and Technology*, 84, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.03.022>
- Balthazar, C. F., Cabral, L., Guimarães, J. T., Noronha, M. F., Cappato, L. P., Cruz, A. G., & Sant'Ana, A. S. (2022). Conventional and ohmic heating pasteurization of fresh and thawed sheep milk: Energy consumption and assessment of bacterial microbiota during refrigerated storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102947. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102947>
- Barba, F. J., Koubaa, M., do Prado-Silva, L., Orlén, V., de Souza Sant'Ana, A. (2017). Mild processing applied to the inactivation of the main foodborne bacterial pathogens: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 20–35. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.011>
- Barrón-García, O. E., Nava-Álvarez, B., Gaytán-Martínez, M., Gonzalez-Jasso, E., & Morales-Sánchez, E. (2022). Ohmic heating blanching of *Agaricus bisporus* mushroom: Effects on polyphenoloxidase inactivation kinetics, color, and texture. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103105. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103105>
- Basak, S., Jha, T., & Chakraborty, S. (2023). Pasteurization of tender coconut water by pulsed light treatment: Microbial safety, enzymatic inactivation, and impact on physicochemical properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103302. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103302>
- Basak, S., Mahale, S., & Chakraborty, S. (2022). Changes in quality attributes of pulsed light and thermally treated mixed fruit beverages during refrigerated storage

- (4° C) condition. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 78, 103025. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103025>
- Belloli, M., Cigarini, M., Milesi, G., Mutti, P., & Berni, E. (2022). Effectiveness of two UV-C light-emitting diodes (LED) systems in inactivating fungal conidia on polyethylene terephthalate. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103050. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103050>
- Boda, S. K., Ravikumar, K., Saini, D. K., Basu, B. (2015). Differential viability response of prokaryotes and eukaryotes to high strength pulsed magnetic stimuli. *Bioelectrochemistry*, 106, 276–289. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2015.07.009>
- Bonifácio-Lopes, T., Vilas-Boas, A., Machado, M., Costa, E. M., Silva, S., Pereira, R. N., Campos, D., Teixeira, J. A., & Pintado, M. (2022). Exploring the bioactive potential of brewers spent grain ohmic extracts. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102943. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102943>
- Canelli, G., Kuster, I., Jaquenod, L., Buchmann, L., Martínez, P. M., Rohfritsch, Z., Dionisi, F., Bolten, C. J., Nanni, P., & Mathys, A. (2022). Pulsed electric field treatment enhances lipid bioaccessibility while preserving oxidative stability in *Chlorella vulgaris*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102897. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102897>
- Castro-Campos, F. G., Morales-Sánchez, E., Cabrera-Ramírez, Á. H., Martínez, M. M., Rodríguez-García, M. E., & Gaytán-Martínez, M. (2023). High amylose starch thermally processed by ohmic heating: Electrical, thermal, and microstructural characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 87, 103417. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103417>
- Ceribeli, C., Otte, J., Walkling-Ribeiro, M., Cardoso, D. R., & Ahrné, L. M. (2023). Impact of non-thermal pasteurization technologies on vitamin B12 content in milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103303. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103303>
- Chang, C.-K., Tsai, S.-Y., Gavahian, M., Cheng, K.-C., Hou, C.-Y., Yudhistira, B., Lin, S.-H., Santoso, S. P., & Hsieh, C.-W. (2023). Direct and alternating current electric fields affect pectin esterase and cellulase in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 205, 112495. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112495>
- Chang, C.-K., Yang, Y.-T., Gavahian, M., Cheng, K.-C., Hou, C.-Y., Chen, M.-H., Santoso, S. P., & Hsieh, C.-W. (2023). Prolonging the shelf-life of atemoya (*Annona cherimola* × *Annona squamosa*) using pulsed electric field treatments. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, 103458. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103458>
- Charles-Rodríguez, A. V., Nevárez-Moorillón, G. V., Zhang, Q. H., & Ortega-Rivas, E. (2007). Comparison of Thermal Processing and Pulsed Electric Fields Treatment in Pasteurization of Apple Juice. *Food and Bioprocess Technology*, 85(2), 93–97. <https://doi.org/10.1205/fbp06045>
- Chemat, F., Zill-e-Huma, & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>
- Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., Fabiano-Tixier, A.-S., & Abert-Vian, M. (2017). Review of green food processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 357–377. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.016>
- Chen, B., Chang, C., Cheng, K., Hou, C., Lin, J., Chen, M., Permatasari, S., Chen, C., & Hsieh, C. (2022). Using the response surface methodology to establish the optimal conditions for preserving bananas (*Musa acuminata*) in a pulsed electric field and to decrease browning induced by storage at a low temperature. *Food Packaging and Shelf Life*, 31, 100804. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100804>
- Chen, B. R., Wang, Z. M., Lin, J. W., Wen, Q. H., Xu, F. Y., Li, J., Wang, R., & Zeng, X. A. (2022). Improving emulsification performance of waxy maize starch by esterification combined with pulsed electric field. *Food Hydrocolloids*, 129, 107655. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107655>
- Chen, H., & Moraru, C. I. (2023). Exposure to 222 nm far UV-C effectively inactivates planktonic foodborne pathogens and inhibits biofilm formation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 87, 103411. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103411>
- Cho, E.-R., & Kang, D.-H. (2023). Combination system of pulsed ohmic heating and 365-nm UVA light-emitting diodes to enhance inactivation of foodborne pathogens in phosphate-buffered saline, milk, and orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103250. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103250>
- Cokgezme, O. F., & Icier, F. (2022). Frequency and wave type effects on extractability of oleuropein from olive leaves by moderate electric field assisted extraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102985. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102985>
- Cui, B., Sun, Y., Wang, K., Liu, Y., Fu, H., Wang, Y., & Wang, Y. (2022). Pasteurization mechanism on the cellular level of radio frequency heating and its possible non-thermal effect. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 78, 103026. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103026>
- Cui, H., Ma, C., Li, C., & Lin, L. (2016). Enhancing the antibacterial activity of thyme oil against *Salmonella* on eggshell by plasma-assisted process. *Food Control*, 70, 183–190. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.05.056>
- Delcour, J. A., Van Roey, G., & Delvaux, F. (1986). The effects of gamma-irradiation of Pilsner beer. *Journal of The Institute of Brewing*, 92(6), 591–593. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1986.tb04458.x>
- Delso, C., Ospina, S., Berzosa, A., Raso, J., & Álvarez-Lanzarote, I. (2023). Defining winery processing conditions for the decontamination of must and wine spoilage microbiota by Pulsed Electric Fields (PEF). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 03478. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103478>
- Devkota, L., He, L., Bittencourt, C., Midgley, J., & Haritos, V. S. (2022). Thermal and pulsed electric field (PEF)

- assisted hydration of common beans. *LWT – Food Science and Technology*, 158, 113163. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113163>
- Dhua, S., Kumar, K., Sharanagat, V. S., & Nema, P. K. (2022). Bioactive compounds and its optimization from food waste: Review on novel extraction techniques. *Nutrition and Food Science*, 53(8), 1270–1288. <https://doi.org/10.1108/NFS-12-2021-0373>
- Dima, P., Stubbe, P. R., Mendes, A. C., & Chronakis, I. S. (2023). Control and promotion of probiotic cells' aggregation and viability using DC electric field and standing acoustic waves. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 87, 103423. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103423>
