

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Северо-Осетинский государственный университет  
имени Коста Левановича Хетагурова»**

А.В. Хмелевская, Б.М. Маркарян, И.К. Сатцаева

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ № 19-29**

Учебно-методическое пособие

**Владикавказ  
2023**

УДК 663.62

**Хмелевская А.В., Маркарян Б.М., Сатцаева И.К.** Процессы и аппараты пищевых производств. Лабораторные работы № 19-29.: Учеб.-метод. пособие. – Владикавказ: 2023. - 73с.

Приведены схемы экспериментальных установок с их подробным описанием, методики проведения экспериментальных исследований и порядок обработки полученных результатов, даны контрольные вопросы. Учебно-методическое пособие предназначено для самостоятельной работы студентов направления бакалавриата 19.03.02; 19.03.03.

**Рецензент: доктор с.-х. наук, профессор кафедры технологии продуктов общественного питания ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ)» Р.Б. Темираев**

**Рекомендовано к печати учебно-методическим советом факультета химии, биологии и биотехнологии СОГУ**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Лабораторный практикум написан в соответствии с программами курсов кафедры технологии продуктов питания и охватывает основные процессы и аппараты пищевой промышленности. Предназначен для подготовки дипломированных специалистов направлений 19.03.02; 19.03.03.

Практикум поможет студентам в углубленном изучении теоретической базы процессов и аппаратов, овладении методами экспериментальных исследований, приобретении необходимых навыков обработки результатов экспериментов и их анализа, усвоении техники расчетов.

Конкретное наименование работ для студентов предусмотрено соответствующими рабочими программами читаемых на кафедре курсов.

В каждой работе изложена теоретическая часть, сущность процесса; цель работы; схема лабораторной установки и методика выполнения эксперимента; приведены таблица опытных данных и методика их обработки, таблица результатов расчета, контрольные вопросы для самостоятельной подготовки.

Студенты должны самостоятельно выполнить эксперимент на лабораторном стенде, обработать экспериментальные данные, проанализировать результаты и оформить отчет.

В отчет входят цель работы, схема установки со спецификацией, таблица измеряемых и рассчитываемых величин, необходимые расчеты и графики, выводы о результатах, соответствующие целям работы.

Структура пособия отвечает требованиям, предъявляемым к методике изложения учебного материала, обеспечивает условия для самостоятельной, творческой работы студентов.

## ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя следующие основные положения:

### *Общего назначения*

Все работы на установках должны проводиться только в присутствии и участии преподавателя или ответственного лица, прошедшего полный инструктаж по соблюдению правил техники безопасности.

Место, где размещена установка, запрещается загромождать посторонними предметами.

Перед включением установки произвести тщательный осмотр оборудования и приборов для определения их пригодности к работе. Электрические шнуры, вилки, розетки и выключатели не должны иметь видимых повреждений. Включать установку при наличии неисправностей запрещается.

Во время выполнения задания, студент не должен заниматься посторонними делами, не относящимися к выполнению данной работы.

Запрещается оставлять без наблюдения действующую установку.

Запрещается работать в лаборатории одному. Обязательно присутствие второго лица для оказания первой помощи в случае необходимости.

Студентам запрещается самостоятельно устранять неисправности лабораторных установок

### *По электрической части*

Ввиду наличия на установке высокого напряжения 220 В для питания электродвигателей, ТЭНов и контрольно-измерительных приборов запрещается:

- a) Проникать за защитные ограждения присоединительных клемм;
- b) Открывать распределительный щит и защитные кожухи установок;
- c) Включать и отключать установку без разрешения преподавателя;
- d) Во избежание возможного поражения электрическим током, запрещается касаться при включенной установке:
  - одновременно к проводам измерительного прибора и к трубопроводу отопления, водопровода или замыкающему контуру;
  - одновременно к корпусу измерительного прибора и к трубопроводу отопления, водопровода или замыкающему контуру.
- i) Установка должна быть немедленно отключена, если обнаружено повреждение заземления, защитного ограждения и при внезапном прекращении подачи энергии.

При появлении дыма из электронагревателя или пускорегулирующей аппаратуры, поломки оборудования его перегрева сверх допустимой температуры и при других аварийных ситуациях, немедленно сообщить преподавателю, для последующего отключения от электросети.

При поражении электрическим током необходимо немедленно вызвать врача, а до его прибытия при необходимости оказать пострадавшему первую помощь.

По окончании работы, установка должна быть отключена в строгом соответствии с указаниями, приведенными в данном методическом указании.

