

УДК 621.384, 664.8-664.951.7

Е. Г. Михнева, Т. В. Ковалинская, В. И. Сахно

Институт ядерных исследований НАН Украины, пр. Науки, 47, Киев, 03680

e-mail: kasatka-delfy@yandex.ru

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛЛЮСКОВ

Приведены результаты экспериментального исследования возможности использования электронного облучения для размягчения мышечной ткани морских моллюсков. Работы выполнены в секторе радиационных технологий, где проблемы облучения пищевых продуктов решаются уже более 20 лет. Получены результаты, которые свидетельствуют, что исследованная методика предоставляет возможность создания малоотходных технологий высококачественных пищевых продуктов с минимальными затратами энергии. Исследованная технология резко снижает себестоимость этих уникальных деликатесных продуктов питания и повышает их конкурентоспособность на рынке.

Ключевые слова: размягчение структуры, пенетрация, моллюски, радиационная обработка, ускоритель.

Введение

В мировом промысле гидробионтов моллюски приобретают все более заметное значение. Сокращение объемов вылова традиционных объектов, смещение акцентов потребителей в сторону низкокалорийной, высокопитательной, полезной и здоровой пищи, возросший интерес к экзотическим видам продукции, сделали рынок морепродуктов одним из самых динамично растущих, особенно в сегменте деликатесных продуктов. При этом стремление производителей увеличить объемы производства, используя «старые» технологии, привело к снижению качества, безопасности продукции, а также резкому уменьшению «полезности» для здоровья человека.

Учитывая, что питание является наиболее эффективным способом улучшения здоровья людей и увеличения продолжительности жизни, разработка технологий производства продуктов питания с выраженными функциональными и оздоровительными свойствами, является важной социальной задачей. Следует отметить, что самыми высокими способностями «полезно влиять» на здоровье людей обладают морепродукты, среди них наиболее эффективными являются моллюски. Биологическая и

пищевая ценность этого вида сырья не имеет равных по доступности и высокой степени усвоения полноценного белка (до 95%), содержанию большого количества других биологически активных компонентов, которые полностью отсутствуют в продуктах из материкового сырья [1].

Отмечено, что население стран, где моллюски в достаточном количестве входят в рацион питания, наименее подвержено заболеваниям, независимо от экологической обстановки и внешних факторов. Однако, распространение моллюсков ограничено прибрежными территориями Мирового океана и морей. Материковые области Земли практически не потребляют эти ценные высококачественные лечено-профилактические продукты из-за проблем их доставки от места вылова до потребителей. Эти виды гидробионтов принадлежат к числу наиболее подверженных порче при хранении. А применение традиционных технологий (тепловых, химических, физических) неизбежно сопровождается потерей большей части полезного комплекса биологически активных веществ, что существенно снижается эффективность употребления этих продуктов.

Цель работы: поиски путей использования электрофизики для решения актуальных технологических проблем переработки гидробионтов в деликатесные продукты питания.

Была поставлена задача исследовать возможность применения электрофизической обработки для сохранения и переноса питательных веществ моллюсков в неизменном виде в организм человека, увеличения сроков хранения готовых продуктов до 3 – 4 месяцев и более, исключая использование синтетических консервантов, антибиотиков, антиокислителей и стабилизаторов, что традиционными технологиями решить практически невозможно.

Выбор и обоснование пути решения проблемы.

Из результатов анализа предыдущего опыта и особенностей существующих технологий переработки моллюсков, был выбран путь использования электронов с энергией 4 МэВ, взаимодействие которых с органическими системами сопровождается многочисленными полезными эффектами. Этот путь обещает значительные технологические преимущества, такие как возможность плавно регулировать и оперативно оптимизировать интенсивность технологического процесса, способность избирательного воздействия энергии излучения на различные компоненты обрабатываемого продукта. Эти полезные свойства электрофизических технологий создают предпосылки эффективной замены ими обычных (и более дорогостоящих) методов переработки моллюсков.

