

5958

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Кафедра технологии мясных, рыбных продуктов
и консервирования холодом

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Рабочая программа и методические указания
к самостоятельной работе и контрольным заданиям
для студентов специальности 260504
всех форм обучения



Санкт-Петербург
2008

Колодязная В.С., Бараненко Д.А. Учебно-исследовательская работа студентов: Раб. программа и метод. указания к самостоятельной работе и контрольным заданиям для студентов спец. 260504 всех форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 29 с.

Изложены разделы рабочей программы. Приведены тематика научно-исследовательских работ студентов, темы самостоятельной работы, вопросы и задачи для выполнения контрольных работ. Рассмотрены примеры решения некоторых типовых задач по планированию экспериментов и обработке экспериментальных данных.

Предназначены для студентов специальности 260504 «Технология консервов и пищевых концентратов».

Рецензент
Доктор техн. наук, проф. Т.В. Меледина

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

© Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-исследовательская работа студентов (УИРС) является одним из важнейших этапов подготовки квалифицированных специалистов, способных к самостоятельной творческой работе. Выполнение учебно-исследовательской работы, обязательной для всех студентов, способствует расширению и углублению знаний, творческому усвоению учебной программы, овладению практическими навыками и методами исследования, умению обобщать и анализировать научные и экспериментальные материалы. Изучение дисциплины основывается на предшествующих курсах «Теоретические основы консервирования», «Технология консервирования», «Холодильная технология пищевых продуктов».

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины является приобретение студентами творческих навыков выполнения научно-исследовательской работы, планирования, постановки и проведения экспериментов, обобщения и анализа полученных данных, углубления и расширения знаний в области технологии консервов и пищевых концентратов.

Основными задачами дисциплины являются:

- приобрести творческие навыки в работе с научно-технической литературой, в организации и проведении научной работы;
- научиться ставить цель и формулировать задачи исследований, выбирать методы исследований;
- научиться планировать и ставить эксперименты, обрабатывать полученные данные, обобщать, анализировать и делать выводы по результатам экспериментов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- получить четкое представление о постановке и выполнении научных исследований при решении конкретных проблем технологии консервов и пищевых концентратов.
- приобрести навыки всех этапов научного исследования, начиная от выбора темы исследования и заканчивая оформлением выполненной работы;

- решить конкретную задачу, относящуюся к одному из основных технологических процессов производства консервов.

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Предмет и задачи курса, его роль в подготовке инженера-технолога по специальности «Технология консервов и пищевых концентратов». Значение научно-технического прогресса в развитии технологии консервов и пищевых концентратов. Современное состояние и перспективы развития научных исследований в области производства консервов на основе животного и растительного сырья, технологий функциональных продуктов питания.

Тема 1. Научные исследования в области технологии консервов и пищевых концентратов

Организация научных исследований в области технологии консервов и пищевых концентратов. Перспективные научные направления в решении актуальных задач по технологии консервов и пищевых концентратов.

Определение общей научной проблемы и выделение частных вопросов исследования. Постановка цели и задач исследования, связанных с технологией консервов и пищевых концентратов, повышением качества, пищевой и биологической ценности, технологической эффективности обработки и хранения пищевых продуктов. [1, 2]

Тема 2. Порядок проведения исследований

Изучение состояния проблемы, связанной с тепловой обработкой и хранением пищевых продуктов на основе обзора отечественной и зарубежной литературы.

Порядок проведения патентно-библиографического поиска. Виды работ при патентных исследованиях. Журналы, монографии, сборники научных трудов и другие источники информации по технологии консервов и пищевых концентратов, биохимии, тепломассообмену, оценке качества и т.д.

Выбор темы, рабочая гипотеза, цели и задачи исследований. Составление рабочего плана исследования. Порядок разработки, согласования и утверждения технического задания на НИР. Основные положения системы разработки и постановки продукции на производство. [1, 2, 5]

Тема 3. Планирование и постановка экспериментов

Планирование экспериментов. Однофакторные, многофакторные, активные, пассивные эксперименты.

Планирование в пищевой технологии одно-, двух- и трехфакторных экспериментов. Применение математических методов планирования многофакторных экспериментов в технологии консервов и пищевых концентратов. Проверка воспроизводимости опытов. Критерий Кохрена. Факторы, функции отклика, поверхность отклика, факторное пространство. Кодированные переменные, уравнение регрессии, коэффициенты регрессии, их значимость. Адекватность уравнений регрессии, критерий Фишера. Постановка кинетического эксперимента и его параметры. Метод дробных реплик. Устранение временного дрейфа. [1, 4, 8]

Тема 4. Основы обработки экспериментальных данных

Погрешность измерений: прямых, многократных, косвенных, инструментальных. Правила вычисления и округления результатов измерений. Погрешность суммы, разности, произведения, частного, степени и корня. Погрешность функций. Представление результатов измерений в виде таблиц и графиков.

Общие понятия о корреляционном, регрессионном и дисперсионном анализе.