Перед уходом студенты обязаны привести в порядок свое рабочее место и поставить в известность преподавателя об окончании работы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19

### Исследование процессов нагрева и охлаждения. Изучение особенностей устройства и принципа действия холодильных установок

#### Введение

Многие технологические процессы необходимо проводить при температурах, отличающихся от температуры окружающей среды. Для этого применяется нагрев и охлаждение в зависимости от требуемой температуры.

Нагрев в основном можно осуществить посредством электричества (электрообогрев), горячей водой или паром. Охлаждение – используя с аккумулированный в ограниченном пространстве естественный холод (обычно в виде льда) или искусственный холод, выработанный в специальных устройствах – холодильных машинах. В настоящее время наибольшее распространение получили электрообогрев и охлаждение с помощью холодильных машин, как в данной установке.

Для интенсификации нагрева и охлаждения продукт необходимо перемешивать.

Рассмотрим более подробно принцип действия холодильных установок, которые могут работать и в режиме охлаждения, и в режиме нагрева.

В соответствии со вторым законом термодинамики непрерывное искусственное охлаждение (с помощью холодильных машин) не может происходить без затраты энергии. Совокупность процессов, которые протекают при этом, называют обратным круговым процессом или обратным термодинамическим циклом.

В прямом термодинамическом цикле теплота переносится от горячего источника к холодному при этом совершается работа. В обратном цикле теплота, наоборот, переносится от холодного к источнику с более высокой температурой, при этом затрачивается работа.

Наиболее совершенным в термодинамическом отношении является цикл Карно (названный в честь французского ученого и инженера Сади Карно, который впервые его описал). Цикл Карно – это обратный круговой

процесс, состоящий из двух адиабатических и двух изотермических процессов (проходящий против часовой стрелки, рис. 27), является теоретическим и осуществляется с минимальной затратой работы при этом разность между источниками теплоты бесконечно мала.

В холодильных машинах (установках) рабочее вещество (хладагент) совершает обратный цикл за счет механической или другой энергии. Возможны три разновидности обратных циклов: холодильный, теплового насоса и комбинированный.

Холодильная машина, работающая по холодильному циклу, служит для охлаждения какой-либо среды или поддержания низкой температуры в охлаждаемом помещении при этом теплота от источника низкой температуры  $t_{\text{инт}}$  (охлаждаемого объекта) передается окружающей среде,  $t_{\text{о.с.}}$ . Такой обратный цикл показан на рис.27,а. В процессе 4-1 к рабочему веществу от источника низкой температуры (низкопотенциального источника) подводится удельная теплота  $q_0$ , за счет которой холодильный агент кипит при постоянной температуре  $t_0$  и давлении  $p_0$ . Процесс 1-2 рабочее вещество сжимается в компрессоре с затратой энергии  $I_k$ , при этом происходит повышение давления от  $p_0$  до  $p_k$  и соответственно температуры от  $t_0$  до  $t_r$ . В процессе 2-3 происходит отвод тепла  $q_k$  от рабочего вещества к окружающей среде сопровождающийся конденсацией паров хладагента при постоянной температуре  $t_k$  и давлении  $p_0$  и соответственно температуры от  $t_k$  до  $t_0$ , с совершением работы  $I_p$  в расширительном цилиндре – детандере.

Согласно второму закону термодинамики окружающей среде передается теплоты больше, чем отнимается от источника низкой температуры, на величину работы цикла