Предыдущие исследования в ИЯИ [2] доказали, что процессы с использованием потока ускоренных электронов относятся к числу наиболее энергоэффективных и поэтому привлекательны для промышленного использования. Например, было показано, что модификация структур сложных биомолекул под воздействием электронов происходит при существенно более низких затратах энергии, нежели под воздействием традиционных химических

реагентов и позволяют создавать органические соединения с уникальными свойствами, недоступные иным технологиям.

Это дало объективное основание исследовать технологическую эффективность электронной обработки для деструкции нежелательных соединений в составе моллюсков и создание на их основе новых технологий производства продуктов питания без дополнительных химических добавок или механической обработки.

Методы исследований

Электронная обработка осуществлялась на экспериментальной базе ИЯИ НАН Украины (рис. 1.) [3].



Рис.1. – Универсальная экспериментальная установка ИЯИ НАН Украины для исследований и разработки пиковолновых технологий (Освещена реакционная камера, где осуществляется воздействие электронов на материал).

Источником излучения является ускоритель электронов с энергией 4 МэВ, соответствующей середине энергетического диапазона, рекомендованного руководящими документами ВОЗ/ФАО/МАГАТЕ [4]

Для обработки пищевых продуктов на базе установки была создана технологическая линия облучения пищевых продуктов. Её схема приведена на рис. 2.

Воздействие электронов на обрабатываемый продукт происходит в изолированном боксе (1), где располагается

ускоритель и его вспомогательное оборудование. Подача образцов под электронную обработку осуществляется многофункциональным операционным конвейером (2). Конвейер устроен таким образом, что обеспечивает за один проход обработку продукции с обеих сторон. Это обеспечивает высокую эффективность передачи энергии электронов во внутрь продукции и производительность установки.

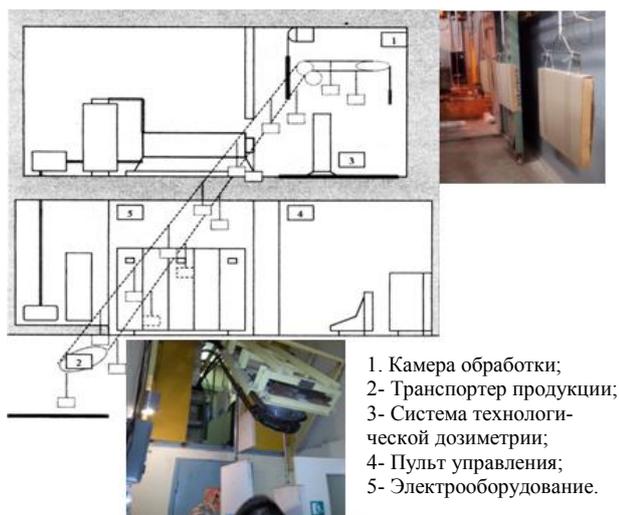


Рис.2. Схема технологической линии электронной обработки пищевых продуктов

Необходимая точность отпускания дозы электронного облучения обеспечивается стабилизацией потока электронов на всем протяжении обработки, регулировкой и стабилизацией скорости перемещения материала через реакционную камеру установки. Кроме того, параметры поля облучения контролируются специальной системой технологической дозиметрии (3), включающей различные электронные устройства и химические датчики-свидетели поглощенной дозы.

Технические характеристики этой линии электронной обработки приведены в таблице 1.

В исследованиях использовалась технология облучения, отработанная ранее на других видах рыбной продукции [5].

Технологический процесс состоит в следующем: подготовленные образцы

помещаются в специальные транспортные планшеты (рис. 3), навешиваются на конвейер технологической линии, транспортируются конвейером в реакционную камеру и, после обработки, возвращаются обратно на загрузочную площадку конвейера.

Таблица 1.
Технические характеристики
опытной линии

Производительность	7500 т/год ($D = 2,5$ кГр)
Ресурс	5000 ч/год
Срок службы	не менее 10 лет
Стоимость эксплуатации	250 €/час
Габариты упаковок	80см x 60см
Вес одной упаковки	до 10 кг
Персонал	2 чел./смену
Потребление электроэнергии	до 80 кВт/час
Потребление воды	2-4 м ³ /час
Питание	3-х фазная сеть переменного тока 380В/50Гц



Рис.3. Исследуемые образцы, в герметичных упаковках, в транспортных планшетах.

