

064 04
N 32

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В честь Союза России и Беларуси

МАШИНЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебник

В 3-х книгах

Книга 2

Том 2

Под редакцией академика РАСХН В.А. Панфилова,
профессора В.Я. Груданова

*Утверждено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебника для студентов специальности
«Машины и аппараты пищевых производств» учреждений, обеспечивающих
получение высшего образования*

*Допущено Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов
«Пищевая инженерия»*

Учреждение образования

ст

И

Минск
2008

УДК 664(07)
ББК 36.81 я7
МЗ8

Авторы:

*С.Т. Антипов, В.Я. Груданов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков,
В.А. Панфилов, О.А. Ураков, В.А. Шаршунюв*

Рецензенты:

кафедра машин и аппаратов пищевых производств Кубанского государственного технологического университета (зав. каф., д-р техн. наук, проф. *Е.И. Кошевой*); кафедра техники мясных и молочных производств Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (заслуженный деятель науки и техники РФ, д-р техн. наук, проф. *Л.К. Николаев*); научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (зам. ген. дир., канд. техн. наук, доц. *О.Л. Сороко*); научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства (зав. лаб., д-р техн. наук, проф. *Л.Я. Стенук*)

Машины и аппараты пищевых производств : учебник для вузов : в 3 кн.: Кн. 2. Т.2 / МЗ8 С.Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова, проф. В.Я. Груданова. — Минск: БГАТУ, 2008. — 591 с.
ISBN 978-985-6770-90-9 (Кн.2, т.2)
ISBN 978-985-6770-49-7

В учебнике обобщены сведения о состоянии и перспективе технического обеспечения пищевых и перерабатывающих производств. Изложены научные основы реализуемых процессов и инженерные расчеты важнейших характеристик машин и аппаратов. Описано оборудование для ведения механических, гидромеханических, тепло- массообменных и биотехнологических процессов, а также для дозирования и упаковывания пищевых продуктов.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Пищевая инженерия» и «Пищевая промышленность».

**УДК 664(07)
ББК 36.81 я7**

ISBN 978-985-6770-90-9 (Кн. 2, т. 2)
ISBN 978-985-6770-49-7

© С.Т. Антипов, 2008
© БГАТУ, 2008

*Учебник посвящается Союзу России и Беларуси.
Написан учеными Белорусского государственного аграрного
технического университета (проф. В.Я. Груданов), Могилевского
государственного университета продовольствия (проф. В.А.
Шаришнов), Московского государственного университета
пищевых производств (акад. В.А. Папфилов, проф. О.А. Ураков) и
Воронежской государственной технологической академии (проф.
С.Т. Антипов, проф. А.Н. Остриков, проф. И.Т. Кретов).*

О Г Л А В Л Е Н И Е

Часть II МАШИНЫ И АППАРАТЫ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Раздел Б	ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	
Глава 16	Аппараты для темперирования, повышения концентрации и экструдирования пищевых сред	7
16.1	Научное обеспечение процессов темперирования, повышения концентрации и экструдирования пищевых сред	8
16.2	Классификация оборудования	11
16.3	Аппараты для нагревания, уваривания и варки пищевых сред	14
16.4	Выпарные аппараты и установки	27
16.5	Разриватели крахмалосодержащего сырья	42
16.6	Заторные и суловарочные аппараты	51
16.7	Ошпариватели и бланширователи для фруктов и овощей	59
16.8	Автоклавы, пастеризаторы и стерилизаторы	66
16.9	Экструдеры	80
16.10	Техника будущего: новые технические решения технологических задач	87
	<i>Контрольные вопросы</i>	95
	<i>Упражнения</i>	95
Глава 17	Аппараты для сушки пищевых сред	97
17.1	Научное обеспечение процесса сушки	97
17.2	Классификация оборудования	100
17.3	Шахтные и рециркуляционные зерносушилки	101
17.4	Барабанные сушильные агрегаты	108
17.5	Конвейерные сушилки	113
17.6	Агрегаты с кипящим и виброкипящим слоями	120
17.7	Распылительные сушилки	124
17.8	Вакуум-сублимационные сушилки	129
17.9	Микроволновые сушильные установки	136
17.10	Техника будущего: новые технические решения технологических задач	139
	<i>Контрольные вопросы</i>	149
	<i>Упражнения</i>	150
Глава 18	Оборудование для ведения процессов выпечки и обжарки пищевых сред	151
18.1	Научное обеспечение процессов выпечки и обжарки пищевых сред	151
18.2	Классификация оборудования	153
18.3	Печи с канальным обогревом	157
18.4	Печи с комбинированной системой обогрева	164
18.5	Туннельные печи с канальным рециркуляционным обогревом	168
18.6	Печи с электрообогревом	171
18.7	Оборудование для шпарки и опаливания	175
18.8	Обжарочные аппараты, печи для запекания и жаровни	185
18.9	СВЧ-установки для обработки сырья и полуфабрикатов	201