- Dong, S., Guo, J., Yu, J., Bai, J., Xu, H., Li, M. (2022). Effects of electron-beam generated X-ray irradiation on the postharvest storage quality of *Agaricus bisporus*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103079. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103079>
- El Hajj, R., Mhemdi, H., Karamoko, G., Karoui, R., Allaf, K., Lebovka, N., & Vorobiev, E. (2023). Impact of pulsed electric field treatment on the viability of *Tenebrio molitor* insect biomass, and on the following pressing and drying processes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 103462. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103462>
- El-Khatib, A. M., Khalil, A. M., El-Kaliuoby, M. I., & Elkhatib, M. (2019). The combined effects of multisized silver nanoparticles and pulsed magnetic field on *K. pneumonia*. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, 8(2), 154–160. <https://doi.org/10.1680/jbibn.18.00042>
- Fan, L., Xu, J., Guan, X., Li, R., & Wang, S. (2023). Developing radio frequency pretreatment technology for improving yield and quality of flaxseed oil extractions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 86, 103363. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103363>
- Ferreira, I. J. B., Alexandre, E. M. C., Saraiva, J. A., & Pintado, M. (2022). Green emerging extraction technologies to obtain high-quality vegetable oils from nuts: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102931. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102931>
- Gagneten, M., González Cáceres, S., Rodríguez Osuna, I. A., Olaiz, N. M., Schebor, C., & Leiva, G. E. (2023). Modification of cassava starch by acetylation and pulsed electric field technology: Analysis of physical and functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85:103344. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103344>
- Gasparini, A., Ferrentino, G., Angeli, L., Morozova, K., Zatelli, D., & Scampicchio, M. (2023). Ultrasound assisted extraction of oils from apple seeds: A comparative study with supercritical fluid and conventional solvent extraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 86, 103370. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103370>
- Gavahian, M., Yang, Y.-H., & Tsai, P.-J. (2022). Power ultrasound for valorization of *Citrus limon* (cv. Eureka) waste: Effects of maturity stage and drying method on bioactive compounds, antioxidant, and anti-diabetic activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103052. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103052>
- Goldschmidt Lins, P., Aparecida Silva, A., Piccoli Pugine, S. M., Cespedes Arce, A. I., Xavier Costa, E. J., Pires De Melo, M. (2017). Effect of exposure to pulsed magnetic field on microbiological quality, color and oxidative stability of fresh ground beef. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), e12405. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12405>
- Gordon, A. G. (1963). The use of ultrasound in agriculture. *Ultrasonics*, 1963, 1(2), 70–77. [https://doi.org/10.1016/0041-624X\(63\)90057-X](https://doi.org/10.1016/0041-624X(63)90057-X)
- Guionet, A., Fujiwara, T., Sato, H., Takahashi, K., Takaki, K., Matsui, M., Tanino, T., & Ohshima, T. (2021). Pulsed electric fields act on tryptophan to inactivate α -amylase. *Journal of Electrostatics*, 112, 103597. <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2021.103597>
- Guo, F., Qian, K., Li, X., Deng, X. (2022). Simulation study of cell transmembrane potential and electroporation induced by time-varying magnetic fields. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 81, 103117. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103117>
- Guo, L., Nie, X.-M., Yang, Y.-H., Ren, Y., Ding, X., & Qian, J.-Y. (2023). Using electric field to modify wet gluten as meat analogue material: A comparative study between pulsed and direct current electric fields. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103300. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103300>
- Guo, X., Guo, Y., Yu, J., Gu, T., Russo, H. B., Liu, Q., Du, J., Bai, J., Zhang, B., & Kou, L. (2022). X-ray irradiation — nonthermal processing and preservation of fresh winter jujube (*Zizyphus jujuba* mill. cv. Dalidongzao). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 81, 103151. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103151>
- Harizi, N., Madureira, J., Haffani, Y. Z., Zouari, A., Ayadi, M. A., Cabo Verde, S., & Boudhrioua, N. (2023). E-beam irradiation of defatted liquid camel and cow milk fractions: Antiproliferative, antidiabetic and antioxidant activities. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 103457. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103457>
- He, R., Ma, H., & Wang, H. (2014). Inactivation of *E. coli* by high-intensity pulsed electromagnetic field with a change in the intracellular Ca^{2+} concentration. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 28(4), 459–469. <https://doi.org/10.1080/09205071.2013.874539>
- Hejazi, S., Siahpoush, V., Ostadrahimi, A., Jahani, B. K. G., Ghasempour, Z. (2022). High-voltage electric discharge as pretreatment for efficient extraction of bioactive compounds from red onion peel. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 81, 103153. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103153>
- Hernández-Corroto, E., Boussetta, N., Marina, M. L., García, M. C., & Vorobiev, E. (2022). High voltage electrical discharges followed by deep eutectic solvents extraction for the valorization of pomegranate seeds (*Punica granatum* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103055. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103055>
- Hierro, E., Hospital, X. F., Fernández-León, M. F., Caballero, N., Cerdán, B., Fernández, M. (2022). Impact of voltage and pulse delivery mode on the efficacy of pulsed light for the inactivation of *Listeria*. *Innovative*

- Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102973. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102973>
- Hirt, B., Hansjosten, E., Hensel, A., Gräf, V., & Stahl, M. (2022). Improvement of an annular thin film UV-C reactor by fluid guiding elements. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102988. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102988>
- Hu, R., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2022). Novel assistive technologies for efficient freezing of pork based on high voltage electric field and static magnetic field: A comparative study. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103087. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103087>
- Iaccheri, E., Castagnini, J. M., Rosa, D. M., & Rocculi, P. (2021). New insights into the glass transition of dried fruits and vegetables and the effect of pulsed electric field treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 67, 102566. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102566>
- Iaccheri, E., Castagnini, J. M., Tylewicz, U., & Rocculi, P. (2021). Modelling the mechanical properties and sorption behaviour of pulsed electric fields (ИЭП) treated carrots and potatoes after air drying for food chain management. *Biosystems Engineering*, 223(Part B), 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.09.011>
- Iranshahi, K., Psarianos, M., Rubinetti, D., Onwude, D. I., Schlüter, O. K., & Defraeye, T. (2023). Impact of pre-treatment methods on the drying kinetics, product quality, and energy consumption of electrohydrodynamic drying of biological materials. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85, 103338. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103338>
- Jamil, Y. Perveen, R., Ashraf, M., Ali, Q., Iqba, M., & Ahmad, M. R. (2013). He-Ne laser induced changes in germination, thermodynamic parameters, internal energy and enzyme activities of wheat during germination and early growth physiological attributes. *Laser Physics Letters*, 10(4), 045606. <http://doi.org/10.1088/1612-2011/10/4/045606>
- Kalugina, O., Nafikova, A., Chernenkov, E., Leonova, S., Chernenkova A., Bodrov, A., & Badamshina, E. (2021). Application of ultrasound for enhancing fermentation rates in brewing technology. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 20(3), 301–312.