Выбор и обоснование режимов электронной обработки

При выборе оптимального режима электронной обработки, в первую очередь диапазона поглощенных доз, учитывалась необходимость обеспечить, (как минимум)

пастеризацию продукции в целях ее долговременной защиты от микробной порчи. Задачей «максимум» являлась деструкция (размягчение) жестких коллагеновых волокон мышечной ткани моллюсков.

Предыдущий опыт использования электронной обработки гидробионтов (иногда применяют термин – пиковолновой обработки) позволяет определить начальную границу поглощенной дозы – количества поглощенной энергии электронов для решения задачи минимума.

В работе [6] выполненной ранее на этой установке, было показано, что стабильные показатели количественного содержания микрофлоры в продукте при хранении даже при положительных температурах достигается уже при поглощенной дозе 2 кГр (рис. 4).

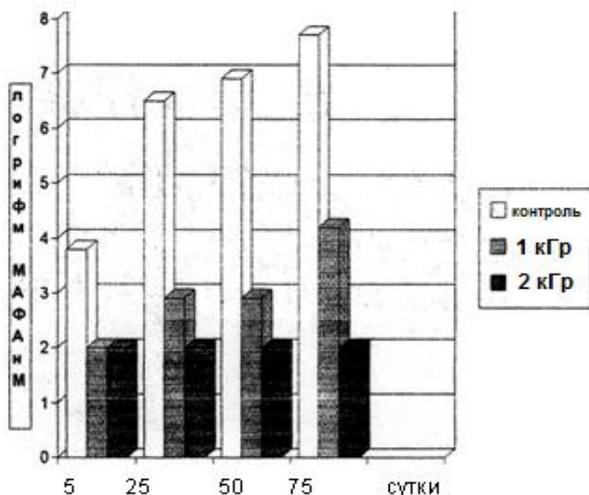


Рис.4. Динамика роста микроорганизмов в процессе хранения (+5°C) при разных дозах электронной обработки.

Верхняя граница поглощенной дозы ограничена нежелательными изменениями вкусовых показателей продукта и предельным уровнем дозы, разрешенной международными регулирующими документами. Нами был выбран предел верхнего уровня поглощенной дозы 40 кГр.

В этом диапазоне предстояло определить оптимальную величину поглощенной дозы, которая будет достаточна для достижения поставленной

задачи – получения нужных структурно-механических показателей продукта, но минимальной с точки зрения приемлемости этого процесса по органолептическим характеристикам и экономическим соображениям. Как следует из табл.1, увеличение дозы приводит к повышению стоимости обработки, так как потребует увеличения реального времени работы технологической линии. Потому методика исследований была построена на принципах последовательного повышения поглощенной дозы, до момента достижения необходимых свойств мышечной ткани обрабатываемых моллюсков. В качестве характеризующего параметра был выбран показатель пенетрации. Специально для данных исследований был создан прибор для экспресс-контроля данного показателя и динамики его изменения (рис. 5).

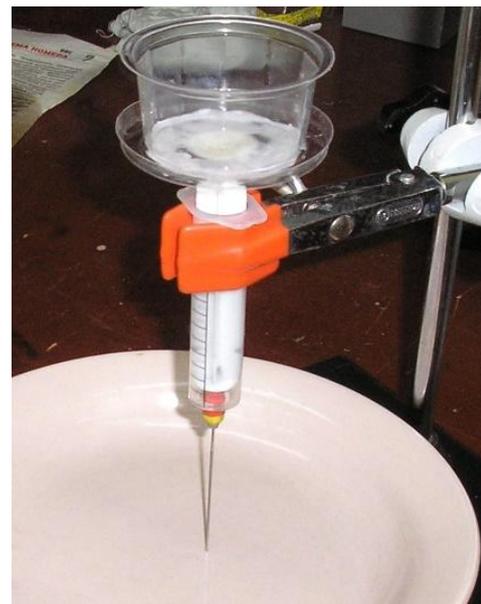


Рис.5. Прибор для экспресс-контроля показателя пенетрации облученных продуктов

Это позволило проводить исследования показателя пенетрации «on-line», более оперативно и более точно, так как исключалось влияние на характеристики обработанных моллюсков различных внешних факторов, неизбежных при транспортировках и длительных лабораторных исследованиях.