18.10. Техника будущего: новые технические решения технологических задач	205
<i>Контрольные вопросы</i>	215
<i>Упражнения</i>	216
Глава 19 Аппараты для охлаждения и замораживания пищевых сред	217
19.1 Научное обеспечение процессов охлаждения и замораживания пищевых сред	217
19.2 Классификация оборудования	220
19.3 Охладительные установки и охладители	222
19.4 Камеры охлаждения и замораживания	238
19.5 Морозильные аппараты	244
19.6 Фризеры, эскимо- и льдогенераторы	255
19.7 Установки криогенного замораживания	269
19.8 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	271
<i>Контрольные вопросы</i>	279
<i>Упражнения</i>	280
Глава 20 Аппараты для ведения процессов диффузии и экстракции пищевых сред	281
20.1 Научное обеспечение процессов диффузии и экстракции пищевых сред	281
20.2 Классификация оборудования	283
20.3 Аппараты для получения диффузионного сока	284
20.4 Установки для получения настоек и морсов	290
20.5 Аппараты для экстракции растительного масла	294
20.6 Аппараты для получения экстрактов из животного сырья	304
20.7 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	310
<i>Контрольные вопросы</i>	322
<i>Упражнения</i>	322
Глава 21 Оборудование для ведения процесса кристаллизации пищевых сред	323
21.1 Научное обеспечение процесса кристаллизации пищевых сред	323
21.2 Классификация оборудования	326
21.3 Вакуум-аппараты	328
21.4 Помадосбивальные машины	333
21.5 Кристаллизаторы-охладители	337
21.6 Маслоизготовители и маслообразователи	342
21.7 Кристаллизаторы и декристаллизаторы жировой продукции	355
21.8 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	358
<i>Контрольные вопросы</i>	365
<i>Упражнения</i>	365
Глава 22 Оборудование для ведения процесса ректификации пищевых сред	367
22.1 Научное обеспечение процесса ректификации пищевых сред	367
22.2 Классификация оборудования	369
22.3 Брагоперегонные установки	372
22.4 Ректификационные установки	379
22.5 Брагоректификационные установки непрерывного действия	386
22.6 Установки для получения абсолютного спирта	397
22.7 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	399
<i>Контрольные вопросы</i>	404
<i>Упражнения</i>	404
Раздел В ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ BIOTEХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
Глава 23 Оборудование для ведения процессов ферментации	406
23.1 Научное обеспечение процессов ферментации	407
23.2 Классификация оборудования	408

Оглавление

23.3 Солодорастильные установки	409
23.4 Дрожжевые и дрожжерастительные аппараты.....	424
23.5 Ферментаторы и биореакторы.....	430
23.6 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	436
<i>Контрольные вопросы</i>	445
<i>Упражнения</i>	445
Глава 24 Оборудование для брожения пищевых сред	446
24.1 Научное обеспечение процесса брожения пищевых сред	446
24.2 Классификация оборудования	450
24.3 Аппараты для брожения и дображивания пива	452
24.4 Оборудование для сбраживания суслу при производстве спирта.....	458
24.5 Аппараты для сбраживания суслу при производстве вина.....	463
24.6 Оборудование для брожения квасного суслу.....	468
24.7 Агрегаты для брожения опары и теста	471
24.8 Оборудование для свертывания молока и обработки стуста.....	479
24.9 Аппараты для получения заквасок и производства кисломолочных напитков	484
24.10 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	488
<i>Контрольные вопросы</i>	503
<i>Упражнения</i>	503
Глава 25 Оборудование для соления и посола пищевых сред	504
25.1 Научное обеспечение процесса соления и посола пищевых сред.....	504
25.2 Классификация оборудования.....	506
25.3 Оборудование для соления плодоовощной продукции	507
25.4 Оборудование для посола мяса	509
25.5 Оборудование для посола рыбы.....	517
25.6 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	520
<i>Контрольные вопросы</i>	525
<i>Упражнения</i>	525
Глава 26 Оборудование для созревания пищевых сред	526
26.1 Научное обеспечение процесса созревания пищевых сред	526
26.2 Классификация оборудования.....	529
26.3 Оборудование для созревания пива.....	530
26.4 Аппараты для массирования и созревания мяса.....	532
26.5 Сливкосозревательные аппараты и творожные ванны	539
26.6 Машины для изолирования и созревания сыров	545
26.7 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	552
<i>Контрольные вопросы</i>	560
<i>Упражнения</i>	561
Глава 27 Оборудование для копчения пищевых сред	562
27.1 Научное обеспечение процесса копчения пищевых сред	562
27.2 Классификация оборудования.....	564
27.3 Автокоптилки и коптильные установки.....	565
27.4 Универсальные и автоматизированные термокамеры	568
27.5 Термоагрегаты	574
27.6 Техника будущего: новые технические решения технологических задач	580
<i>Контрольные вопросы</i>	587
<i>Упражнения</i>	587
Заключение	588
Рекомендуемая литература	589