- Kanafusa, S., Maspero, U., Petersen, M. A., & Galindo, F. G. (2022). Influence of pulsed electric field-assisted dehydration on the volatile compounds of basil leaves. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102979. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102979>
- Karatas, O., Topcam, H., Altin, O., & Erdogdu, F. (2022). Computational study for microwave pasteurization of beer and hypothetical continuous flow system design. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102878. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102878>
- Karatas, O., Uyar, R., Berk, B., Mecit Oztog, H., Marra, F., & Erdogdu, F. (2023). Honey De-crystallization by radio frequency heating for process efficiency: Computational monitoring combined with time domain nuclear magnetic resonance. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85, 103345. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103345>
- Kardos, T. J., & Rabussay, D. P. (2012). Contactless magneto-permeabilization for intracellular plasmid dna delivery in-vivo. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 8(11), 1707–1713. <https://doi.org/10.4161/hv.21576>
- Karpenko, D., & Grishin A. (2024). Yeast activation methods used in fermentation industries. In A. Morata, I. Loira, C. González, & C. Escott (Eds.), *New Advances in Saccharomyces*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1003283>
- Katsimichas, A., Stathi, A., Dimopoulos, G., Giannakourou, M., & Taoukis, P. (2024). Kinetics of pulsed electric fields assisted pigment extraction from *Chlorella pyrenoidosa*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 91, 103547. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103547>
- Keyser, M., Muller, I. A., Cilliers, F., Nel, W., & Gouws, P. (2008). Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(3), 348–354. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.09.002>
- Kim, D. K., Shin, M., Kim, H. S., & Kang, D.-H. (2022). Inactivation efficacy of combination treatment of blue light-emitting diodes (LEDs) and riboflavin to control *E. coli* O157:H7 and *S. typhimurium* in apple juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 78, 103014. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103014>
- Kim, S.-Y., Jeong, U.-C., Ju, H.-I., Jeong, S., & Lee, D.-U. (2023). Effect of pulsed electric field pretreatment on mass transfer during hot air drying: Drying and rehydration properties of sweet potato. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 103449. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103449>
- Kim, Y.-J., Lee, J.-I., & Kang, D.-H. (2023). Inactivation of foodborne pathogenic bacteria in water and stainless steel surfaces by vacuum-UV amalgam lamp and low-pressure mercury UV lamp irradiation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103297. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103297>
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., & Lee, D.-U. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261–266. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.12.001>
- Köksel, H., Çelik, S., & Özkara, R. (1998). Effects of gamma irradiation on barley and malt on malting quality. *Journal of The Institute of Brewing*, 104(2), 89–92. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1998.tb00980.x>
- Kottapalli, B., Wolf-Hall, C. E., & Schwarz, P. (2006). Effect of electron-beam irradiation on the safety and quality of Fusarium-infected malting barley. *International journal of food microbiology*, 110(3), 224–231. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.04.007>
- Lakshmanan, S., Gupta, G. K., Avci, P., Chandran, R., Sadasivam, M., Jorge, A. E. S. & Hamblin, M. R. (2014). Physical energy for drug delivery; poration, concentration and activation. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 71, 98–114. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2013.05.010>
- Lan, M., Luo, D., Yue, C., Bai, Z., Li, P., & Wang, L. (2023). Ultrasound-assisted separation of wheat flour: Enhancing the degree of separation and characterization analysis.

- Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 90, 103493. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103493>
- Li, H., Wang, J., Wang, S., & Ling B. (2022). Performance evaluation of the double screw conveyor in radio frequency systems: Heating uniformity and quality of granular foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102990. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102990>
- Li, Q., Wang, Z., Kang, J., Wang, S., & Hou, L. (2023). Thermal behavior of CMC solutions under simulation of radio frequency pasteurization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 87, 103418. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103418>
- Li, X., Li, J., Wang, R., Rahaman, A., Zeng, X. A., & Brennan, C. S. (2021). Combined effects of pulsed electric field and ultrasound pretreatments on mass transfer and quality of mushrooms. *LWT*, 150, 112008. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112008>
- Li, Y., Zhang, S., Bao, Z., Sun, N., & Lin, S. (2022). Exploring the activation mechanism of alcalase activity with pulsed electric field treatment: Effects on enzyme activity, spatial conformation, molecular dynamics simulation and molecular docking parameters. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102918. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102918>
- Liang, Z., Zhang, P., Ma, W., Zeng, X.-A., & Fang, Z. (2023). Pulsed electric field processing of green tea-infused chardonnay wine: Effects on physicochemical properties, antioxidant activities, phenolic and volatile compounds. *Food Bioscience*, 54, 102884. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102884>
- Lin, H., He, X., Liu, C., Meng, J., Guan, W., Hou, C., Zhang, C., & Wang, W. (2022). Static magnetic field-assisted supercooling preservation enhances water-holding capacity of beef during subzero storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103106. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103106>
- Lin, L., Wang, X., & Cui, H. (2019). Synergistic efficacy of pulsed magnetic fields and *Litsea cubeba* essential oil treatment against *Escherichia coli* o157:h7 in vegetable juices. *Food Control*, 106, 106686. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.012>
- Lin, L., Wang, X., He, R., & Cui, H. (2019). Action mechanism of pulsed magnetic field against *E. coli* o157:h7 and its application in vegetable juice. *Food Control*, 95, 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.08.011>
- Liu, B., Jin, F., Li, Y., Wang, H., Chi, Y., Tian, D., & Feng, Z. (2022). Pasteurization of egg white by integrating ultrasound and microwave: Effect on structure and functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103063. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103063>
- Liu, D., Zhu, L., Guo, Y., Zhao, Y., Betchem, G., Yolandani, Y., & Ma, H. (2023). Enhancing submerged fermentation of *Antrodia camphorata* by low-frequency alternating magnetic field. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 86, 103382. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103382>
- Liu, Y., Huang, M., Liu, X., & Hu, M. (2023). Structural characterization and functional properties of egg white protein treated by electron beam irradiation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103262. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103262>
- Liu, Y., Qu, W., Feng, Y., & Ma, H. (2023). Fine physicochemical, structural, rheological and gelling properties of tomato pectin under infrared peeling technique. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85, 103343. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103343>
- Llano, K. R. A., Marsellés-Fontanet, A. R., Martín-Belloso, O., & Soliva-Fortuny, R. (2016). Impact of pulsed light treatments on antioxidant characteristics and quality attributes of fresh-cut apples. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.10.021>
- Lotfi, M., Hamdami, N., Dalvi-Isfahan, M., & Fallah-Joshaqani, S. (2022). Effects of high voltage electric field on storage life and antioxidant capacity of whole pomegranate fruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102888. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102888>
- Lucas, J. R., Cárcel, J. A., Velasco, R., Benedito, J., & Cabeza, M. C. (2023). Modelling of the electron range for use of E-beam treatment for boned dry-cured hams sanitation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103296. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103296>
- Lucinskis, A., Novickij, V., Grainys, A., Novickij, J., & Tolvaisiene, A. (2014). Modelling the cell transmembrane potential dependence on the structure of the pulsed magnetic field coils. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 20(8), 9–12. <https://doi.org/10.5755/j01.eee.20.8.8432>
- Luna-Domínguez, R. A., Hernández-Carranza, P., Ávila-Sosa, R., Valadez-Blanco, R., Ruiz-López, I. I., & Ochoa-Velasco, C. E. (2023). Enhancing gallic acid antimicrobial activity against *Escherichia coli* by ultraviolet-C light irradiation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 86, 103378. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103378>
- Lung, C. T., Chang, C. K., Cheng, F. C., Hou, C. Y., Chen, M. H., Santoso, S. P., Yudhistira, B., & Hsieh, C. W. (2022). Effects of pulsed electric field-assisted thawing on the characteristics and quality of Pekin duck meat. *Food Chemistry*, 390, 133137. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133137>
- Ma, S., Liu, J., Zhang, Q., Lin, Q., Liu, R., Xing, Y., Jiang, H. (2022). 3D printing performance using radio frequency electromagnetic wave modified potato starch. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103064. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103064>
- Mahendran, R., Ramanan, K. R., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., López-Fernández, O., Muneke, P. E. S., Roohinejad, S., Sant'Ana, A. S., & Tiwari, B. K. (2019). Recent advances in the application of pulsed light processing for improving food safety and increasing shelf life. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.010>
- Mannozi, C., Fauster, T., Haas, K., Tylewicz, U., Romani, S., Rosa, M. D., & Jaeger, H. (2018). Role of thermal and electric field effects during the pre-treatment of fruit and vegetable mash by pulsed electric fields (PEF) and ohmic heating (OH). *Innovative Food Science & Emerging*

- Technologies*, 48, 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.004>
- Mannozi, C., Foligni, R., Mozzon, M., Aquilanti, L., Cesaro, C., Isidoro, N., Osimani, A. (2023). Nonthermal technologies affecting techno-functional properties of edible insect-derived proteins, lipids, and chitin: A literature review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, 103453. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103453>
- Martínez, J. M., Delso, C., Aguilar, D., Cebrián, G., Álvarez, I., Raso, J. (2018). Factors influencing autolysis of *Saccharomyces cerevisiae* cells induced by pulsed electric fields. *Food Microbiology*, 73, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.12.008>
- Mekala, S., Silva, E. K., & Saldaña, M. D. A. (2022). Ultrasound-assisted production of emulsion-filled pectin hydrogels to encapsulate vitamin complex: Impact of the addition of xylooligosaccharides, ascorbic acid and supercritical CO₂ drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102907. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102907>
- Mercado-Sáenz, S., López-Díaz, B., Burgos-Molina, A. M., Sendra-Portero, F., González-Vidal, A. & Ruiz-Gómez, M. J. (2022). Exposure of *S. cerevisiae* to pulsed magnetic field during chronological aging could induce genomic DNA damage. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(8), 1756–1767. <https://doi.org/10.1080/09603123.2021.1910212>