$$q_k - q_0 = l_{\text{ц}} \quad (41)$$

Работа, которую необходимо затратить для осуществления обратного цикла, равна

$$l_{\text{ц}} = I_k - I_p, \quad (42)$$

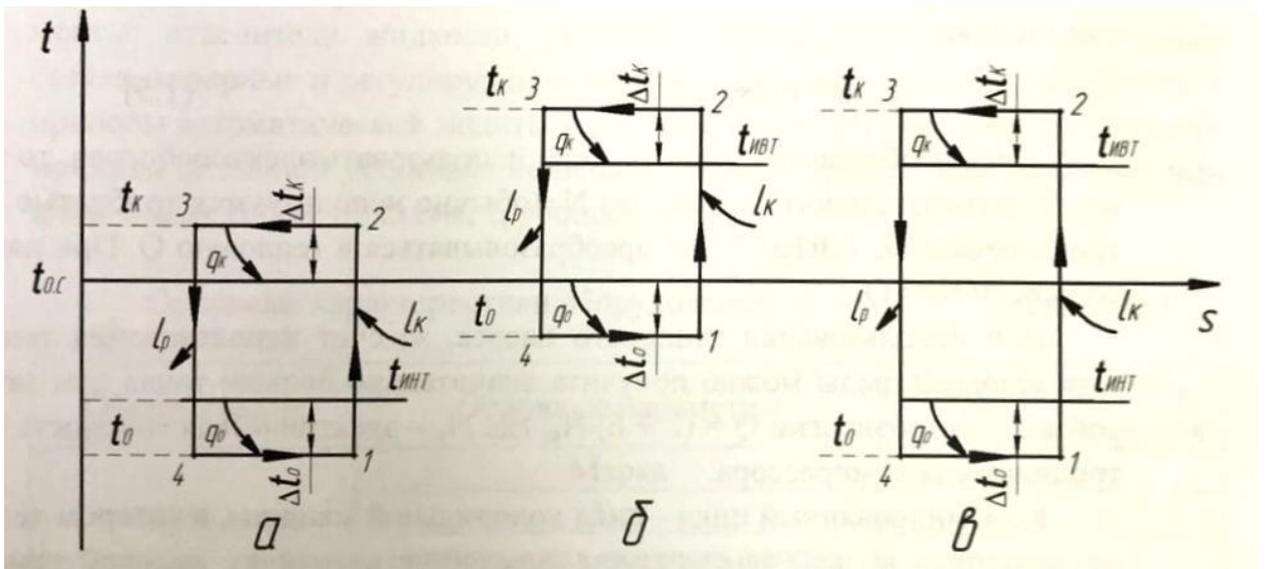


Рис. 27 – Обратные циклы в  $t - s$  диаграмме: а — холодильный; б — теплового насоса; в — комбинированный

Термодинамическая эффективность теоретического холодильного цикла характеризуется холодильным коэффициентом

$$\varepsilon^T = q_o/l_u \approx 2,5 \div 4 \quad (43)$$

Если холодильная машина работает по циклу теплового насоса, тогда теплота от окружающей среды передается источнику с более высокой температурой  $t_{ивт}$ . В этом случае холодильная машина используется для теплоснабжения (нагрева). Цикл теплового насоса показан на рис. 27, б. В процессе 4-1 к рабочему веществу подводится теплота от окружающей среды. При сжатии рабочего вещества (1-2) его температура повышается вследствие того, что работа, затраченная на повышение давления, переходит в тепло. В процессе 2-3 рабочее вещество отдает теплоту источнику высокой температуры – воде или воздуху, которые используются для отопления помещений или других технологических целей. В процессе 3-4 рабочее вещество расширяется, совершая при этом работу  $l_p$ .

Термодинамическая эффективность теоретического цикла теплового насоса определяется отопительным коэффициентом  $\mu$

$$\mu^T = q_k/I_{ц} \approx 2,5 \div 7 \quad (44)$$

Действительный отопительный коэффициент (с учетом потерь при совершении цикла)

$$\mu = Q/N_k \approx 2 \div 6 \quad (45)$$

Здесь необходимо пояснить, если использовать электрообогрев, то мощность нагревательного устройства  $N_T$  (обычно используются трубчатые электронагреватели, ТЭНы) будет преобразовываться в тепловую  $Q$ . При нагреве жидкости  $N_T \approx Q$ .

При использовании теплового насоса, за счет использования теплоты окружающей среды можно получить значительно больше тепла при затрате той же электроэнергии  $Q = (2 \div 6) \cdot N_k$ , где  $N_k$  – электрическая мощность электродвигателя компрессора.

Комбинированный цикл – цикл холодильной машины, в котором теплота от источника низкой температуры передается источнику высокой температуры. Такой цикл представлен на рис. 27, в, где 4-1 – это процесс подведения теплоты  $q_0$  к рабочему веществу, 1-2 – сжатие рабочего вещества, 2-3 – отвод теплоты  $Y_k$  от рабочего вещества к источнику высокой температуры, 3-4 – расширения рабочего вещества с получением работы.

При помощи комбинированного цикла получают одновременно холод и теплоту.

В действительных холодильных машинах процесс расширения в детандере с получением внешней работы  $l_p$  заменяют процессом дросселирования, это связано с тем, что в паровых холодильных машинах работа, получаемая (возвращаемая) в детандере мала, по сравнению с работой компрессора и для упрощения схемы и сокращения затрат на изготовление холодильной машины (детандеры по устройству сопоставимы с компрессором) детандеры заменяют дросселем, а процесс расширения соответственно дросселированием.

