

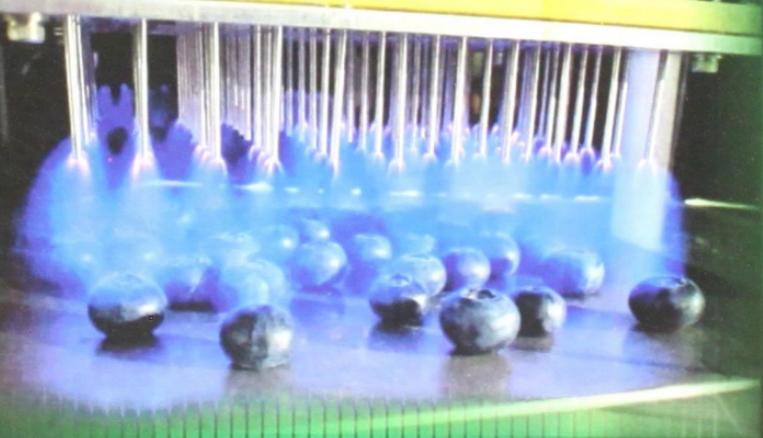
НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

И.А. Шорсткий

22-1832

ИННОВАЦИОННЫЕ  
ПРОЦЕССЫ  
В ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

22-0832



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный технологический университет»

И. А. Шорсткий

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Краснодар  
2021

УДК 664:001.12/18(07)

ББК 36-1я7

Ш 796

**Рецензенты:**

**С.А. Калманович** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой технологии жизни, косметики, товароведения, процессов и аппаратов ФГБОУ ВО

«Кубанский государственный технологический университет»;

**С.В. Шахов** – д-р техн. наук, проф., начальник центра поддержки технологий и инноваций ФГБОУ ВО «Воронежский

государственный университет инженерных технологий»;

**Н.Ю. Курченко** – канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет».

Ш 796 **Шорсткий, И.А.**

Инновационные процессы в пищевой промышленности : учеб. пособие / И.А. Шорсткий. – Краснодар : ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2021. – 179 с.

ISBN 978-5-8333-1069-4

В учебном пособии рассматриваются инновационные процессы пищевой промышленности, направленные на применение в аппаратурно-технологических системах предприятий, включающие в себя обработку импульсным электрическим полем, низкотемпературной плазмой, диэлектрический и омический нагрев. Целью учебного пособия является раскрытие теоретических основ, а также обобщение результатов прикладного характера, достигнутых в этих новых областях исследований. Структура построения глав пособия предопределяет не только усвоение известных методов электротехнологий, но и представляет широкий спектр проблемных вопросов для самостоятельной научно-исследовательской и практической деятельности обучающихся. Книга в значительной степени посвящена применению новых и новаторских технологий, которые могут быть использованы в пищевых процессах.

Учебное пособие рекомендовано для студентов направлений подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование и 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья, а также будет полезно преподавателям, научным работникам и инженерно-техническому составу предприятий.

ББК 36-1я7

УДК 664:001.12/18(07)

ISBN 978-5-8333-1069-4

© ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2021

© Шорсткий И.А., 2021

© Оформление ООО «Издательский Дом – Юг», 2021

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Общие вопросы развития инновационных технологий пищевых производств .....</b>	<b>9</b>
1.1 Основные задачи инновационных технологий пищевых производств .....	9
1.1.1 Безопасность пищевых продуктов .....	9
1.1.2 Сохранность пищевых продуктов .....	11
1.2 Инновационные технологии с минимальным влиянием на перерабатываемый объект .....	12
1.2.1 «Нетепловые» процессы обработки .....	12
1.2.2 Важность электрофизических технологий с минимальным воздействием на перерабатываемый объект .....	13
1.2.3 Направление развития инновационных технологий .....	17
Контрольные вопросы .....	20
Задание к главе 1 .....	20
<b>2. Обработка импульсным электрическим полем в инновационных технологиях пищевых производств ....</b>	<b>21</b>
2.1 Способы разрушения мембран растительных клеток в пищевых процессах .....	24
2.2 История развития обработки импульсными электрическими полями .....	27
2.3 Феномен процесса электропорации .....	29
2.4 Технология обработки импульсным электрическим полем (ИЭП) .....	36
2.4.1 Основные параметры обработки ИЭП .....	36
2.4.2 Параметры обрабатываемого объекта .....	40
2.4.2.1 Электропроводность .....	40
2.4.2.2 Однородность среды .....	42
2.5 Оборудование для реализации технологии обработки импульсным электрическим полем (ИЭП) .....	42