Обработка экспериментальных данных с использованием программ на персональных компьютерах. [1, 2, 7, 8]

Тема 5. Методы составления математических моделей и оптимизация технологических процессов

Аналитические, экспериментальные и экспериментально-аналитические методы составления математических моделей. Достоинства и недостатки методов.

Методы оптимизации технологических процессов: метод крутого восхождения (наискорейшего спуска), симплексный метод, центрального композиционного планирования (ортогональный и ротatable). [1, 3, 8]

Тема 6. Функциональные зависимости

Типы функций, используемых при описании технологических процессов. Определение коэффициентов эмпирических формул: графический метод, метод средних, метод наименьших квадратов.

Кинетические кривые. Основные участки кинетических кривых. Интегральные и дифференциальные кинетические кривые. Константа скорости и порядок химических и биохимических реакций в пищевых продуктах. [1]

Тема 7. Корреляция в технологии консервов и пищевых концентратов

Корреляция двух и трех переменных. Коэффициент корреляции, коэффициент множественной регрессии, частные коэффициенты корреляции. Уравнения регрессии Y по X и X по Y . Составление уравнений регрессии, проверка расчетных и экспериментальных данных. [1, 7]

2. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторный практикум в объеме 34 ч предусматривает выполнение студентами учебно-исследовательских работ под руководством преподавателей кафедры по следующим научным направлениям:

1. Теплофизические основы тепловой и холодильной обработки сырья растительного происхождения.
2. Исследование механизмов и закономерностей физико-химических и биохимических процессов в растительных продуктах при тепловой обработке и длительном хранении.
3. Исследование влияния условий охлаждения, замораживания и хранения на качество пищевых продуктов.
4. Определение теплофизических характеристик консервов и пищевых концентратов.

5. Применение пищевых добавок и биологически активных веществ для повышения пищевой ценности, качества и сохранности продуктов питания.
6. Разработка новых видов консервов и пищевых концентратов лечебно-профилактического назначения.
7. Разработка технологии сушки растительного сырья.
8. Исследование влияния различных ингредиентов на качество и технологические свойства консервов.

По итогам УИР студенты пишут отчет, включающий разделы: состояние проблемы по выбранной теме исследований; цель и задачи работы; объекты и методы исследований, постановку эксперимента; результаты и их обсуждение; математическую обработку и обобщение экспериментальных данных, выводы и рекомендации, список использованной научной литературы, приложения. По итогам выступлений на кафедре и студенческих научных конференциях лучшие работы рекомендуются для участия во внутривузовском конкурсе, а по итогам последнего – для участия во всероссийском конкурсе студенческих научных работ.

3. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические аудиторные занятия в объеме 17 ч предусматривают изучение студентами методов математической статистики с целью обработки экспериментальных данных, в том числе результатов собственных исследований.

Практические занятия № 1,2 – 4 ч.

Тема 1. Составление уравнений регрессии при постановке многофакторных экспериментов. Проверка адекватности уравнений

Цель занятий – научиться составлять уравнения регрессии по результатам исследований изменения качества консервов и пищевых концентратов в зависимости от технологических режимов производства продукции. Научиться проверять адекватность уравнений регрессии с помощью критерия Фишера [1, 3], используя компьютерные программы.

Практические занятия № 3, 4 – 4 ч.

Тема 2. Ортогональное центральное композиционное планирование при постановке многофакторных экспериментов

Цель занятий - изучить методы ортогонального центрального композиционного планирования двух- и трехфакторных экспериментов; научиться составлять матрицы планирования и уравнения регрессии [1, 7], используя компьютерные программы.

Практические занятия № 5.6 – 4 ч.

Тема 3. Аппроксимация экспериментальных зависимостей эмпирическими уравнениями

Цель занятий – научиться составлять уравнения на основании экспериментальных данных, рассчитывать коэффициенты уравнений, проверять адекватность уравнений [1, 7], используя компьютерные программы.

Практические занятия № 7, 8 – 5 ч.

Тема № 4. Множественная корреляция

Цель занятий – научиться составлять уравнения множественной регрессии, определять коэффициенты множественной корреляции и частные коэффициенты корреляции, рассчитывать коэффициенты уравнений и определять их достоверность [1, 7], в том числе используя компьютерные программы.

4. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

4.1 Основные требования при выполнении контрольных заданий

После изучения теоретического курса студент выполняет одну контрольную работу. Контрольная работа включает в себя реферат по одному из предложенных вопросов и две задачи. В контрольной работе вопрос выбирается по последней цифре шифра, а задачи - одна по предпоследней цифре шифра (1-я группа задач), вторая - по последней цифре шифра (2-я группа задач).

При выполнении контрольной работы следует полностью приводить текст вопроса и задач. Ответы на вопросы приводятся в том же порядке, что и в задаче.

При выполнении контрольной работы следует избегать излишней краткости и схематичности изложения. Расчеты должны иметь текстовые пояснения. Приводимые схемы, графики, таблицы, формулы, значения физических величин, коэффициентов должны иметь ссылки на литературный источник.