- Mfa Mezui, A., & Swart, P. (2010). Effect of UV-C disinfection of beer—sensory analyses and consumer ranking. *Journal of The Institute of Brewing*, 116(4), 348–353. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00785.x>
- Miklavcic, D., Novickij, V., Kranjc, M., Polajzer, T., Haberl Meglic, S., Batista Napotnik, T., Romih, R., & Lisjak, D. (2020). Contactless electroporation induced by high intensity pulsed electromagnetic fields via distributed nanoelectrodes. *Bioelectrochemistry*, 132, 107440. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2019.107440>
- Milani, E. A., Ramsey, J. G., & Silva, F. V. M. (2016). High pressure processing and thermosonication of beer: Comparing the energy requirements and *Saccharomyces cerevisiae* ascospores inactivation with thermal processing and modeling. *Journal of Food Engineering*, 181, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.02.023>
- Milani, E. A., & Silva, F. V. M. (2017). Ultrasound assisted thermal pasteurization of beers with different alcohol levels: Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* ascospores. *Journal of Food Engineering*, 198, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.11.015>
- Mo, Z., Liu, Q., Xie, W., Ashraf, U., Abrar, M., Pan, S., Duan, M., Tian, H., Wang, S., & Tang, X. (2020). Ultrasonic seed treatment and Cu application modulate photosynthesis, grain quality, and Cu concentrations in aromatic rice. *Photosynthetica*, 58, 682–691. <https://doi.org/10.32615/ps.2020.009>
- Mok, J. H., Her, J.-Y., Kang, T., Hoptowit, R., Jun, S. (2017). Effects of pulsed electric field (PEF) and oscillating magnetic field (OMF) combination technology on the extension of supercooling for chicken breasts. *Journal of Food Engineering*, 196, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.10.002>
- Morais, A. T. B., Morais, S. T. B., Feitor, J. F., Cavalcante, K. N., Catunda, L. G. S., Walking-Ribeiro, M., Cardoso, D. R., Ahrné, L. M. (2023). Physico-chemical and structural modifications of caseins in micellar casein isolate induced by pulsed electric field. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 103476. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103476>
- Morales-de la Peña, M., Arredondo-Ochoa, T., Welti-Chanes, J., Martín-Belloso, O. (2023). Application of moderate intensity pulsed electric fields in red prickly pears and soymilk to develop a plant-based beverage with potential health-related benefits. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, 103421. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103421>
- Mostafa, M. R., Ali, F. M., Balabel, N. M., & Mohamad, E. A. (2021). Electric pulses decrease the growth activity of *Erwinia amylovora* bacterium. *Journal of Biological Sciences*, 17(1), 261–270. <https://doi.org/10.21608/ajbs.2021.201678>
- Mousakhani-Ganjeh, A., Amiri, A., Nasrollahzadeh, F., Wiktor, A., Nilghaz, A., Pratap-Singh, A., & Mousavi Khaneghah, A. (2021). Electro-based technologies in food drying — A comprehensive review. *LWT*, 145, 111315. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111315>
- Müller, W. A., Sarkis, J. R., Marczak, L. D. F., & Muniz, A. R. (2022). Molecular dynamics study of the effects of static and oscillating electric fields in ovalbumin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102911. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102911>
- Murdoch, M., Waser, A., Morantes, G., Dubovcova, B., Akepsimaidis, G., Currie, A., Pillai, S. D. (2022). A new proposed validation method for low energy electron beam processing of dry spices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 81, 103141. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103141>
- Neri, L., Giancaterino, M., Rocchi, R., Tylewicz, U., Valbonetti, L., Faieta, M., & Pittia, P. (2021). Pulsed electric fields (PEF) as hot air drying pre-treatment: Effect on quality and functional properties of saffron (*Crocus sativus* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 67, 102592. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102592>
- Nguyen, C. H., Tikekar, R. H., Nitin, N. (2022). Combination of high-frequency ultrasound with propyl gallate for enhancing inactivation of bacteria in water and apple juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 82, 103149. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103149>
- Novickij, V., Dermol, J., Grainys, A., Kranjc, M., Miklavčič, D. (2017). Membrane permeabilization of mammalian cells using bursts of high magnetic field pulses. *PeerJ*, 5, e3267. <https://doi.org/10.7717/peerj.3267>
- Novickij, V., Grainys, A., Kučinskaitė-Kodžė, I., Žvirblienė, A., & Novickij, J. (2015). Magneto-permeabilization of viable cell membrane using high pulsed magnetic field. *IEEE Transactions on Magnetics*, 51(9), 1–5. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2015.2439638>
- Novickij, V., Stanevičienė, R., Gruškieienė, R., Badokas, K., Lukša, J., Sereikaitė, J., Mažeika, K., Višniakov, N., Novickij, J., Servienė, E. (2021). Inactivation of bacteria using bioactive nanoparticles and alternating magnetic

- fields. *Nanomaterials*, 11(2), 342. <https://doi.org/10.3390/nano11020342>
- Nowosad, K., Sujka, M., Pankiewicz, U., & Kowalski, R. (2021). The application of PEF technology in food processing and human nutrition. *Journal of Food Science and Technology*, 58(2), 397–411. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04512-4>
- Okonkwo, C. E., Moses, O. I., Nwonuma, C., Abiola, T., Benjamin, B. O., Folorunsho, J. O., Olaniran, A. F., & Pan, Z. (2022). Infrared and Microwave as a dry blanching tool for Irish potato: Product quality, cell integrity, and artificial neural networks (ANNs) modeling of enzyme inactivation kinetic. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 78, 103010. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103010>
- Okonkwo, C. E., Ojediran, J. O., Baribefe, A. V., Ajao, F., Pan, Z., Arotile, A., Emmanuel, C. C., & Ogomegbum, C. A. (2022). Microwave-assisted infrared dry-peeling of beetroot: Peeling performance, product quality, and cell integrity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102982. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102982>
- Oliveira, G. A. R., Guimarães, J. T., Ramos, G. L. P. A., Esmerino, E. A., Pimentel, T. C., Neto, R. P. C., Tavares, M. I. B., Sobral, L. A., Souto, F., Freitas, M. Q., Costa, L. E. O., & Cruz, A. G. (2022). Benefits of thermosonication in orange juice whey drink processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102876. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102876>
- Pang, J., Zhang, F., Wang, Z., Wu, Q., Liu, B., Meng, X. (2022). Inhibitory effect and mechanism of curcumin-based photodynamic inactivation on patulin secretion by *Penicillium expansum*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103078. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103078>
- Park, J.-S., Ha, J.-W. (2019). Ultrasound treatment combined with fumaric acid for inactivating food-borne pathogens in apple juice and its mechanisms. *Food Microbiology*, 84, 103277. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103277>
- Pereira, S. G., Gomes-Dias, J. S., Pereira, R. N., Teixeira, J. A., & Rocha, C. M. R. (2023). Innovative processing technology in agar recovery: Combination of subcritical water extraction and moderate electric fields. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103306. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103306>