Тогда

$$l_u = l_k = l \quad (46)$$

Дросселированием называют эффект падения давления рабочего вещества в процессе протекания его через сужение в канале. Физическое падение давления в процессе дросселирования обусловлено диссипацией энергии потока, расходуемой на преодоление местного сопротивления. Таким местным сопротивлением может быть диафрагма, вентиль или капиллярная трубка.

Как видно из рассмотренных циклов работы холодильных машин все процессы и соответственно оборудование будет одинаковое. Отличие только в источниках температуры участвующих в теплообмене.

Основными элементами паровых холодильных машин являются: компрессор, конденсатор, испаритель и устройство для дросселирования холодильного агента, в качестве которого в данной установке используется терморегулирующий вентиль (ТРВ) и капиллярная трубка. Для безопасной, надежной и эффективной работы установки в схему включают вспомогательные элементы: отделители жидкости, ресиверы, фильтры-осушители, смотровые стекла, запорные и регулирующие вентили, обратные клапаны, устройства и приборы автоматической защиты и регулирования, рекуперативные теплообменники (в данной установке не используется) и др. Все элементы соединяются между собой, по схеме, трубопроводами.

До проведения лабораторных работ на установках студенты обязательно должны пройти инструктаж по технике безопасности согласно инструкции, которая включает в себя следующие основные положения:

#### *Общего назначения*

Все работы на установках должны проводиться только в присутствии и при участии преподавателя или ответственного лица, прошедшего полный инструктаж по соблюдению правил техники безопасности.

Место, где размещена установка, запрещается загромождать посторонними предметами.

#### *По электрической части*

Ввиду наличия на установке высокого напряжения 220 В для питания электродвигателей и контрольно - измерительных приборов запрещается:

- а) проникать за защитные ограждения присоединительных клемм;
- б) открывать распределительный щит и защитные кожухи установки;
- в) включать и отключать установку без разрешения преподавателя.

г) во избежание возможного поражения электрическим током, запрещается касаться при включенной установке одновременно питающих проводов, измерительных приборов, оборудования и трубопроводов отопления, водопровода или заземляющего контура.

д) установка должна быть немедленно отключена, если обнаружено повреждение заземления, защитного ограждения и при внезапном прекращении подачи энергии.

При появлении дыма из электронагревателей, другого оборудования или пускорегулирующей аппаратуры, поломки или перегрева компрессора сверх допустимой температуры и при других аварийных ситуациях, немедленно отключить установку аварийной кнопкой «Стоп» и сообщить преподавателю.

#### *По эксплуатации установки*

а) ввиду опасности отравления разложившимся фреоном запрещается применение открытого пламени и курение в помещении, где расположен лабораторный стенд;

б) ввиду опасности разгерметизации стенда и последующего отравления и обмороживания кожи человека не подвергать сильным механическим воздействиям аппаратуру, коммуникации и другие элементы установок, в которых протекает хладагент, а также не трогать без необходимости баллоны, находящиеся в лаборатории.

В случае обнаружения значительной утечки хладагента, следует предупредить преподавателя и немедленно включить вытяжную вентиляцию или открыть окна к двери и проветрить помещение.

Если произошло отравление хладагентом необходимо вынести пострадавшего на свежий воздух или в чистое теплое помещение. При

попадании хладагента в глаза необходимо провести обильное промывание струей воды. При попадании жидкого хладагента на кожу, во избежание обморожения следует окунуть пораженную поверхность кожи в тёплую воду.

При поражении электрическим током и при других экстренных ситуациях необходимо немедленно вызвать врача, а до его прибытия оказать пострадавшему первую медицинскую помощь.

По окончании работы установка должна быть отключена в строгом соответствии с указаниями, приведенными в данном методическом пособии.

Перед уходом студенты обязаны привести в порядок свое рабочее место и поставить в известность преподавателя об окончании работы.

### **Цель работы**

Закрепление теоретических знаний по процессам нагрева и охлаждения. Ознакомление с устройством, особенностям и принципу действия холодильных установок.

### **Задачи работы**

1. Исследовать процесс нагрева.
2. Исследовать процесс охлаждения.
3. Ознакомиться с возможными режимами работы холодильных установок.
4. Понять особенности обратных циклов работы холодильных установок.

### **Описание экспериментальной установки**

На рис. 28 представлена принципиальная схема стенда,

Стенд предназначен для выполнения комплексных задач по эмульгированию, смешиванию, нагреванию, пастеризации, инкубации, охлаждению и замораживанию пищевых продуктов,

**Внимание!** Перед первым пуском установки необходимо внимательно прочитать данный раздел, «Описание лабораторного стенда», проверить чтобы компрессор был правильно установлен на эластичных вставках. Подключить установку к водопроводной сети и канализации. Залить в циркуляционный контур теплоноситель (воду

если необходимо охлаждать или этиленгликоль если необходимо замораживать) см. рис. 28.