Текст контрольной работы должен быть четким и не допускать различных смысловых толкований. Допускается сокращение слов, установленное правилами русской орфографии и соответствующими стандартами. Все физические величины, их наименования и обозначения размерности приводятся только в системе СИ по ГОСТ 8.417-81.

Математические формулы записываются по центру строки с интервалом в одну строку до и после текста. Если формула или уравнение не помещается на одной строке, их допускается переносить только на знаках выполняемых операций, при этом знак в начале следующей строки повторяется. Например, при переносе формулы на знаке умножения пишется знак «х». Непосредственно после формулы приводятся пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они ранее не были пояснены. Пояснения начинаются словом «где» без двоеточия, после него символы приводят в той же последовательности, в которой они приведены в формуле. Если далее по тексту на формулу дается ссылка, то ей присваивается порядковый номер в круглых скобках.

Если формулы следуют одна за другой, то их разделяют запятой.

Контрольная работа оформляется в тетради или на листах формата А4 рукописным или печатным способом. Страницы должны быть пронумерованы и иметь поля. В конце работы необходимо привести список использованной литературы. Титульный лист оформляется в соответствии с правилами, установленными на факультете заочного обучения и экстерната университета.

Рекомендуемая для выполнения контрольной работы литература приведена в конце настоящих методических указаний, кроме того, имеются ссылки по тексту (1-10).

4.2 Содержание контрольных заданий

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Планирование экспериментов. Однофакторные, многофакторные, активные, пассивные эксперименты.
2. Проверка воспроизводимости опытов при планировании и постановке многофакторных экспериментов. Матрица планирования двух и трехфакторного экспериментов. Метод дробных реплик.
3. Методы оптимизации технологических процессов: метод крутого восхождения, симплексный метод.
4. Погрешность измерений: прямых, косвенных, инструментальных, многократных.
5. Определение коэффициентов эмпирических формул: графический метод, метод средних, метод наименьших квадратов.
6. Корреляция двух и трех переменных. Коэффициент парной корреляции, коэффициент множественной регрессии.
7. Составление уравнений регрессии, проверка расчетных и экспериментальных данных.
8. Типы функций, используемых при описании технологических процессов, способы линеаризации.
9. Кинетический эксперимент. Константы скорости и порядок химических и биохимических реакций.
0. Ортогональное центральное композиционное планирование многофакторного эксперимента.

ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1-я группа задач

1. В табл. 1 приведены данные по изменению содержания витамина С y (мг/кг) в замороженных ягодах черной смородины в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = -18^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Рассчитать коэффициенты уравнения. Сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 1

Продолжительность хранения τ , сут	10	30	90	150	210	270
Содержание витамина С y , мг/кг	120	116	110	100	96	80
Расчетное содержание витамина С y_p , мг						

2. В табл. 2 приведены данные по изменению содержания абсцизовой кислоты y (%) в картофеле в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = 2^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Рассчитать коэффициенты уравнения. Сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 2

Продолжительность хранения τ , сут	10	30	60	90	120	150	180	210
Содержание абсцизовой кислоты y , %	0,02	0,05	0,09	0,14	0,22	0,28	0,47	0,69
Расчетное содержание абсцизовой кислоты y_p , %								

3. В табл. 3 приведены данные по изменению содержания свободных жирных кислот (СЖК) y в липидах мороженой трески (в % от общего содержания липидов) в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = -20^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Найти коэффициенты уравнения, сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 3

Продолжительность хранения τ , сут	10	50	100	150	200	250
Содержание СЖК y , %	8	23	36	40	42	46
Расчетное содержание СЖК y_p , %						

4. В табл. 4 приведены данные по изменению содержания гипоксантина y (мкмоль/г) в мясе и зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = -2^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Найти коэффициенты уравнения, сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 4

Продолжительность хранения τ , сут	1	2	5	10	15	20
Содержание гипоксантина y (мкмоль/г)	0,10	0,40	0,70	0,80	1,24	1,54
Расчетное содержание гипоксантина y_p , мкмоль/г						

5. В табл. 5 приведены данные по изменению содержания аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) y (мкмоль/г) в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = -20^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Найти коэффициенты уравнения, сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 5

Продолжительность хранения τ , сут	0	1	2	3	5	10
Содержание АТФ y , мкмоль/г	3,12	0,36	0,15	0,11	0,02	0,01
Расчетное содержание АТФ y_p , мкмоль/г						

6. В табл. 6 приведены данные по изменению содержания свободных аминокислот y (мг/100 г) в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = -20^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Найти коэффициенты уравнения, сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 6

Продолжительность хранения τ , сут	1	3	6	9	12	15
Содержание свободных аминокислот y , мкмоль/г	80	88	96	105	114	116
Расчетное содержание свободных аминокислот y_p , мкмоль/г						

7. В табл. 7 приведены данные по изменению содержания аминокислот y (мг/100 г) в яйцах в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = 0^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Найти коэффициенты уравнения, сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 7

Продолжительность хранения τ , сут	10	30	60	90	120
Содержание аминокислот y , мг/100 г	11	17	23	38	54
Расчетное содержание аминокислот y_p , мг/100 г					