<b>2.5.1 Источники импульсов</b>	
на основе генератора Маркса .....	44
2.5.1.1 Генератор EPULSUS®-PM1-10 .....	44
2.5.1.2 Генераторы фирмы Elea .....	45
2.5.1.3 Генераторы ScandiNova – PG200 .....	46
<b>2.5.2 Электродные узлы. Варианты исполнения .....</b>	<b>47</b>
<b>2.6 Обеспечение мер безопасности при эксплуатации</b>	
высоковольтных установок .....	50
<b>2.7 Практическое использование обработки импульсным</b>	
электрическим полем в пищевых технологиях .....	51
2.7.1 Интеграция импульсной техники	
в процессы сушки .....	51
2.7.2 Интеграция импульсной техники	
в процессы экстракции .....	53
2.7.3 Интеграция импульсной техники	
в процессы пастеризации .....	55
2.7.4 Интеграция импульсной техники	
в процесс производства картофеля фри .....	58
Контрольные вопросы .....	59
Задание к главе 2 .....	60
<b>3. Обработка низкотемпературной плазмой</b>	
<b>в инновационных технологиях пищевых производств ....</b>	<b>61</b>
3.1 Определение понятия низкотемпературной плазмы .....	61
3.2 История развития обработки	
низкотемпературной плазмой .....	64
3.3 Применение низкотемпературной плазмы	
в пищевых технологиях .....	66
3.4 Феномен процесса разрушения микробных клеток .....	69
3.5 Инженерные аспекты применения	
низкотемпературной плазмы .....	72
3.5.1 Фундаментальные положения .....	72
3.5.2 Состояние плазмы .....	73
3.5.3 Уравнения Максвелла .....	80
3.5.4 Кинетическая теория	
низкотемпературной плазмы .....	85
3.5.5 Основные параметры обработки	
низкотемпературной плазмы .....	89

3.6 Режимы разряда низкотемпературной плазмы .....	90
3.6.1 Микроплазменный разряд .....	92
3.6.2 Коронный разряд .....	93
3.6.3 Тлеющий разряд .....	94
3.6.4 Диэлектрический барьерный разряд .....	95
3.7 Оборудование для реализации технологии обработки низкотемпературной плазмой .....	96
3.7.1 Плазмотроны низкотемпературной плазмы .....	96
3.7.1.1 Плазмотроны низкотемпературной плазмы атмосферного давления .....	97
3.7.1.2 Плазмотроны низкотемпературной плазмы низкого давления .....	102
3.7.2 Генерация микроплазменного разряда .....	106
3.8 Электродные узлы. Варианты исполнения .....	110
3.8.1 Конфигурация диэлектрического барьерного разряда .....	111
3.8.2 Конфигурация микроплазменной струи .....	112
3.8.3 Конфигурация коронного разряда .....	112
3.8.4 Конфигурация радиочастотной плазмы .....	113
3.8.5 Конфигурация СВЧ-плазмы .....	113
3.8.6 Выбор электродной конфигурации .....	114
3.9 Практическое использование обработки низкотемпературной плазмы в пищевых технологиях .....	115
3.9.1 Низкотемпературная плазма в процессах дезинфекции и инактивации .....	115
3.9.2 Низкотемпературная плазма в процессах сушки .....	122
3.9.3 Низкотемпературная плазма в процессах дезинтеграции клеточной структуры .....	125
Контрольные вопросы .....	128
Задание к главе 3 .....	129
<b>4. Диэлектрический, омический и инфракрасный нагрев в инновационных технологиях пищевых производств .....</b>	<b>130</b>
4.1 Диэлектрический нагрев .....	132
4.1.1 Фундаментальные положения .....	132

4.1.2	Оборудование для реализации технологии диэлектрического нагрева .....	140
4.1.3	Практическое использование диэлектрического нагрева в пищевых технологиях .....	149
4.1.4	Воздействие микроволнового излучения на микроорганизмы .....	157
4.2	Омический нагрев .....	158
4.2.1	Фундаментальные положения .....	161
4.2.2	Практическое использование омического нагрева в пищевых технологиях .....	165
4.3	Инфракрасный нагрев .....	170
4.3.1	Фундаментальные положения .....	170
4.3.2	Практическое использование инфракрасного нагрева в пище .....	172
	Контрольные вопросы .....	172
	Задание к главе 4 .....	173
	<b>Заключение .....</b>	174
	<b>Литература .....</b>	175
	<b>Приложение А</b>	
	Алгоритм определения основных параметров обработки ИЭП .....	177
	<b>Приложение Б</b>	
	Физические свойства пищевых материалов .....	178