

Лабораторная работа № 2. Теплофизические характеристики пищевых продуктов (3 ч).

Цель работы: изучить методику определения теплофизических характеристик пищевых продуктов и факторы, определяющие их величину.

### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические аудиторские занятия в объеме 10 ч предусматривают изучение студентами основных способов решения расчетно-практических задач холодильной технологии пищевых продуктов по следующей тематике.

Практическое занятие № 1 – Расчет теплофизических характеристик (удельная теплоемкость, коэффициенты теплопроводности и температуропроводности, плотность) натуральных пищевых продуктов (2 ч).

Практическое занятие № 2 – Расчет продолжительности охлаждения пищевых продуктов (2 ч).

Практическое занятие № 3 – Расчет количества вымороженной воды и теплофизических характеристик замороженных пищевых продуктов (2 ч).

Практические занятия № 4 и 5 – Расчет продолжительности замораживания и размораживания пищевых продуктов (4 ч).

### СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

#### Основные требования к выполнению контрольных заданий

После изучения теоретической части курса студент выполняет две расчетно-практические задачи (контрольные работы № 1 и 2). При выполнении контрольной работы необходимо полностью привести текст задания и дать ясные и исчерпывающие ответы на все его

10

разделы. Необходимо избегать излишней краткости и схематичности при изложении. Не следует приводить материал, не имеющий прямого отношения к теме задания. В контрольной работе, где это необходимо, приводятся таблицы и графики, дополняющие письменный ответ.

При выполнении контрольной работы следует пользоваться учебниками и учебными пособиями, рекомендованными в настоящих методических указаниях [1, 2, 3, 4, 12, 13, 14, 15]. Ссылки на литературные источники следует приводить по порядку упоминания их в тексте, указывая их номер в квадратных скобках из приведенного в конце работы списка использованной литературы.

Текст контрольной работы должен быть четким и не допускать различных смысловых толкований. Допускается сокращение слов, установленное правилами русской орфографии или соответствующими стандартами. Все физические величины, их наименования и обозначения размерности приводятся только в 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 помещаются 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 и приводят в той же последовательности, в которой символы обозначены 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 начального обучения и экстерната университета.

Номер задания каждой контрольной работы выбирается студентом по последней цифре номера зачетной книжки.

11

### Содержание контрольных заданий

#### Задачи к контрольной работе № 1

0. Определить удельную теплоту дыхания плодов  $q$  (Вт/т) при температурах 0, 5, 10, 15 и 20 °С, если известно, что при температуре  $t_1 = 3$  °С количество углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), выделяемое при дыхании единицей массы плодов в единицу времени, составляет  $z_1 = 4,8$  мг  $\text{CO}_2/(\text{кг}\cdot\text{ч})$ , а при  $t_2 = 16$  °С  $z_2 = 27$  мг  $\text{CO}_2/(\text{кг}\cdot\text{ч})$ . В расчетах принять, что при образовании 1 мг  $\text{CO}_2$  выделяется 10,8 Дж теплоты.

Результаты расчетов представить графически в координатах  $q = f(t)$ .

1. Используя аналитическое решение теории нестационарной теплопроводности, рассчитать продолжительность охлаждения говяжьей полутуши при обдувании ее вдоль бедра воздухом с температурой 0 °С и скоростью движения 2 м/с.

Начальная температура полутуши 38 °С, конечная температура в центре бедра полутуши 3 °С. Характерный линейный размер (толщина бедренной части) равен 0,2 м. Коэффициент формы полутуши  $\Phi = 0,56$ . Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

2. Используя расчетное соотношение, полученное на основе закона регулярного теплового режима, вычислить продолжительность охлаждения полутуши говяжьего мяса от начальной температуры 37 °С до конечной среднеобъемной температуры 0 °С. Полутуша обдувается воздухом с температурой -2 °С и скоростью движения 1,5 м/с в направлении вдоль бедренной части, длина которой 0,6 м. Толщина бедра полутуши 0,18 м, коэффициент формы  $\Phi = 0,56$ . Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

3. Рассчитать время охлаждения полутуши свинины от начальной температуры 36 °С до достижения на ее поверхности криоскопической температуры -1,3 °С. Определить величину среднеобъемной температуры полутуши в конце процесса охлаждения. Температура охлаждающего воздуха -10 °С. Поток воздуха движется со скоростью 1,3 м/с в направлении, поперечном относительно оси бедра полутуши, толщина которого 0,2 м. Коэффициент формы полутуши  $\Phi = 0,56$ .