8. В табл. 8 приведены данные по изменению содержания сахаразы y (%) в грушах в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = 2^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Найти коэффициенты уравнения, сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 8

Продолжительность хранения τ , сут	10	30	60	90	120	150	180
Содержание сахаразы y , %	9,8	9,0	8,2	7,6	6,0	4,8	3,2
Расчетное содержание сахаразы y_p , %							

9. В табл. 9 приведены данные по изменению содержания антоцианов y (%) в замороженных ягодах черной смородины в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = -18^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Найти коэффициенты уравнения, сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 9

Продолжительность хранения τ , сут	10	60	120	180	240
Содержание антоцианов y , %	12,4	11,3	10,6	8,1	5,0
Расчетное содержание антоцианов y_p , %					

0. В табл. 10 приведены данные по изменению интенсивности дыхания корнеплодов моркови y (мг $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{ч}$) в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при температуре $t = +1^\circ\text{C}$.

Построить график и найти эмпирическое уравнение, выражающее зависимость между этими величинами $y = f(\tau)$. Найти коэффициенты уравнения, сравнить расчетные y_p и табличные y данные.

Таблица 10

Продолжительность хранения τ , сут	3	30	60	90	120	150	180
Интенсивность дыхания y , мг $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{ч}$	14,8	9,7	9,4	8,6	8,0	7,2	6,1
Расчетное значение интенсивности дыхания y_p , мг $\text{CO}_2/\text{кг}\cdot\text{ч}$							

2-я группа задач

1. Определить коэффициент корреляции между суммой осадков x (мм) в вегетационный период картофеля и содержанием сухих веществ y (%) перед закладкой на длительное хранение.

Найти уравнение регрессии $\bar{y} = ax + b$. Сравнить опытные и расчетные y_p (%) данные. Значения x и y приведены в табл. 11.

Таблица 11

x , мм	38	54	72	90	110
y , %	17,0	21,3	18,0	14,2	12,0
y_p , %					

2. Определить коэффициент корреляции между потерями картофеля y (%), хранившегося в течение 8 мес ($t = 4^\circ\text{C}$), и содержанием крахмала x (%) в клубнях перед закладкой на хранение.

Найти уравнение регрессии $\bar{y} = ax + b$. Сравнить опытные и расчетные данные y_p (%) по потерям при хранении картофеля. Значения x и y приведены в табл. 12.

Таблица 12

x , %	13,0	17,0	11,0	14,0	21,0	15,0	10,0
y , %	7,2	5,4	9,3	7,8	4,0	7,4	11,0
y_p , %							

3. Определить коэффициент корреляции между потерями моркови y (%), хранившейся в течение 6 мес ($t = 0^\circ\text{C}$), и содержанием общего сахара x (%) в корнеплодах при закладке на хранение.

Найти уравнение регрессии $\bar{y} = ax + b$. Сравнить опытные и расчетные данные по потерям при хранении моркови. Значения y и x приведены в табл. 13.

Таблица 13

x , %	5,0	7,0	11,0	9,0	4,0	8,0	6,0
y , %	11,2	10,0	8,7	9,1	12,8	10,4	11,0
y_p , %							

4. Определить коэффициент корреляции между потерями капусты y (%), хранившейся в течение 6 мес ($t = 0^\circ\text{C}$) и содержанием нитратов x (мг/кг).

Найти уравнение регрессии $\bar{y} = ax + b$. Сравнить опытные и расчетные данные y_p (%) по потерям капусты при хранении. Значения y и x приведены в табл. 14.

Таблица 14

x , мг/кг	180	260	300	100	450	340	580
y , %	8,9	8,0	9,4	7,6	11,0	10,9	12,8
y_p , %							

5. Определить коэффициент корреляции между содержанием органических кислот y (%) и протопектина x (%) в яблоках сорта Джонатан при закладке на хранение.

Найти уравнение регрессии $\bar{y} = ax + b$. Сравнить опытные и расчетные данные y_p (%). Значения y и x приведены в табл. 15.

Таблица 15

x , %	2,70	2,40	2,10	1,90	2,60	1,20
y , %	0,19	0,16	0,24	0,28	0,17	0,09
y_p , %						

6. При проведении полного двухфакторного эксперимента определены потери винограда y (%) в зависимости от температуры t ($^\circ\text{C}$) (кодированная переменная X_1) и концентрации C (%) фунгицидного препарата (кодированная переменная X_2). Характеристики плана эксперимента и его результаты представлены в табл. 16.

Составить уравнение регрессии в виде $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$.

Рассчитать коэффициенты регрессии, определить их значимость и адекватность уравнения с помощью расчетного F_p и табличного F_m критерия Фишера ($F_m = 7,71$) [2], ($S^2_{\bar{y}}$ - оценка дисперсии среднего значения).