- Piyadasa, C., Yeager, T. R., Gray, S. R., Stewart, M. B., Ridgway, H. F., Pelekani, C., & Orbell, J. D. (2018). Antimicrobial effects of pulsed electromagnetic fields from commercially available water treatment devices — controlled studies under static and flow conditions. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 93(3), 871–877. <https://doi.org/10.1002/jctb.5442>
- Pihen, C., Mani-López, E., Franco-Vega, A., Jiménez-Munguía, M. T., López-Malo, A., & Ramírez-Corona, N. (2023). Performance of UV-LED and UV-C treatments for the inactivation of *Escherichia coli* ATCC 25922 in food model solutions: Influence of optical and physical sample characteristics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85, 103314. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103314>
- Pintos, F., Rodoni, L., Patrignani, M., Ixtaina, P., Vicente, A., Martínez, G., & Hasperué, J. (2023). Advances in the use of white light on broccoli and kale postharvest shelf life. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 86, 103373. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103373>
- Pizarro-Oteíza, S. & Salazar, F. (2022). Effect of UV-LED irradiation processing on pectolytic activity and quality in tomato (*Solanum lycopersicum*) juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103097. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103097>
- Polachini, T. G., Norwood, E.-A., Le-Bail, P., Le-Bail, A., & Cárcel, J. A. (2023). Pulsed electric field (PEF) application on wheat malting process: Effect on hydration kinetics, germination and amylase expression. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 86, 103375. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103375>
- Psarianos, M., Dimopoulos, G., Ojha, S., Cavini, A. C. M., Bußler, S., Taoukis, P., & Schlüter, O. K. (2022). Effect of pulsed electric fields on cricket (*Acheta domesticus*) flour: Extraction yield (protein, fat and chitin) and techno-functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102908. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102908>
- Qian, J., Zhou, C., Ma, H., Li, S., Yagoub, A. E. A., & Abdualrahman, M. A. Y. (2016). Biological effect and inactivation mechanism of *Bacillus subtilis* exposed to pulsed magnetic field: Morphology, membrane permeability and intracellular contents. *Food Biophysics*, 11(4), 429–435. <https://doi.org/10.1007/s11483-016-9442-7>
- Qin, S., Zhou, M., Wang, Z., Li P., Huang, S., & Meng, J. (2023). Effect of pulsed electric field on spore germination rate and enzyme activity of *Aspergillus niger*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 103473. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103473>
- Quiroz-Reyes, C. N., & Aguilar-Méndez, M. Á. (2022). Continuous ultrasound and pulsed ultrasound: Selective extraction tools to obtain enriched antioxidants extracts from cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103095. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103095>
- Rahman, M. M., Hojilla-Evangelista, M. P., & Lamsal, B. P. (2022). Impact of high-power sonication on yield, molecular structure, and functional properties of soy protein isolate. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103034. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103034>
- Ricós-Muñoz, N., Soler, A. R., Castagnini, J. M., Moral, R., Barba, F. J., & Pina-Pérez, M. C. (2023). Improvement of the probiotic growth-stimulating capacity of microalgae extracts by pulsed electric fields treatment. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103256. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103256>
- Rios-Corripio, G., Morales-de la Peña, M., Welte-Chanes, J., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2022). Pulsed electric field processing of a pomegranate (*Punica granatum* L.) fermented beverage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103045. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103045>

- Robin, A., Ghosh, S., Gabay, B., Levkov, K., & Golberg, A. (2022). Identifying critical parameters for extraction of carnosine and anserine from chicken meat with high voltage pulsed electric fields and water. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102937. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102937>
- Rodríguez-Bencomo, J. J., Sanchis, V., Viñas, I., Martín-Belloso, O., & Soliva-Fortuny, R. (2020). Formation of patulin-glutathione conjugates induced by pulsed light: A tentative strategy for patulin degradation in apple juices. *Food Chemistry*, 315, 126283. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126283>
- Rosa, D. A., de Toledo Guimarães, J., Cabral, L. A., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Ramos, G. L. P. A., Pimentel, T. C., Esmerino, E. A., da Cruz, A. G., & de Freitas, M. Q. (2023). Effect of ohmic heating temperature and voltage on liquid whole egg processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 103490. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103490>
- Sagita, D., Setiaboma, W., Kristanti, D., Kurniawan, Y. R., Hidayat, D. D., Darmajana, D. F., Sudaryanto, A., & Nugroho, P. (2022). Experimental investigation of heating pattern, energy requirement and electrical conductivity in a batch ohmic heating system for coffee fermentation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102946. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102946>
- Samaranayake, C. P., Mok, J. H. Heskitt, B. F., & Sastry, S. K. (2022). Nonthermal inactivation of polyphenol oxidase in apple juice influenced by moderate electric fields: Effects of periodic on-off and constant exposure electrical treatments. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102955. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102955>
- Shamsudin, R., Noranizan, M. A., Yap, P. Y., & Mansor, A. (2014). Effect of repetitive ultraviolet irradiation on the physico-chemical properties and microbial stability of pineapple juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 23, 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.02.005>
- Shankayi, Z., Firoozabadi, S. M. P., & Mansurian, M. G. (2013). The effect of pulsed magnetic field on the molecular uptake and medium conductivity of leukemia cell. *Cell Biochemistry and Biophysics*, 65, 211–216. <https://doi.org/10.1007/s12013-012-9422-6>
- Sharma, M., & Dash, K. K. (2022). Microwave and ultrasound assisted extraction of phytochemicals from black jamun pulp: Kinetic and thermodynamics characteristics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102913. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102913>
- Sharma, N., Mitali Madhumita, S., Kumar, Y., & Prabhakar, P. K. (2023). Ultrasonic modulated rice bran protein concentrate: Induced effects on morphological, functional, rheological, and thermal characteristics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85, 103332. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103332>
- Shorstkii, I., Sosnin, M., Smetana, S., Toepfl, S., Parniakov, O., & Wiktor, A. (2022). Correlation of the cell disintegration index with Luikov's heat and mass transfer parameters for drying of pulsed electric field (PEF) pretreated plant materials. *Journal of Food Engineering*, 316, 110822. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110822>
- Schmidt, F., Graf, B., Hinrichs, J., & Kern, C. (2022). Continuous microwave-assisted extrusion for high moisture texturized foods: A feasibility study. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 78, 103020. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103020>
- Sneha K., & Kumar, A. (2022). Nanoemulsions: Techniques for the preparation and the recent advances in their food applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102914. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102914>