Результаты исследований и их обсуждение

Был проведен цикл экспериментов по оценке влияния электронного облучения на структурно-механические характеристики мышечной ткани моллюсков. В качестве объектов исследования использовали мясо моллюсков: *Rapanathomasiana*, *Loligovulgaris* и *Octopusvulgaris* (baby) и пресервы на их основе. В качестве основной технологии выбрана технология пресервов, которая принадлежит к разряду биотехнологических процессов и в наименьшей мере искажают комплекс биологически ценных веществ, свойственных этому виду гидробионтов. В этой технологии пищевая готовность продуктов наступает в результате протеолитической активности ферментов.

Пресервы – особый вид продукции в герметичной упаковке, полностью готовый к употреблению в пищу, в котором исключается обработка высокими температурами за счет чего полностью сохраняется биологическая активность, пищевая и энергетическая ценность нативных компонентов сырья.

В ИЯД имеется большой опыт пиковолновой пастеризации пресервов из гидробионтов иного типа, использование которого создало надежные предпосылки успешного решения поставленной задачи. В качестве сенсibilизаторов испытывались различные добавки исключительно природного происхождения.

Подготовленные пресервы из мяса моллюсков (рис. 6) с различными составами сенсibilизаторов помещали в планшеты, подвешивали на конвейерной линии радиационной обработки и последовательно обрабатывали потоком быстрых электронов различной дозы.

Динамика изменения показателя пенетрации от величины поглощенной энергии электронов отображена в виде диаграммы на рис. 8.

С помощью созданного прибора производились экспресс замеры степени изменения консистенции мышечной ткани моллюсков (рис. 7).



Рис.6. Процесс подготовки образцов к электронной обработке в препаровочном помещении установки.

Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики [12], их достоверность устанавливали с помощью критерия Стьюдента (t-критерий) при доверительной вероятности $\geq 0,95$ и количестве параллельных определений не менее 5. Для обработки полученных результатов и построения графических зависимостей использовали – Microsoft Office Excel 2013.



Рис.7. Экспресс анализ результатов пиковолновой обработки

Для продукции из моллюсков приемлемым является показатель пенетрации на уровне 2,9–4,4, отмеченный на диаграмме горизонтальными границами. Из приведенной диаграммы видно, что при дозе 40,0 кГр наблюдается сильное размягчение плотных тканей моллюсков, существенно зависящее также и от состава сенсibilизирующих добавок.

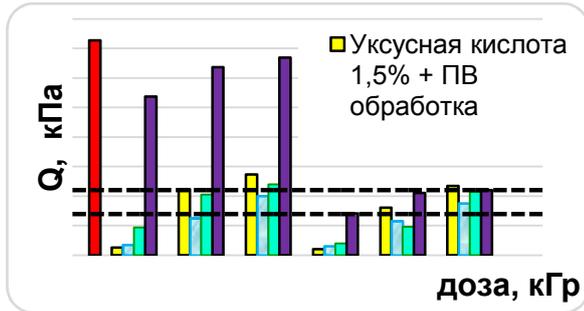


Рис.8. Зависимость показателя пенетрации от дозы пиковолновой обработки пресервов из моллюсков, в том числе с различными добавками.

Следовательно, предложенный метод производства продукции с использованием электронной обработки обеспечивает достижение цели, поставленной в данной работе. Обращает на себя внимание, что:

– электроны 4 МэВ обеспечивают выраженный эффект деструкции мышечных тканей даже без использования химических реагентов и могут быть использованы как основной технологический фактор при производстве пресервов из данного вида сырья. Но небольшие массовые объемы уксусной кислоты и поваренной соли существенно повышают эффективность деструкции и могут быть применены как sensibilizatory для снижения технологических доз;

– исследования химических показателей данного пиковолнового процесса свидетельствуют об отсутствии заметных побочных продуктов данной

технологии и не вызывают вопросов с точки зрения гигиены питания;

– использование электронной обработки является пока что наиболее экономичным путем достижения поставленных технологических задач.