Таблица 16

Номер опыта	X_1	X_2	t , $^\circ\text{C}$	C , %	\bar{y} , %	$S^2_{\bar{y}}$
1	-1	-1	2	1,4	6,2	0,34
2	+1	-1	8	1,4	12,4	
3	-1	+1	2	2,2	3,1	
4	+1	+1	8	2,2	10,7	

7. При проведении полного двухфакторного эксперимента определена продолжительность лаг-фазы гриба *F.solani* (y_1, y_2 , сут) в зависимости от температуры t ($^\circ\text{C}$) (кодированная переменная X_1) и концентрации C (мкг/мл) фузариновой кислоты (кодированная переменная X_2). Данные представлены в таблице 17. Определить воспроизводимость опытов и составить уравнение регрессии в виде $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$. Рассчитать коэффициенты регрессии, определить их значимость и адекватность уравнения с помощью расчетного F_p и табличного F_m критерия Фишера ($F_m = 7,71$) [2], (S^2_j - оценка дисперсии серии параллельных опытов).

Таблица 17

Номер опыта	X_1	X_2	t , $^\circ\text{C}$	C , мкг/мл	y_1 , сут	y_2 , сут	\bar{y} , сут	S^2_j
1	-1	-1	10	50	21	23		
2	+1	-1	18	50	16	19		
3	-1	+1	10	100	28	30		
4	+1	+1	18	100	24	25		

8. При проведении полного двухфакторного эксперимента определена поражаемость корнеплодов моркови грибом *Botrytis cinerea* y (%) в зависимости от температуры t ($^\circ\text{C}$) (кодированная переменная X_1) и продолжительности хранения τ (сут) (кодированная переменная X_2). Данные представлены в табл. 18.

Определить воспроизводимость опытов и составить уравнение регрессии в виде $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$. Рассчитать коэффициенты регрессии, определить их значимость и адекватность уравнения с помо-

щью расчетного F_p и табличного F_m ($F_m = 7,71$) [2], (S_j^2 - оценка дисперсии серии параллельных опытов).

Таблица 18

Номер опыта	X_1	X_2	$t, ^\circ\text{C}$	τ , сут	$y_1, \%$	$y_2, \%$	$\bar{y}, \%$	S_j^2
1	-1	-1	1	90	1.7	1.9		
2	+1	-1	7	90	4.6	5.0		
3	-1	+1	1	150	2.4	2.8		
4	+1	+1	7	150	8.9	9.5		

9. При проведении полного двухфакторного эксперимента определено изменение содержания крахмала y (%) в картофеле в зависимости от температуры t ($^\circ\text{C}$) (кодированная переменная X_1) и продолжительности хранения τ (сут) (кодированная переменная X_2). Данные представлены в табл. 19.

Определить воспроизводимость опытов и составить уравнение регрессии в виде $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$. Рассчитать коэффициенты регрессии, определить их значимость и адекватность уравнения с помощью расчетного F_p и табличного F_m ($F_m = 7,71$) [2], (S_j^2 - оценка дисперсии серии параллельных опытов).

Таблица 19

Номер опыта	X_1	X_2	$t, ^\circ\text{C}$	τ , сут	$y_1, \%$	$y_2, \%$	$\bar{y}, \%$	S_j^2
1	-1	-1	0	60	8,4	8,9		
2	+1	-1	8	60	13.5	14.1		
3	-1	+1	0	120	5.6	6,7		
4	+1	+1	8	120	11,0	11,8		

9. При проведении полного двухфакторного эксперимента определена концентрация этилена в камере хранения яблок y (%) в зависимости от продолжительности хранения τ (сут) при $t = 0^\circ\text{C}$ (кодированная переменная X_1) и концентрации перманганата калия C (%), сорбированного на минеральном сорбенте перлите (кодированная переменная X_2). Данные представлены в табл. 20. Определить воспроизводимость опытов и составить уравнение регрессии в виде $y =$

$b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$. Рассчитать коэффициенты регрессии, определить их значимость и адекватность уравнения с помощью расчетного F_p и табличного F_m ($F_m = 7,71$) [2], (S_j^2 - оценка дисперсии серии параллельных опытов).

Таблица 20

Номер опыта	X_1	X_2	τ , сут	$C, \%$	$y_1, \%$	$y_2, \%$	$\bar{y}, \%$	S_j^2
1	-1	-1	1	0,2	1.2	1.4		
2	+1	-1	5	0,2	2.3	2.8		
3	-1	+1	1	10,8	0,7	0,9		
4	+1	+1	5	10,8	2.9	3.3		

ПОЯСНЕНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

1. При решении задач по нахождению эмпирической зависимости между двумя переменными необходимо выполнить следующее:

- построить график по данным таблицы, приведенной в задаче;
- подобрать для полученной кривой исходное уравнение по справочной литературе [1, 3];
- выпрямить (линеаризовать) данное уравнение;
- найти коэффициенты выпрямленного уравнения тремя методами (графическим, методом средних и методом наименьших квадратов), а затем рассчитать коэффициенты исходного уравнения;
- сравнить табличные и расчетные данные и выбрать те коэффициенты исходного уравнения, для которых отклонения расчетных и табличных данных наименьшие.