**Проверить аварийная кнопка АК должна находиться в отжатом положении. Для этого повернуть её по часовой стрелке (направление стрелками указано на кнопке).**

Для залива воды необходимо открыть вентиль В34, закрыть В32 и приоткрыть кран маевского (установлен на тройнике вместе с датчиком температуры 7), чтобы выпустить воздух при заправке контура. Медленно открыть кран подачи воды В33 и заполнить систему водой. При заправке давление в контуре необходимо поддерживать не выше 1 бар по манометру МН регулируя вентилями В33 и В34.

**Внимание!** Давление в циркуляционном контуре не должно быть выше 1,5 атмосферы (бар). При превышении давления сработает предохранительный клапан, и давление (вода «сбросится») в предохранительную емкость.

Когда циркуляционный контур заполнится водой (урavnительная емкость УЕ должна быть заполнена полностью) закрыть **сначала вентиль В33**, а затем сразу же В34. Открыть вентиль В32.

Включить установку с помощью автоматического выключателя, АВ. Лампочка Л указывает на наличие питания.

Включить циркуляционный насос кнопкой «Насос (НЦ)», он должен работать без срывов, урavnительная емкость должна быть полностью заполнена водой.

Если насос отключится и в урavnительной емкости будет воздушная пробка, необходимо долить воду.

Приоткрыть кран маевского. Медленно открыть кран подачи воды В33 и заполнить систему водой. При заправке давление в контуре необходимо поддерживать не выше 1 бар по манометру МН.

**Внимание!** Если воду или этиленгликоль не долить, то насос не включится по датчику уровня 4.

Перечень лабораторных работ представлен в оглавлении.

Для нагрева продукта в рубашке емкости ЕР предусмотрен трубчатый нагреватель НЭ (ТЭН).

**Внимание!** На установке предусмотрена блокировка, нагрев отключится если температура теплоносителя повысится выше 90 °С, чтобы исключить перегрев и закипание теплоносителя в циркуляционном контуре.

Охлаждение горячего продукта после пастеризации необходимо сначала проводить водопроводной водой, для этого необходимо выключить насос (НЦ), открыть в первую очередь запорный вентиль В34, затем В33, закрыть В32 и обеспечить циркуляцию водопроводной воды через рубашку аппарата и слив в канализацию.

**Внимание!** Давление в циркуляционном контуре не должно быть выше 1,5 атмосферы (бар). При превышении давления сработает предохранительный клапан, и давление (вода «сбросится») в предохранительную емкость.

Окончательно охладить продукт до температуры близкой к 4 °С возможно только с помощью холодильной установки. Для этого необходимо заполнить циркуляционный контур водой и включить ТЭН, насос и компрессор холодильной установки.

**Внимание!** На установке предусмотрена блокировка, компрессор холодильной установки включится только когда температура теплоносителя будет ниже 45 °С.

Если продукт необходимо заморозить (т.е. получить температуры ниже 0 °С) следует слить воду из циркуляционного контура и залить этиленгликоль с концентрацией, обеспечивающей температуру замерзания не выше минус 20°С.

Для заправки системы этиленгликолем необходимо подсоединить заправочный шланг к штуцеру на вентиле В34, открыть вентиль и кран маевского залить жидкость используя способ сообщающихся сосудов.

Холодильная установка оснащена приборами автоматики, которые позволяют контролировать рабочие и аварийные режимы работы, (см. рис.28). Для контроля давлений кипения и конденсации холодильного агента установлено сдвоенное реле давления.

**Рекомендуем не менять настройки данных приборов аварийной защиты.**

**Холодильная установка заправлена фреоном R404a.**

Управление эмульгатором осуществляется с помощью штатного блока управления (см. инструкцию по эксплуатации «Лабораторных миксеров с высоким усилием сдвига»).

### РАБОТА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ

Блок управления имеет два режима работы:

1. Нормальный режим (рабочий);
2. Режим редактирования настроек (служебный).

#### *Нормальный режим*

В нормальном режиме происходит циклический опрос всех датчиков, подключенных к системе, все данные передаются в компьютер.

На дисплей 1 выводится текущая температура теплоносителя.

