

**Федеральное агентство по образованию**  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Кафедра общей и холодиль-  
пищевых продуктов  
ной технологии

# **ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ**

Методические указания  
к самостоятельной работе магистранта  
по направлению 552400  
для магистерской программы 552418

Санкт-Петербург 2005

УДК 664.8.037.

**Куцакова В.Е.** Технология сушки: Метод. указания к самостоятельной работе магистранта по направлению 552400 для магистерской программы 552418 / Под ред. А.Л. Ишевского. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2005. – 7 с.

Настоящие методические указания предназначены магистрантам направления 552400 «Технология продуктов питания» для магистерской программы 552418 «Холодильная технология пищевых продуктов» технологического факультета.

Даны темы и вопросы по изучению технологии сушки продуктов питания и оборудования, применяемого для этих целей.

Рецензент

Доктор техн. наук, проф. Л.В. Красникова

Рекомендованы к изданию советом факультета пищевых технологий

© Санкт-Петербургский государственный  
университет низкотемпературных  
и пищевых технологий, 2005

## **ВВЕДЕНИЕ**

Предмет и задачи дисциплины. Ее роль в подготовке магистрантов по направлению 552400 «Технология продуктов питания». Перспективы развития консервирования сушкой в условиях фермерских хозяйств, при переработке вторичного сырья производств при рыночной экономике. Сушка как сложный теплофизический и технологический процесс, зависимость нормирования конечной влажности продукта от вида и свойств продукта.

## **МЕТОДЫ СУШКИ В ПИЩЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

### **Свойства влажного воздуха**

Методы сушки и их зависимость от способа подвода теплоты к высушиваемому материалу. Конвективный, кондуктивный и радиационный подвод теплоты.

Основные свойства воздуха как сушильного агента. Влажность, относительная влажность, температура, энтальпия, парциальное давление паров воды [1; 5].

### **Контрольные вопросы**

1. Какие методы сушки используются в пищевой промышленности?
2. Какие свойства воздуха как сушильного агента определяют конечное влагосодержание сухого продукта?

### **Свойства исходного пищевого продукта. Виды связи влаги с материалом**

Влажность и влагосодержание исходного продукта. Связь между влажностью и влагосодержанием. Свойства влажных материалов животного и растительного происхождения как объектов сушки.

Виды связи влаги с материалом: химически связанная влага; адсорбционно связанная влага; осмотически связанная влага. Энергия связи в микрокапиллярах.

Равновесное влагосодержание. Изотермы сорбции и десорбции. Гистерезис. Гигроскопическая влажность. Активность воды в пищевых продуктах [1; 7].

### Контрольные вопросы

1. Какова энергия связи осмотически, адсорбционно и капиллярно связанной влаги с материалом?
2. Чем отличается влажность материала от влагосодержания?
3. Что такое равновесное влагосодержание?
4. Почему необходимо знание активности воды в продукте?

### Материальные и тепловые балансы сушильного агрегата

Материальный баланс процесса сушки. Тепловой баланс подогревателя воздуха.

Тепловой баланс конвективной сушильной камеры. Состав теплового баланса и его анализ [1; 4; 5].

### Контрольные вопросы

1. Каков состав материального баланса подогревателя и сушильной камеры?
2. Каков состав теплового баланса подогревателя и сушильной камеры?

### Построение процесса сушки в теоретической и реальной сушилке

Построение теоретического и реального процессов конвективной сушки в  $i-d$ -диаграмме и методика графоаналитического метода расчета расхода воздуха и тепла.

Изучение построения процесса конвективной сушки в  $i-d$ -диаграмме. Принципы организации сушильного процесса.

Построение процессов конвективной сушки в  $i-d$ -диаграмме при рециркуляции теплоносителя и промежуточном подогреве теплоносителя [1; 2; 5].

### Контрольные вопросы

1. Как построить процесс в теоретической сушилке и какие расчеты можно провести на основании данных, полученных из  $i-d$ -диаграммы?

2. Как построить процесс в действительной сушилке и какие расчеты можно провести на основании данных, полученных из  $i-d$ -диаграммы?

### **Массоперенос при сушке пищевых продуктов**

Дифференциация уравнения переноса влаги. Период постоянной и убывающей скоростей сушки.

Константы процесса сушки, их взаимосвязь. Критерии подобия тепло- и массопереноса в процессах сушки [1; 4; 7; 8].

Требования к эксплуатации и расчету сушильных агрегатов. Оценка качества сухих пищевых продуктов.

Технологические, конструктивные, эксплуатационные требования к сушильным установкам, выбор и обоснование типа установки, оптимального режима, метода и вида энергопривода, вида сушильного агента, типа калорифера и вентилятора и места их расположения. Поисковая работа перед проектированием.

Конвективная сушка как основной вид сушки пищевых продуктов. Сушки: в плотном слое – зернистых материалов, в разрыхленном слое – дисперсных материалов, комкующихся и пастообразных материалов. Сушка дисперсных материалов во взвешенном слое. Характеристики взвешенного слоя.

Конвективная сушка при смешанном типе перемещения материала. Сушка сыпучих материалов в барабанных агрегатах.

Распылительная сушка жидких пищевых продуктов. Методы распыла жидких пищевых продуктов.

Контактная сушка жидких и пастообразных продуктов. Сублимационная сушка.

Оценка качества сухих пищевых продуктов. Усушка материала. Объемный коэффициент усушки. Коэффициент качества сухих продуктов [2; 3; 4; 8; 9].

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы требования к сушильным установкам?
2. Какие материалы следует сушить в сушилках кипящего слоя?
3. Как рассчитать критическую скорость, скорость уноса и гидравлическое сопротивление кипящего слоя?

4. Каковы требования к распылительным сушильным установкам?
5. Каковы требования к контактными сушильным агрегатам?
6. Требования к сублимационным сушильным агрегатам.
7. Как оценить качество сухих пищевых продуктов? Как оценить величину усушки?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основной

1. **Гинзбург А.С.** Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. – 528 с.
2. **Гинзбург А.С.** Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
3. Примеры и задачи в холодильной технологии. Ч. 1. Теоретические основы консервирования. / В.Е. Куцакова, И.А. Рогов, С.В. Фролов, В.И. Филиппов. – М.: Колос, 2001. – 134 с.
4. **Куцакова В.Е., Богатырев А.Н.** Интенсификация тепло- и массообмена при сушке пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат. – 235 с.
5. **Флауменбаум Б.Л., Танчев С.С., Гришин М.А.** Основы консервирования пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 494 с.

### Дополнительный

6. **Гуйго Э.И., Журавская Н.К., Каухчешвили Э.И.** Сублимационная сушка в пищевой промышленности. – М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 434 с.
7. **Лыков А.В.** Тепло- и массообмен в процессах сушки. – М., Л.: Государственное энергетическое изд-во, 1956. – 464 с.
8. **Романков П.Г., Рашковская Н.В.** Сушка в кипящем слое. – М., Л.: Химия, 1964. – 288 с.
9. **Атаназевич В.И.** Сушка пищевых продуктов. – М.: Де Ли, 2000. – 294 с.

Куцакова Валентина Еремеевна

## **ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ**

Методические указания  
к самостоятельной работе магистранта  
по направлению 552400  
для магистерской программы 552418

*Редактор*

Р.А. Сафарова

*Корректор*

Н.И. Михайлова

*Компьютерная верстка*

Н.В. Гуральник

---

Подписано в печать 10.11.2005. Формат 60×84 1/16  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,47. Печ. л. 0,5. Уч.-изд. л. 0,31  
Тираж 20 экз. Заказ № С 96

---

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9  
ИПЦ СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