2. При решении задач по нахождению корреляционной зависимости между двумя переменными необходимо выполнить следующее:

- найти среднее арифметическое каждой переменной (x, y) по данным таблицы, приведенной в задаче;
- рассчитать средние квадратические отклонения G_x и G_y ;
- найти коэффициент корреляции r ;

- составить уравнение регрессии y по x , позволяющее вычислить наиболее вероятное значение y , если известно значение x ;
- сравнить табличные (опытные) и расчетные данные.

Теоретические положения и примеры решения задач по нахождению функциональной и корреляционной зависимости между переменными приведены в методической [3] и справочной литературе [1].

3. При решении задач по составлению экспериментально-статистических моделей в виде уравнений регрессии, выражающих зависимости

функции отклика y от нескольких переменных и полученных на основе математических методов планирования многофакторных экспериментов, необходимо выполнить следующее:

- проверить воспроизводимость опытов с помощью критерия Кохрена G_p (если необходимо по условию задачи);
- рассчитать коэффициенты регрессии b_0, b_1, b_2, b_{12} (для двух переменных);
- определить значимость этих коэффициентов; если коэффициент незначим, то член уравнения регрессии с этим коэффициентом исключить;
- составить уравнение регрессии и, зная коэффициенты, найти расчетные значения функции отклика;
- найти отклонения между расчетными и табличными данными функции отклика;
- проверить адекватность полученного уравнения регрессии, с этой целью рассчитать оценку дисперсии адекватности $S^2_{ад}$;
- найти расчетное значение критерия Фишера F_p и сравнить с табличным F_m [2]. если $F_p < F_m$, то уравнение считается адекватным.

Основные теоретические положения по применению математических методов планирования экспериментов в холодильной технологии приведены в методических указаниях [2].

Рассмотрим примеры решения задач по проверке воспроизводимости опытов и составлению уравнений регрессии на основании таб-

личных данных, полученных при постановке полного двухфакторного эксперимента с использованием математических методов планирования.

Пример. В процессе хранения яблок сорта Антоновка в течение 5 мес. определены потери их от микробиальной порчи y в зависимости от температуры t (кодированная переменная X_1) и концентрации фунгицидного препарата C (кодированная переменная X_2). Проведено четыре серии опытов, в каждой серии по два параллельных опыта. Требуется проверить воспроизводимость опытов и с помощью полного двухфакторного эксперимента найти математическое описание процесса в окрестности точки факторного пространства с координатами $t_0 = 5^\circ\text{C}$ и $C_0 = 1,8\%$.

Интервалы варьирования температуры $\Delta t = 3^\circ\text{C}$ и концентрации фунгицидного препарата $\Delta C = 0,4\%$.

Верхний уровень (+1) для $t = 8^\circ\text{C}$, $C = 2,2\%$. Нижний уровень (-1) для $t = 2^\circ\text{C}$, $C = 1,4\%$.

Потери от микробиальной порчи при хранении яблок в зависимости от t и C в указанных пределах приведены в табл. 21.

Таблица 21

№ серии опытов	Условия опыта				Результаты параллельных опытов,		$\bar{y}_j, \%$	S^2_j
	$t, ^\circ\text{C}$	X_1	$C, \%$	X_2	y_1	y_2		
1	2	-1	1,4	-1	6,00	6,60	6,30	0,18
2	8	+1	1,4	-1	11,40	11,00	11,20	0,08
3	2	-1	2,2	+1	4,60	4,40	4,50	0,02
4	8	+1	2,2	+1	9,30	10,10	9,70	0,32

1. Определение воспроизводимости опытов

1. Вычисляем среднее арифметическое значение потерь яблок при хранении для четырех серий опытов:

$$y_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_{ji}$$

где k - число параллельных опытов, проведенных при одинаковых условиях, $k = 2$.

Для первой серии опытов $y_1 = \frac{1}{2}(6,0 + 6,6) = 6,3$; $y_2 = 11,2$;
 $y_3 = 4,5$; $y_4 = 9,7$. Данные записываем в табл. 21 (графа \bar{y}_j , %).

2. Находим оценку дисперсии для каждой серии параллельных опытов S^2_j

$$S^2_j = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (y_{ji} - y_j)^2$$

Для первой серии опытов $S^2_1 = (6,0 - 6,3)^2 + (6,6 - 6,3)^2 = 0,18$;
 аналогично рассчитываем $S^2_2 = 0,08$; $S^2_3 = 0,02$; $S^2_4 = 0,32$. Дан-
 ные записываем в табл. 21 (графа S^2_j).

3. Определяем расчетное значение критерия Кохрена G_p

$$G_p = \frac{\max S^2_j}{\sum S^2_j},$$

где $\max S^2_j$ - максимальное значение дисперсии, $\max S^2_j = 0,32$
 (табл. 21).

$$\text{Тогда } G_p = \frac{0,32}{(0,18 + 0,08 + 0,02 + 0,32)} = 0,53$$

4. Находим табличное значение критерия Кохрена при довери-
 тельной вероятности 0,95 и числе степеней свободы
 $f = k - 1 = 2 - 1 = 1$

$$G_m = 0,99 [2].$$

Если выполняется условие $G_p < G_m$, то опыты считаются воспроиз-
 водимыми, а оценки дисперсии - однородными.