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

12

4. Рассчитать продолжительность охлаждения одного из наименований бесструктурной колбасы от начальной температуры 40 °С до конечной среднеобъемной температуры 8 °С, рассматривая батон колбасы как тело составной формы.

В камере охлаждения колбасные батоны длиной 0,4 м и диаметром 0,08 м расположены на технологической раме в подвешенном состоянии в шахматном порядке и обдуваются воздухом с температурой -1 °С. Поток воздуха движется со скоростью 1,5 м/с в направлении, поперечном относительно оси колбасного батона.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

5. Используя аналитическое решение теории нестационарной теплопроводности, определить продолжительность охлаждения тушки курицы от начальной температуры 36 °С до конечной среднеобъемной температуры 2 °С. Тушка обдувается воздухом с температурой -5 °С и скоростью движения 2 м/с. Характерный линейный размер тушки (толщина грудной мышцы) равен 0,026 м, площадь поверхности 0,085 м<sup>2</sup>, объем 8,3·10<sup>-4</sup> м<sup>3</sup>. Масса тушки 1 кг, плотность 1080 кг/м<sup>3</sup>.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

6. Используя расчетное соотношение, полученное на основе закона регулярного теплового режима, определить продолжительность охлаждения тушки курицы от начальной температуры 35 °С до конечной среднеобъемной температуры 3 °С. Тушка птицы, упакованная в пленку, охлаждается в ледяной воде (способом погружения) с температурой 1 °С и скоростью движения 0,15 м/с. Характерный линейный размер тушки (толщина грудной мышцы) 0,028 м, площадь поверхности 0,092 м<sup>2</sup>, объем 9,6·10<sup>-4</sup> м<sup>3</sup>. Масса тушки 1,1 кг, плотность 1080 кг/м<sup>3</sup>.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

7. Определить продолжительность охлаждения яблока массой 250 г от начальной температуры 20 °С до конечной температуры в центре 3 °С. Яблоко охлаждается способом погружения в ледяную воду с температурой 1 °С при скорости ее циркуляции 0,2 м/с.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

13

8. Рассчитать усушку говяжьей полутуши (в %) за время охлаждения от начальной температуры 38 °С до конечной среднееобъемной температуры 2 °С при температуре охлаждающего воздуха -2 °С и скорости движения 1,8 м/с. Поток воздуха движется в поперечном направлении относительно бедра полутуши, толщина которого 0,22 м. Масса полутуши 100 кг, площадь поверхности 2,6 м<sup>2</sup>, коэффициент формы  $\Phi = 0,56$ .

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

9. Рассчитать усушку полутуши свинины (в %) за время охлаждения от начальной температуры 37 °С до конечной среднееобъемной температуры 1 °С при температуре охлаждающего воздуха -1,5 °С и скорости движения 1,5 м/с. Поток воздуха движется в продольном направлении относительно бедра полутуши, длина которого 0,6 м, толщина 0,21 м. Масса полутуши 110 кг, площадь поверхности 2,8 м<sup>2</sup>, коэффициент формы  $\Phi = 0,56$ .

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

#### Задачи к контрольной работе № 2

0. Определить в интервале температур от 6 °С до -20 °С удельную теплоемкость и коэффициент температуропроводности трески, содержащей 80 % воды.

По результатам расчетов построить графики зависимости искомых величин от температуры.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

1. Определить удельные затраты на производство холода (в руб/кг) и количество теплоты, отводимой при замораживании полутуши говядины, от начальной температуры 38 °С до конечной среднееобъемной температуры -20 °С. Содержание влаги в мышечной ткани говядины 75 %, а в костях 23 %. Масса полутуши 110 кг, содержание костей в ней равно 23 %. Криоскопическая температура мышечной ткани -1,2 °С, костей -1,4 °С. Удельная теплоемкость сухих костей 920 Дж/(кг·К).

В расчетах затрат на замораживание принять себестоимость 1 кДж, равную 0,04 руб.