1. Давление всасывания (аварийное),  $P_{вс}$ , бар;
2. Давление нагнетания (аварийное),  $p_n$ , бар;
3. Реле протока (аварийное, от замораживания теплоносителя),  $F_a$ ;
4. Датчик уровня (аварийный, от понижения уровня),  $L_a$ ;
5. Регулирование (поддержание) температуры продукта,  $t_{см}$ ;
6. Температура теплоносителя на входе в рубашку,  $t_{тн}^{вх}$ ;
7. Температура теплоносителя на выходе из рубашки,  $t_{тн}^{вых}$ ;
8. Температура теплоносителя в рубашке,  $t_{тн}$

На дисплей 2 может выводиться (переключение осуществляется кнопкой «ВЫБОР ДИСПЛЕЯ»):

1. Температура смеси;

2. Установка температуры смеси (задействована в ручном режиме управления);
3. Текущая мощность нагревателя (в процентах).

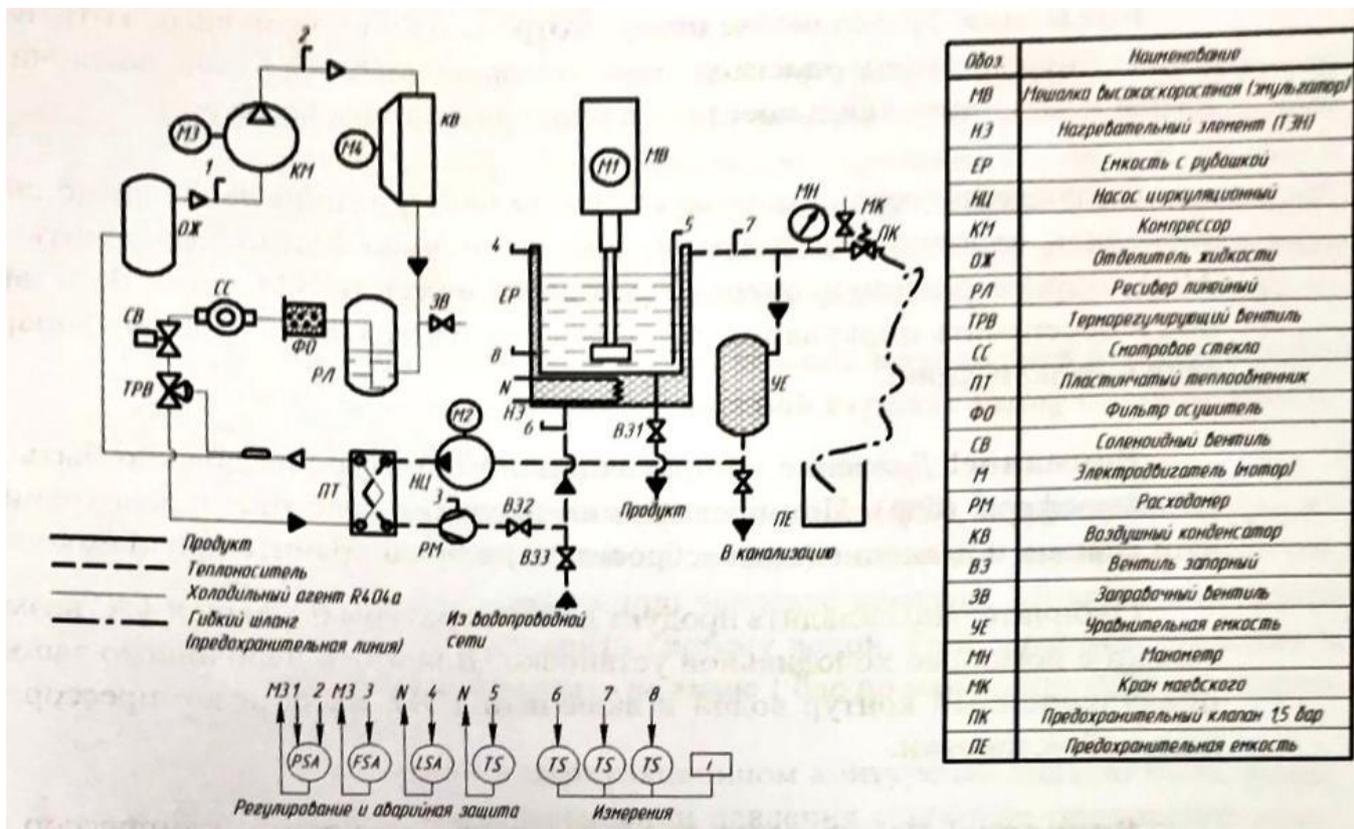


Рис. 28- Принципиальная схема установки

Установка температуры смеси для ПИД-регулятора в ручном режиме управления задается ручкой управления «ЗАДАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ УСТАВКИ»

С помощью кнопок «НАГРЕВ», «ОХЛАЖДЕНИЕ», «ЗАМОРОЗКА» блок управления переключается в соответствующий режим работы исполнительных механизмов.