Таким образом, в данном примере опыты являются воспроизводи-
 мыми.

5. Вычисляем погрешность экспериментов. С этой целью опреде-
 ляем оценку дисперсии воспроизводимости

$$S^2_y = \frac{1}{N} \sum S^2_j = \frac{1}{4} 0,60 = 0,15$$

и оценку дисперсии среднего значения

$$S^2_{\bar{y}} = \frac{S^2_y}{k} = \frac{0,15}{2} = 0,075$$

С S^2_y связано число степеней свободы

$$f = N(k-1) = 4(2-1) = 4$$

II. Составление уравнения регрессии

1. Математическое описание процесса хранения будем искать в
 виде уравнения регрессии

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2,$$

где y - функция отклика, в данном случае потери при хранении яб-
 лок, %; b_0, b_1, b_2, b_{12} - коэффициенты регрессии; X_1, X_2 - кодиро-
 ванные переменные, связанные с t и C следующими соотношениями:

$$X_1 = \frac{t - t_0}{\Delta t}; \quad X_2 = \frac{C - C_0}{\Delta C}$$

2. Находим коэффициенты регрессии

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum \bar{y}_i = \frac{1}{4} (6,3 + 11,2 + 4,5 + 9,7) = 7,92;$$

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum X_1 \bar{y}_i = \frac{1}{4} (-6,3 + 11,2 - 4,5 + 9,7) = 2,52;$$

$$b_2 = \frac{1}{N} \sum X_2 \bar{y}_i = \frac{1}{4} (-6,3 - 11,2 + 4,5 + 9,7) = -0,82;$$

$$b_{12} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_{1j} X_{2j} y_j$$

$$b_{12} = \frac{1}{4} [(+1)(-1)6,3] + [(-1)(-1)11,2] + [(+1)(+1)4,5] + [(-1)(+1)9,7] = 0,075$$

Определяем значимость коэффициентов регрессии; с этой целью
 находим оценку дисперсии $S_{\bar{y}}$, с которой они определялись,

$$S_b = \sqrt{\frac{S^2_y}{N}} = \sqrt{\frac{0,15}{4}} = 0,193$$

Коэффициенты регрессии значимы, если $|b| \geq S_b t_s$, где t_s – критерий Стьюдента, при $P = 95\%$ и $N = 4$, $t_s = 3,18$ [1], тогда

$$|b| \geq 0,193 \cdot 3,18 = 0,613$$

Таким образом, коэффициенты b_0, b_1, b_2 значимы, а b_{12} не значим, тогда уравнение регрессии записываем в виде

$$Y = 7,92 + 2,52X_1 - 0,82X_2$$

Находим расчетные значения y^p_j :

$$y^p_1 = 7,92 + 2,52(-1) - 0,82(-1) = 6,22$$

$$y^p_2 = 7,92 + 2,52(+1) - 0,82(-1) = 11,26$$

$$y^p_3 = 7,92 + 2,52(-1) - 0,82(+1) = 4,58$$

$$y^p_4 = 7,92 + 2,52(+1) - 0,82(+1) = 9,62$$

Определим оценку дисперсии адекватности

$$S^2_{ag} = \frac{1}{N - B} \sum_{j=1}^N (y^o_j - y^p_j)^2$$

где B – число коэффициентов регрессии искомого уравнения, включая свободный член; $B = 3$; y^o_j, y^p_j – табличные (экспериментальные) и расчетные значения функции отклика.

$$S^2_{1ag} = \frac{1}{4 - 3} [(6,00 - 6,22)^2 \pm (6,60 - 6,22)^2] = 0,19$$

Аналогично рассчитываются S^2_{ag} для остальных серий опытов ($S^2_{2ag} = 0,08$; $S^2_{3ag} = 0,03$; $S^2_{4ag} = 0,33$). В данном случае $\max S^2_{ag} = S^2_{4ag} = 0,33$

3. Находим расчетное значение критерия Фишера

$$F_p = \frac{\max S^2_{ag}}{S^2_y} = \frac{0,33}{0,075} = 4,4$$

F_p сравниваем с табличным значением критерия Фишера F_m [2] при $P = 0,95$ и числе степеней свободы $f_2 = N(k - 1) = 4(2 - 1)$ (для

знаменателя)

и $f_1 = N - B = 4 - 3 = 1$ (для числителя); $F_m = 7,71$. Так как $F_m > F_p$ ($7,71 > 4,4$), то уравнение адекватно описывает изучаемый процесс.

Таким образом, окончательно уравнение регрессии записывается в виде:

$$y = 7,92 + 2,52X_1 - 0,82X_2.$$

5. РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Освоение студентами теоретической части курса предусматривает самостоятельное изучение основных его положений, изложенных в рабочей программе, с использованием рекомендуемых литературных источников, приведенных в разделе «Учебно-методическое обеспечение дисциплины».

В процессе изучения содержания разделов программы студентам необходимо изучить, проанализировать и понять практическую значимость учебной дисциплины, область применения в научных исследованиях по направлению, связанному с технологией мяса и мясопродуктов.