Подученные продукты получили высокую органолептическую оценку и за своими химическими и физико-механическими показателями отвечают требованиям высококачественных продуктов питания из морских моллюсков.

Обсуждение результатов

1. Экспериментально доказана эффективность стимулирования мегавольтными электронами процессов деструкции и размягчения мускульных волокон моллюсков.
2. Получены экспериментальные данные этих эффектов на разных видах моллюсков.
3. Показано, что использование оптимальных доз электронной обработки рапаны, осьминога, кальмаров способствует уменьшению плотности их тканей, улучшению органолептических показателей и безопасности продукции.
4. Доказана эффективность применения некоторых природных добавок в качестве sensibilizatorov процесса и, одновременно, формирующих высокие вкусовые показатели продукта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кизеветтер И. В. Биохимия сырья водного происхождения / И. В. Кизеветтер. – М.: Пищ. промышленность, 1976. – 2-е изд., перераб. и доп. – 350 с.
2. Sakhno V. I. Fish products processing / V. I. Sakhno. – Institute of Nuclear Research, Accelerator.: Vienna, Austria, 1994. – Dec. – V. 1. – № 4. – P. 15.
3. Сахно В. И. Электрофизический комплекс ИЯИ НАН Украины для облучения пищевых продуктов / В. И. Сахно // Сборник докладов 11-го международного совещания по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине, С.-Петербург. – 2005. – С. 403–406.
4. Codex Alimentarius (CAC/Vol, XV – Ed. I) / Rome: FAO/WHO. – 1984. – 48 с.

5. Сахно В. І. Використання електрофізичних методів та установок в переробці морепродуктів /В. І. Сахно // Наукові праці ІЕФ-96 : тези доповідей. – Ужгород, 1996.– С. 66.
6. Сахно В. І. Технология низкотемпературной пастеризации пресервов / В. И. Сахно, Б. Л. Нехамкин, В. В. Голенкова // Новые направления в области традиционных технологий переработки рыбы: сб. науч. трудов. – Изд.-во АтлНИРО, Калининград, 1996. – С. 116.

Стаття надійшла до редакції 30.06.2015.

E.G. Mikhneva, T.V. Kovalinskaya, V.I. Sakhno

Institute of nuclear researches of NAS of Ukraine, Prospekt Nauky, 47, Kyiv, 03680

e-mail: kasatka-delfy@yandex.ru

ELECTROPHYSICAL TECHNOLOGIES OF MOLLUSCKS PROCESSING

The Effects of experimental research of possibility of an electronic irradiation for emolliating of muscular fabric of sea mollusks are here presented. The Operations were carried out in the radiative technologies sphere solving the problems of an irradiation of foodstuff already throughout more than 20 years. The Results witness that the procedure explored gives way to create small-waste technologies for high-quality foodstuff production with minimal energy consumption. The explored technology sharply reduces the costs of this unique delicious foodstuff and raises its market competitiveness.

Key words: softening of the structure, penetration, molluscks, radiation processing, accelerator.

Є. Г. Міхнєва, Т. В. Ковалінська, В. І. Сахно

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, пр. Науки, 47, Київ, 03680

ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ МОЛЮСКІВ

Наведено результати експериментального дослідження можливості використання електронного опромінення для розм'якшення м'язової тканини морських молюсків. Роботи виконані в секторі радіаційних технологій, де проблеми опромінення харчових продуктів вирішуються вже понад 20 років. Отримано результати, які свідчать, що досліджена методика надає можливість створення маловідходних технологій високоякісних харчових продуктів з мінімальними витратами енергії. Досліджена технологія різко знижує собівартість цих унікальних делікатесних продуктів харчування і підвищує їх конкурентоспроможність на ринку.

Ключові слова: розм'якшення структури, пенетрація, молюски, радіаційна обробка, прискорювач.