



Бошкова И. Л. Применение микроволнового метода обработки растительных материалов в различных технологиях : монография / Бошкова Ирина Леонидовна, Волгушева Наталья Викторовна ; Одес. нац. акад. пищевых технологий. – Одесса : Бондаренко М.А., 2017. – 224 с. : табл., рис. – Библиогр.: с. 194-213. – ISBN 978-617-7424-84-9.

Приведены результаты работ по исследованию тепловых эффектов взаимодействия микроволнового поля с растительными материалами. Анализируются возможности математического представления процесса преобразования энергии

микроволнового поля в тепловую, представлены результаты оценки энергетической эффективности теплового эффекта взаимодействия диэлектрических материалов с микроволновым полем. Обсуждаются результаты исследований влияния микроволнового поля на растительные материалы в различных технологических процессах: биостимуляции, экстрагирования, подготовки субстратов для дереворазрушающих грибов, сушки зерновых. Приводится оценка оптимальных режимных параметров обработки растительных материалов. Представлены сведения о микроволновых устройствах, разработанных для термообработки растительного сырья в различных технологиях.

ВВЕДЕНИЕ

Термообработка материалов растительного происхождения является определяющей для большинства технологических процессов, в частности, сушки, экстрагирования и биостимуляции. Несмотря на свое разнообразие, растительные материалы имеют общую специфику, которая состоит в строении растительных клеток, анизотропии и наличия веществ со свойствами полярных диэлектриков. Энергетический кризис и увеличение спроса на продукцию улучшенного качества вызвали необходимость совершенствования традиционных технологий и развития новых. В этом

направлении методы с использованием энергии микроволнового электромагнитного поля (МВ ЭМП) диэлектрических материалов давно зарекомендовали себя как высокоэффективные, применение которых признано целесообразным для модернизации ряда технологических схем производства и обработки материалов. В настоящее время признаны перспективными микроволновые технологии сушки, большой вклад в развитие которых внесен Г. Фенгом (Feng, H.J.), М. Региром (Regier M.), Дж. Тангом (J. Tang), А. Хагхи (Haghi A.), Станкевичем Г.Н., Бурдо О.Г., Календерьян В.О.; технологии производства керамики, разработка которых осуществлялась на основе данных, приведенных в работах Р. Лукаса (Lukas R.), Рыбакова К.И., Козлова П.В.; экстрагирование в условиях действия микроволнового поля, изучаемое во всех передовых странах мира, теория и практика которого изложены, в частности, в монографии Ф. Чемата (Farid Chemat); микроволновая стерилизация, принципы которой изложены в работах Харлфингера Л. (Harlfinger L.) и Редькина С.В., биостимуляция семян, наиболее полно исследованная научными группами Калинина Л.Г. и Нельсона С. (Nelson S.).

Фундаментальные работы Е. Окреса (E. Ocressa), И.В. Лебедева, С.В. Некрутмана, Г.Пюшнера, С.В. Рогова свидетельствуют о рациональности замены в ряде случаев традиционных технологических схем термообработки на схемы, включающие микроволновой нагрев, что позволяет получить положительный эффект по ряду показателей (продолжительность процесса, энергетическая эффективность, экологичность, получение конечного продукта с улучшенными или уникальными свойствами). В то же время следует констатировать, что в настоящее время промышленное микроволновое оборудование не нашло широкого применения. Существенными сдерживающими факторами является недостаточная полнота теоретических и экспериментальных исследований, что не позволяет определять совокупность эффектов, возникающих в материале под действием микроволнового поля, соответственно, неполнота представлений физических процессов взаимодействия микроволнового электромагнитного поля с неоднородными диэлектрическими материалами, вследствие чего осложнено составление адекватных и корректных математических моделей, прогнозирование изменений физических величин при переходе к системам другого масштаба. Неполнота знаний о механизмах интенсификации явлений переноса теплоты и массы в растительных материалах и факторах возникновения этих явлений не позволяет получать стойкие результаты при микроволновой обработке и разрабатывать эффективные микроволновые технологии. Обобщая вышеизложенное, можно утверждать, что исследование процессов взаимодействия микроволнового электромагнитного поля с материалами растительного происхождения, физическое и математическое моделирование и определение условий интенсификации процессов переноса теплоты и массы в растительных материалах, являются актуальными в современных