Тема 1. Применение математических методов планирования многофакторных экспериментов.

Основные задачи и методические указания.

Изучить методы планирования полного факторного эксперимента, метод дробных реплик. Составить матрицы планирования 2-5-и факторных экспериментов. Определить коэффициенты уравнений регрессии.

При проработке темы использовать основную [1, 3] и дополнительную [7] литературу, а также периодические издания.

Тема 2. Методы оптимизации технологических процессов в технологии мяса и мясопродуктов.

Основные задачи и методические указания.

6.1. Основная литература

1. Колодязная В.С. Кипрушкина Е.И. Учебно-исследовательская работа студентов по специальности 260504 – Технология консервов и пищевых концентратов: Учебное пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008.
2. Антипова Л.В., Глотова И.А., Жаринов А.И. Прикладная биотехнология. УИРС для специальности 270 900: Учеб. пособие. - СПб.: Гиорд, 2003 – 332 с.
3. Грачев Ю. П., Плаксин Ю. М. Математические методы планирования экспериментов: Учеб. пособие для вузов. - М.: ДеЛи, 2005. – 296 с.

6.2. Дополнительная литература

4. Брандт З. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров. – М.: Мир, 2003. – 686 с.
5. Мальцев М.П., Емельянов Н.А. Основы научных исследований. – М.: Высшая школа, 1998. – 315 с.
6. Василюк И.М., Колодязная В.С. Методы исследования свойств сырья и продуктов питания/ Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2002. – 165 с.
7. Батунер Л.М., Позин М.Е. Математические методы в химической технике. – М. Химия, 1971. – 824 с.
8. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика (практический курс)/Ученое пособие. – М.: Гранд, 1999. – 720 с.
9. Скатецкий В.Г., Свиридов Д.В., Яшкин В. И. Математические методы в химии. - М.: ТетраСистемс, 2006. - 368 с.
10. Колодязная В.С. Применение математических методов планирования экспериментов в холодильной технологии для студентов специальностей 260301 и 260504. – СПб.: СПбГУНиПТ. – 2008. – 23 с.

Изучить методы центрального композиционного планирования экспериментов применительно к объектам исследования и процессам тепловой обработки и хранения мяса и мясных продуктов.

При проработке темы использовать основную [1, 3] и дополнительную литературу [7], а также периодические издания.

Тема 3. Кинетические закономерности в технологии мяса и мясных продуктов. Константы скорости биохимических и химических реакций.

Основные задачи и методические указания.

Изучить известные (по публикациям) закономерности, характеризующие изменение биохимических и физико-химических процессов в мясных продуктах при тепловой обработке и холодильном хранении. Определить константы скорости биохимических и химических реакций, по результатам собственных исследований.

При проработке темы использовать основную [1, 2] и дополнительную [7] литературу, а также периодические издания.

Тема 4. Корреляция двух и трех переменных; множественная корреляция. Составление уравнений регрессии, определение коэффициентов парной и множественной корреляции.

Основные задачи и методические указания.

Изучить применение в технологии мяса и мясных продуктов корреляционной зависимости между показателями качества мясных продуктов и технологическими режимами процессов обработки и хранения мясного сырья.

При проработке темы использовать основную [1, 3] и дополнительную [7] литературу, а также периодические издания.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
Тема 1. Научные исследования в области технологии консервов и пищевых концентратов.....	4
Тема 2. Порядок проведения исследований.....	4
Тема 3. Планирование и постановка экспериментов.....	5
Тема 4. Основы обработки экспериментальных данных.....	5
Тема 5. Методы составления математических моделей и оптимизация технологических процессов.....	5
Тема 6. Функциональные зависимости.....	6
Тема 7. Корреляция в технологии консервов и пищевых концентратов.....	6
2. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ.....	6
3. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	7
Тема 1. Составление уравнений регрессии при постановке многофакторных экспериментов. Проверка адекватности уравнений.....	7
Тема 2. Ортогональное центральное композиционное планирова- ние при постановке многофакторных экспериментов.....	8
Тема 3. Аппроксимация экспериментальных зависимостей эмпи- рическими уравнениями.....	8
Тема 4. Множественная корреляция.....	8
4. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ.....	8
4.1. Основные требования при выполнении контрольных заданий.....	8
4.2. Содержание контрольных заданий.....	10
ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	10
ЗАДАЧИ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	10
ПОЯСНЕНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ.....	19
5. РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ.....	25
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	27
6.1. Основная литература.....	27
6.2. Дополнительная литература.....	27

Колодязная Валентина Степановна
Бараненко Денис Александрович

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Рабочая программа и методические указания
к самостоятельной работе и контрольным заданиям
для студентов специальности 260504
всех форм обучения

Титульный редактор
Е.О. Трусова

Корректор
Н.И. Михайлова

*Печатается
в авторской редакции*

Подписано в печать 23.09.08. Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 1,86. Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,81
Тираж 100 экз. Заказ № 356 С 43а

СПбГУНИПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9
ИИК СПбГУНИПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9