- «НАГРЕВ» - невозможно включение компрессора.

**Внимание!** При превышении температуры теплоносителя 90 °С – нагреватель отключается.

- «ОХЛАЖДЕНИЕ» - контролируется температура теплоносителя.

**Внимание!** При снижении температуры до температуры замерзания или при превышении 45°C отключается компрессор.

- «ЗАМОРОЗКА» - контролируется температура теплоносителя.

**Внимание!** Необходимо поменять теплоноситель (воду слить и залить этиленгликоль с температурой замерзания не выше -20°C).

Для того, чтобы слить воду из циркуляционного контура необходимо открыть вентиль В34, В32 и кран Маевского на тройнике датчика температуры.

7. Слить воду в канализацию.

**Внимание!** Если не была произведена замена воды на этиленгликоль при охлаждении теплоносителя ниже 0°C холодильная установка (компрессор) отключится по аварийному сигналу реле протока (вода начнет замерзать – отсутствие циркуляции теплоносителя).

Установление температуры смеси осуществляется регулированием мощности нагревателя, при этом закон регулирования устанавливается либо компьютером, либо блоком управления (выбор кнопкой «ВЫБОР УПРАВЛЕНИЯ»).

В каждый момент времени проводится контроль возникновения аварийной ситуации:

- при отсутствии теплоносителя (контроль датчика уровня) невозможно включение нагревателя, компрессора, насоса;

- при отсутствии циркуляции теплоносителя невозможно включении нагревателя, компрессора. При этом возможна попытка включения насоса. Если в течение нескольких секунд после включения насоса циркуляция теплоносителя не возобновилась, то насос отключается.

При аварийной ситуации загорается лампа «ВНИМАНИЕ» до устранения причин.

К блоку могут быть подключены: нагревательный элемент, компрессор, эмульгатор, насос, 2 доп. устройства, которые управляются соответствующими кнопками, если разрешены.

Кнопка «ТЭН» - разрешает работу нагревателя (если возможно в данном режиме), при этом плавно регулируется мощность согласно заданной установки температуры переменным резистором при ручном управлении или напрямую задается компьютером, при управлении с ПК.

Кнопки «Компрессор», «Эмульгатор», «Насос» - включают соответствующие устройства, если разрешены.

Состояние включения каждого исполнительного элемента индицируется соответствующим светодиодом.

Работа всех кнопок дублируется с помощью ПК.

#### *Режим редактирования настроек*

- служит для редактирования настройки и калибровки термодатчика.

Вход в режим редактирования настроек – продолжительное (более 5 секунд) нажатие кнопки «ВЫБОР ИНДИКАЦИИ» затем продолжительное нажатие кнопки «Выбор регулирования» (более 5 секунд).

Выход продолжительное (более 5-ти секунд) нажатие кнопки «ВЫБОР ИНДИКАЦИИ».

При входе в режим:

- Отключаются все исполнительные устройства;
- Устанавливается режим просмотра настроек;
- На индикаторе «ТЕМПЕРАТУРА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ» отображается наименование текущей настройки;
- На втором индикаторе отображается значение текущей настройки;
- Переход к следующей настройке – кнопка «КОМПРЕССОР»;
- Переход к предыдущей настройке — кнопка «ТЭН».

Для входа в режим изменения текущей настройки – кнопка «ВЫБОР ИНДИКАЦИИ». При этом загорается светодиод «t° смеси», редактируемый разряд – единицы (табл. 10).

- Кнопка «НАГРЕВ» - уменьшение текущего разряда на 1.
- Кнопка «ОХЛАЖДЕНИЕ» - увеличение текущего разряда на 1.
- Кнопка «ЗАМОРОЗКА» - изменение знака значения.

- Кнопка «ТЭН» - переход к редактированию более высокого разряда.
- Кнопка «КОМПРЕССОР» - переход к редактированию более низкого разряда.
- Кнопка «ВЫБОР ИНДИКАЦИИ» - возврат в режим просмотра настроек без сохранения изменений.
- Кнопка «ВЫБОР РЕГУЛИРОВАНИЯ» - запись изменений в энергонезависимую память устройства и возврат в режим просмотра настроек.