условиях развития эффективных по производительности и энергетически целесообразных технологий.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	8
РАЗДЕЛ 1. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПРОЦЕССАХ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ.....	10
1.1. Практическое применение микроволнового электромагнитного поля в процессах обработки материалов.....	10
1.1.1. Современные микроволновые технологии.....	10
1.1.2. Использование микроволнового метода для извлечения биологически активных веществ фармацевтического, медицинского и пестицидного действия.....	12
1.2. Особенности преобразования энергии микроволнового поля во внутреннюю энергию тела.....	15
1.3. Диэлектрическая проницаемость и фактор диэлектрических потерь...	17
1.4. Влияние теплопроводности на равномерность микроволновой обработки материалов.....	20
1.5. Оценка равномерности распределения напряженности электрического поля по объему обрабатываемого материала.....	20
1.6. Особенности конструирования микроволновых устройств.....	23
РАЗДЕЛ 2. ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С МАТЕРИАЛОМ.....	29
2.1. Энергетическая эффективность теплового эффекта взаимодействия диэлектрических материалов с микроволновым полем.....	29
2.3. Измерения и анализ диэлектрических характеристик растительных материалов.....	43
РАЗДЕЛ 3. МИКРОВОЛНОВАЯ ОБРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ОСНОВА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	52
3.1. Области исследования микроволнового нагрева растительного материала.....	52
3.2. Изучение эффектов влияния микроволнового электромагнитного поля на свойства семян.....	61
3.2.1. Действие микроволнового электромагнитного поля на семена.....	61
3.2.2. Исследования семян в состоянии покоя и в период роста растений.....	62
3.2.3. Анализ гипотез механизма возникновения эффекта	

биостимуляции.....	67
3.2.4. Изучение транспортных свойств растительной ткани.....	69
3.2.4.1. Оценка транспортных свойств растительной ткани по степени экссудации сахаров.....	69
3.2.4.2. Проверка характеристик транспортных свойств по проводимости ткани ножек грибов.....	70
3.2.4.3. Исследование активности фермента α -амилазы.....	71
3.2.4.4. Теоретические представления эффекта биостимуляции семян.....	73
3.3. Термообработка в микроволновом поле растительного материала как основы субстрата для дереворазрушающих грибов (на примере вешенки).....	80
3.4. Изучение экстрагирования биологически активных веществ из растительных материалов в условиях действия микроволнового электромагнитного поля.....	90
3.4.1. Задачи исследования процессов экстрагирования при применении микроволнового поля.....	90
3.4.2. Оценка эффективности применения микроволнового поля при экстрагировании подсолнечного масла.....	92
3.4.3. Оценка эффективности действия экстрактов с качествами естественных пестицидов.....	95
3.4.4. Анализ математических моделей процесса экстракции в микроволновом поле.....	104
3.5. Сравнительная оценка оптимальных режимных параметров обработки растительных материалов.....	106
РАЗДЕЛ 4. СУШКА ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОВОЛОВОГО ЭЛЕКТРОМАГИТОВОГО ПОЛЯ.....	109
4.1. Экспериментальная установка для исследования микроволново-конвективной сушки плотного неподвижного слоя дисперсного материала.....	109
4.2. Кинетика сушки зерновых материалов в микроволновом поле.....	110
4.3. Динамика сушки плотного слоя зерновых материалов при микроволновом нагреве.....	114
4.4. Исследование сушки зерна при микроволновом (пульсирующем и непрерывном), конвективном и микроволново-конвективном (циклическом и одновременном) подводе энергии.....	117
4.4.1. Цель и задачи исследования.....	117
4.4.2. Результаты экспериментальных исследований сушки зерна при пульсирующем и непрерывном МВ подводе энергии.....	118
4.4.3. Результаты экспериментальных исследований сушки зерна при МВ-конвективном циклическом подводе энергии.....	127
4.4.4. Результаты экспериментальных исследований сушки зерна при одновременном конвективном и микроволновом подводе энергии.....	143
4.4.5. Результаты исследований конвективной сушки зерна.....	149

4.4.6. Сравнение основных характеристик процессов сушки при различных способах подвода энергии.....	154
РАЗДЕЛ 5. РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ МИКРОВОЛНОВЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ.....	159
5.1. Основные сложности изготовления микроволновых установок.....	159
5.2. Разработка рупорного излучателя микроволновой энергии.....	160
5.3. Конструктивные исполнения микроволновых устройств.....	164
5.3.1. Установки для термообработки растительного материала.....	164
5.3.2. Установки для микроволново-конвективной сушки дисперсных материалов в плотном движущемся слое.....	170
5.3.3. Расчет тепловых характеристик установки для микроволново-конвективной сушки зерновых культур в движущемся плотном слое.....	176
5.3.4. Микроволновой экстрактор для извлечения биологически активных веществ.....	187
5.3.5. Микроволновая установка для биостимуляции семян.....	189
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	192
СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	194
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	214
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН И ОНТОГЕНЕЗ РАСТЕНИЙ	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	219
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ ОБРАЗЦОВ ЗЕРНА НА ПЕРЕВАРИВАЕМОСТЬ БЕЛКОВ	