14

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

2. Рассчитать продолжительность замораживания от начальной температуры 15 °С до конечной среднееобъемной температуры -20 °С блока трески длиной 800 мм, шириной 250 мм и высотой 60 мм, упакованного в полиэтиленовую пленку. Температура воздуха в морозильном аппарате -35 °С и скорость движения 5 м/с. Поток воздуха движется по направлению вдоль ширины блока. Содержание влаги в треске 80,3 %, криоскопическая температура -0,9 °С.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

3. Рассчитать продолжительность замораживания в плиточном морозильном аппарате блока мяса говядины длиной 370 мм, шириной 370 мм и высотой 75 мм от начальной температуры 20 °С до конечной среднееобъемной температуры -18 °С. Температура охлаждающей среды в аппарате -38 °С, коэффициент теплоотдачи 200 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Содержание влаги в говядине 74 %, криоскопическая температура -1,2 °С.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

4. Рассчитать продолжительность замораживания полутуши говядины толщиной бедра 0,18 м от начальной температуры 38 °С до конечной среднееобъемной температуры -18 °С. Содержание влаги в говядине 75 %, криоскопическая температура -1 °С. Температура воздуха в морозильной камере -30 °С, скорость движения 2,5 м/с.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

5. Рассчитать продолжительность замораживания полутуши свинины толщиной бедра 0,2 м от начальной температуры 36 °С до конечной среднееобъемной температуры -18 °С. Содержание влаги в свинине 76,8 %. Температура воздуха в морозильной камере -35 °С, скорость движения 1,5 м/с, криоскопическая температура -1,2 °С.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

6. Рассчитать коэффициент теплоотдачи и продолжительность замораживания гарнирного картофеля с размерами 40х10х10 мм от

15

начальной температуры 20 °С до конечной среднееобъемной температуры -18 °С в аппарате с псевдоожженным слоем. Температура охлаждающего воздуха в морозильном аппарате -30 °С. Содержание влаги в картофеле 79,4 %, криоскопическая температура -1,5 °С.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

7. Рассчитать продолжительность размораживания блока трески размером 0,8х0,25х0,06 м, упакованного в полиэтиленовую пленку. Блок, имеющий начальную температуру -18 °С, размораживается способом орошения водой с температурой 15 °С. Пленка воды стекает по блоку в направлении его ширины. Расход воды на размораживание блока составляет 0,015 кг/с. Криоскопическая температура трески -0,9 °С.

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

8. Рассчитать продолжительность размораживания полутуши говядины в воздухе при температуре 20 °С и скорости движения 2 м/с. Параметры полутуши: толщина бедра 0,2 м, содержание влаги в мясе 75 %, криоскопическая температура -1 °С, начальная температура -20 °С, коэффициент формы  $\Phi = 0,56$ .

Необходимые для расчета характеристики взять из справочной литературы.

9. Рассчитать допустимый срок хранения замороженной говядины, свинины (нежирной) и мяса кур при температурах хранения -6, -10, -15 и -20 °С.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНАЦИОННЫМ БИЛЕТАМ

1. Основные виды переноса теплоты. Теплопроводность.
2. Основные виды переноса теплоты. Конвекция.
3. Основные виды переноса теплоты. Тепловое излучение.
4. Уравнение нестационарной теплопроводности. Условия однозначности. Граничные условия.
5. Теплофизические характеристики пищевых продуктов и зависимость их от температуры.

16

6. Удельная теплоемкость натуральных и замороженных продуктов. Способы расчета.

7. Коэффициент теплопроводности натуральных и замороженных продуктов. Способы расчета.

8. Коэффициент температуропроводности натуральных и замороженных продуктов. Способы расчета.

9. Энтальпия натуральных и замороженных пищевых продуктов.

10. Стационарная теплопроводность тел плоской формы.

11. Нестационарная теплопроводность. Аналитическое решение задачи процесса охлаждения тел плоской формы.

12. Нестационарная теплопроводность твердых тел. Аналитическое решение задачи процесса охлаждения тел цилиндрической формы.

13. Нестационарная теплопроводность твердых тел. Аналитическое решение задачи процесса охлаждения тел сферической формы.

14. Нестационарная теплопроводность твердых тел. Аналитическое решение задачи процесса охлаждения тел составной формы.

15. Графоаналитический метод решения задачи охлаждения (нагревания) тел различной формы (графики Гребера).

16. Влияние формы и размеров тела на внутренний теплообмен. Расчет процессов охлаждения тел сложной геометрической формы (пищевые продукты).

17. Температурное поле и среднееобъемная температура при холодильной обработке пищевых продуктов.

18. Продолжительность охлаждения на основе метода регулярного теплового режима.

19. Темп охлаждения и способы его определения.

20. Скорость охлаждения. Интенсивность отвода тепла при охлаждении.

21. Теплота, отводимая при охлаждении пищевых продуктов

22. Основы конвективного теплообмена. Вынужденная и свободная конвекция. Критериальные соотношения и их применение для решения задач холодильной технологии.

23. Массоперенос при охлаждении пищевых продуктов (усушка).

24. Переохлаждение и кристаллизация воды в пищевых продуктах.

25. Количество вымороженной воды в пищевых продуктах. Способы расчета.

17