- Son, E., Coskun, E., Ozturk, S., Bulduk, K., Akpinar, M., Mert, B., & Erdogdu, F. (2022). Microwave decontamination process for hummus: A computational study with experimental validation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 82, 103162. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103162>
- Souza, V. R., Illera, A. E., Keener, K. M. (2022). High voltage atmospheric cold plasma technology as a food safety intervention for decontamination of cutting tools during ready-to-eat poultry meat slicing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103065. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103065>
- Sousa, V., Loureiro, L., Carvalho, G., Pereira, R. N. (2022). Extraction of biomolecules from *Coelastrella* sp. LRF1 biomass using Ohmic Heating technology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103059. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103059>
- Sulaiman, A., Soo, M. J., Farid, M., & Silva, F. V. M. (2015). Thermosonication for polyphenoloxidase inactivation in fruits: Modeling the ultrasound and thermal kinetics in pear, apple and strawberry purees at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 165, 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.06.020>
- Sulaimana, A. S., Chang, C.-K., Hou, C.-Y., Yudhistira, B., Punthi, F., Lung, C.-T., Cheng, K.-C., Santoso, S. P., & Hsieh, C.-W. (2021). Effect of oxidative stress on physicochemical quality of Taiwanese seagrass (*Caulerpa lentillifera*) with the application of alternating current electric field (ACEF) during post-harvest storage. *Processes*, 9(6), 1011. <https://doi.org/10.3390/pr9061011>
- Steinbruch, E., Wise, J., Levkov, K., Chemodanov, A., Israel, Á., Livney, Y. D., & Golberg, A. (2023). Enzymatic cell wall degradation combined with pulsed electric fields increases yields of water-soluble-protein extraction from the green marine macroalga *Ulva* sp. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103231. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103231>
- Sun, T., & Ling, F. (2021). Optimization method of microwave drying process parameters for rice. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 13(3), 10–20. <https://doi.org/10.15586/qas.v13i3.917>
- Taha, A., Casanova, F., Šimonis, P., Jonikaitė-Švėgždienė, J., Jurkūnas, M., Gomaa, M. A. E., Stirkė, A. (2022). Pulsed electric field-assisted glycation of bovine serum albumin/starch conjugates improved their emulsifying properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 82, 103190. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103190>

- Tamborrino, A., Mescia, L., Taticchi, A., Berardi, A., Lamacchia, C. M., Leone, A., Maurizio Servili, M. (2022). Continuous pulsed electric field pilot plant for olive oil extraction process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 82, 103192. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103192>
- Tang, J., Shao, S., Tian, C. (2020). Effects of the magnetic field on the freezing process of blueberry. *International Journal of Refrigeration*, 113, 288–295. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.12.022>
- Thongkong, S., Yawootti, A., Klangpetch, W., Fashakin, O. O., Tangjaidee, P., Rawdkuen, S., & Phongthai, S. (2023). A novel application of pulsed electric field as a key process for quick-cooking rice production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 90, 103494. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103494>
- Topcam, H., Coskun, E., Son, E., Kutuk, D., Aykut Aytac, S., Mert, B., Ozturk, S., & Erdogdu, F. (2023). Microwave decontamination processing of tahini and process design considerations using a computational approach. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 86, 103377. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103377>
- Towhidi, L., Firoozabadi, S., Mozdarani, H., & Miklavcic, D. (2012). Lucifer yellow uptake by CHO cells exposed to magnetic and electric pulses. *Radiology and Oncology*, 46(2), 119–125. <https://doi.org/10.2478/v10019-012-0014-2>
- Tylewicz, U., Mannozi, C., Castagnini, J. M., Genovese, J., Romani, S., Rocculi, P., & Rosa, M. D. (2022). Application of PEF- and OD-assisted drying for kiwifruit waste valorisation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 77, 102952. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102952>
- Urugo, M. M., Teka, T. A., Berihune, R. A., Teferi, S. L., Garbaba, C. A., Adebo, J. A., Woldemariam, H. W., Astatkie, T. (2023). Novel non-thermal food processing techniques and their mechanism of action in mycotoxins decontamination of foods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85, 103312. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103312>
- Viriot, M., Jean-Claude, A., Niclaude, M., Bazard, D., Flayeux, R. & Moll, M. (1980). Improvement of the bitterness of hops: Photoreactions of alpha acids. *Journal of the Institute of Brewing*, 86(1), 21–24. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1980.tb03949.x>
- Wang, L., Liu, X., Cai, R., Ge, Q., Zhao, Z., Yue, T., Yuan, Y., Gao, Z., & Wang, Z. (2022). Detoxification of Ochratoxin A by pulsed light in grape juice and evaluation of its degradation products and safety. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 78, 103024. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103024>
- Wang, S., Xie, Y., Ding, Y., Huo, Z., Li, J., Song, J., Huo, Y., Zhao, L., Zhang, J., Wang, S., Zhang, J., & Ge, W. (2023). Fibrillation of whey protein isolate by radio frequency heating for process efficiency: Assembly behavior, structural characteristics, and in-vitro digestion. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, 103436. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103436>
- Wen, C., Chen, Y., Madina, Zhang, L., Peng, Y., Rong, B., Xi, L., Jiang, S., Yu, J., Bai, J., Wei, N., Kui, L., & Ding, W. (2023). Identification and characterization of goat milk key flavor compounds and their precursors in electron beam irradiation and pasteurization on raw. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 87, 103416. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103416>
- Wiktor, A., Mandal, R., Singh, A., & Pratap Singh, A. (2019). Pulsed light treatment below a critical fluence (3.82 J/cm²) minimizes photo-degradation and browning of a model phenolic (gallic acid) solution. *Foods*, 8(9), 380. <https://doi.org/10.3390/foods8090380>
- Włodarczyk, K., Czaplicki, S., Tańska, M., & Szydlowska-Czerniak, A. (2023). Microwave pre-treatment as a promising strategy to develop functional milk alternatives obtained from oil industry by-products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, 103443. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103443>
- Wu, B., Ma, Y., Guo, X., Guo, E., Qiu, C., Gao, K., Ma, H., & Pan, Z. (2023). Catalytic infrared blanching and drying of carrot slices with different thicknesses: Effects on surface dynamic crusting and quality characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, 103444. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103444>
- Wu, P., Qu, W., Abdualrahman, M. A. Y., Guo, Y., Xu, K., & Ma, H. (2017). Study on inactivation mechanisms of *Listeria grayi* affected by pulse magnetic field via morphological structure, Ca²⁺ transmembrane transport and proteomic analysis. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(9), 2049–2057. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13483>
- Wu, X., Zhao, W., Wang, X., Bai, Z., & Ma, L. (2023). A novel variable power microwave (VPM) drying technology for lowering energy consumption and improving the in vitro protein digestibility of black soldier fly larvae. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 103470. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103470>
- Wu, Y., Qin, S., Zang, Y., Zhou, M., Chen, S., & Huang, S. (2023). Numerical study of the effects of pulsed electric field on β -casein. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 103484. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103484>
- van Wyk, S., Silva, F. V. M., Farid, M. M. (2019). Pulsed electric field treatment of red wine: Inactivation of *Brettanomyces* and potential hazard caused by metal ion dissolution. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.11.001>
- Xu, B., Feng, M., Chitrakar, B., Cheng, J., Wei, B., Wang, B., Zhou, C., & Ma, H. (2023). Multi-frequency power thermosonication treatments of clear strawberry juice: Impact on color, bioactive compounds, flavor volatiles, microbial and polyphenol oxidase inactivation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103295. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103295>
- Xue, H., Wang, W., Wu, J., Xie, K., Ge, S., & Tan, J. (2024). Ultrasound assisted aqueous two-phase extraction of polysaccharides from corn stigma: Process optimization, structure characterization, and immunomodulatory activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 91, 103531. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103531>
- Yaldagard, M., Mortazavi, S., & Tabatabaie, F. (2008). Application of ultrasonic waves as a priming technique

- for accelerating and enhancing the germination of barley seed: Optimization of method by the Taguchi approach. *Journal of the Institute of Brewing*, 114(1), 14–21. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2008.tb00300.x>
- Yamakage, K., Yamada, T., Takahashi, K., Takaki, K., Komuro, M., Sasaki, K., Aoki, H., Kamagata, J., Koide, S., & Orikasa, T. (2021). Impact of pre-treatment with pulsed electric field on drying rate and changes in spinach quality during hot air drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 68, 102615. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102615>
- Yang, Y., Shen, H., Tian, Y., You, Z., & Guo, Y. (2019). Effect of thermal pasteurization and ultraviolet treatment on the quality parameters of not-from-concentrate apple juice from different varieties. *CyTA — Journal of Food*, 17(1), 189–198. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1569725>
- Ye, L., Niu, Y., Wang, Y., Shi, Y., Liu, Y., Yu, J., Bai, J. & Luo, A. (2023). Effect of X-ray irradiation on quality, cell ultrastructure and electrical parameters of postharvest kiwifruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 89, 103483. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103483>
- Yin, H., Hao, J., Zhu, Y., Li, Y., Wang, F., & Deng, Y. (2019). Thermosonication and inactivation of viable putative non-culturable *Lactobacillus acetotolerans* in beer. *Journal of The Institute of Brewing*, 125(1), 75–82. <https://doi.org/10.1002/jib.541>
- Yang, H., Sun, M., Yan, B., Zhang, N., Zhao, J., Zhang, H., Chen, W., & Fan, D. (2023). Continuous flow microwave processing of liquid whole egg: Pasteurization and functional characteristics evaluation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 90, 103495. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103495>
- Younis, M., Ahmed, I. A. M., Ahmed, K. A., Yehia, H. M., Abdelkarim, D.O., Fickak, A., El-Abedein, A. I. Z., Alhamdan, A., & Elfeky, A. (2023). Pulsed electric field as a novel technology for fresh Barhi date shelf-life extension: Process optimization using response surface methodology. *Horticulturae*, 9(2), 155. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020155>
- Zhang, L., Yang, Z., Zhao, S., Luo, N., & Deng, Q. (2020). Effect of combined pulsed magnetic field and cold water shock treatment on the preservation of cucumbers during postharvest storage. *Food and Bioprocess Technology*, 13(4), 732–738. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02425-w>
- Zhang, M., Feng, X., Liang, Y., He, M., Geng, M., Huang, Y., Teng, F., & Li, Y. (2022). Effects of electron beam irradiation pretreatment on the structural and functional properties of okara protein. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103049. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103049>
- Zhang, S., Sun, L., Ju, H., Bao, Z., Zeng, X., & Lin, S. (2021). Research advances and application of pulsed electric field on proteins and peptides in food. *Food Research International*, 139(1), 109914. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109914>
- Zhang, X., Zhang, M., Law, C. L., Guo, Z. (2022). High-voltage electrostatic field-assisted modified atmosphere packaging for long-term storage of pakchoi and avoidance of off-flavors. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103032. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103032>
- Zhang, Y., Wang, R., Wen, Q.-H., Rahaman, A., Zeng, X.-A. (2022). Effects of pulsed electric field pretreatment on mass transfer and quality of beef during marination process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103061. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103061>
- Zhao, L., Poh, C. N., Wu, J., Zhao, X., He, Y., & Yang, H. (2022). Effects of electrolysed water combined with ultrasound on inactivation kinetics and metabolite profiles of *Escherichia coli* biofilms on food contact surface. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 102917. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102917>
- Zhou, D., Yang, G., Xu, J., Ling, B., & Wang, S. (2023). Non-thermal effect of radio frequency treatments verified by the multi-scale structure and in-vitro digestibility of sweet potato starch. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 87, 103412. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103412>
- Zhou, J., Wang, M., Barba, F. J., Zhu, Z., & Grimi, N. (2023). A combined ultrasound + membrane ultrafiltration (USN-UF) process for enhancing saccharides separation from *Spirulina* (*Arthrospira platensis*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85, 103341. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103341>
- Zhou, X., Wu, Y., Wang, Y., Zhou, X., Chen, X., Xi, J. (2022). An efficient approach for the extraction of anthocyanins from *Lycium ruthenicum* using semi-continuous liquid phase pulsed electrical discharge system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 80, 103099. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103099>
- Zhu, H., Shu, W., Xu, C., Yang, Y., Huang, K., & Ye, J. (2022). Novel electromagnetic-black-hole-based high-efficiency single-mode microwave liquid-phase food heating system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 78, 103012. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103012>
- Zhu, R., Jiang, S., Li, D., Law, C. L., Han, Y., Tao, Y., Kiani, H., & Liu, D. (2022). Dehydration of apple slices by sequential drying pretreatments and airborne ultrasound-assisted air drying: Study on mass transfer, profiles of phenolics and organic acids and PPO activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102871. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102871>
- Zhu, R., Shen, J., Law, C. L., Ma, X., Li, D., Han, Y., Kiani, H., Manickam, S., & Tao, Y. (2023). Combined calcium pretreatment and ultrasonic/microwave drying to dehydrate black chokeberry: Novel mass transfer modeling and metabolic pathways of polyphenols. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103215. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103215>
- Zuo, Y., Zhou, B., Wang, S., & Hou, L. (2022). Heating uniformity in radio frequency treated walnut kernels with different size and density. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102899. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102899>