Таблица 10 - Список доступных настроек для изменения

Наименование	Обозначение	Заводское значение
Коэффициент В термодпары температуры смеси	tC.b.0	0
Коэффициент А термодпары температуры смеси	tC.A.0	1
Коэффициент В термодпары температуры теплоносителя (на входе)	tC.b.1	0
Коэффициент В термодпары температуры теплоносителя (на входе)	tC.A.1	1
Коэффициент усиления пропорциональной составляющей ПИД-регулятора P <sub>g</sub>	r.P_G	5
Коэффициент усиления интегральной составляющей ПИД-регулятора I <sub>g</sub>	r.i_G	1
Максимальное значение накопленной ошибки регулирования интегрального звена	r.i_H	50
Минимальное значение накопленной ошибки регулирования интегрального звена	r.i_L	0
Коэффициент усиления дифференциальной составляющей ПИД-регулятора D <sub>g</sub>	r.d_G	30
Период ПИД-регулирования (сек)	r.t	30
Сброс всех настроек на заводские значения	rSt	0

\*Для сброса необходимо задать значение большее 1.

Коррекция термодпар производится согласно уравнению:

$$t = t_0 * A + B \quad (47)$$

где корректировочные коэффициенты А, В задаются пользователем.

Алгоритм ПИД-регулирования:

$Error = t_{ycm} - t_{CM}$  - Ошибка регулирования

$P = Error * P_g$  - Значение пропорциональной составляющей

$I_{state} = I_{state} + Error$  - Значение накопленной ошибки (ограниченно настройками «r.i\_H» (максимум) и «r.i\_L» (минимум))

$I = I_{state} * I_g$  - Значение интегральной составляющей

$D = D_g * (t_{CM} - D_{state})$  - Значение дифференциальной составляющей

$D_{state} = t_{CM}$  - Состояние дифференциальной составляющей

$Power = P + I - D$  - управляющее значение на нагревательный элемент.

При включении нагревателя состояния:  $I_{state}$  и  $D_{state}$  — обнуляются.

### Методика выполнения работы

Ознакомиться со схемой экспериментальной установки, расположением приборов, рис. 28 и правилами техники безопасности. Подготовить таблицы, для записей измерений, проверить готовность установки к работе.

2. Подключить стенд к сети 220 В.
3. Подключить автоматизированный стенд к USB разъему компьютера.
4. Включить установку двухполюсным АВ «Сеть 220 В».
5. Запустить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Многоцелевой технологический аппарат».
6. С помощью блока управления в ручном режиме или с компьютера включить необходимые устройства для проведения технологических процессов (см. раздел «Работа блока управления»).

Для установления необходимой температуры продукта необходимо: нажать кнопку  $t^{\circ}$  установка в окне «Выбор индикации»; вращая регулятор «Задание  $t^{\circ}$  установка» установить необходимую температуру.

**Для нагрева необходимо включить (строго по порядку):**

- Нагрев
- Насос (НЛ)
- ТЭН (НЭ)

**Внимание!** На установке предусмотрена блокировка, нагрев отключится если температура теплоносителя повысится выше 90 °С, чтобы исключить перегрев и закипание теплоносителя в циркуляционном контуре.

Для продолжения процесса нагрева после понижения температуры примерно

до 85 °С необходимо опять нажать кнопку ТЭН НЭ).

Охлаждение горячего продукта, после пастеризации (температура 80-85 °С) необходимо проводить водопроводной водой обеспечить циркуляцию водопроводной воды через рубашку аппарата и слив в канализацию.

### Обработка опытных данных и составление отчета

Таблица 11 - Основные характеристики оборудования

Оборудование	Основные параметры	Значение	Единица измерения
Эмульгатор	Марка		
	Тип		
	Номинальная скорость вращения, $n_{ном}$		Об/мин
	Максимальная скорость вращения, $n_{ном}$		Об/мин
	Мощность основного привода, $N_m$		
ТЭН	Эл. мощность		Вт
Компрессор	Марка		
	Тип		
	Холодопроизводительность, $Q_o$		Вт
	Мощность эл. двигателя, $N_k$		Вт
Конденсатор	Тип		
	Площадь поверхности, F		м <sup>2</sup>
Испаритель	Тип		
	Площадь поверхности, F		м <sup>2</sup>
Терморегулирующий вентиль, ТРВ	Марка		
Отделитель жидкости	Марка		
	Внутренний объем, V		л
Ресивер	Марка		
	Внутренний объем, V		л
Фильтр-осушитель	Марка		
Соленоидный вентиль	Марка		
Смотровое стекло	Марка		

Для охлаждения до более низких температур необходимо включить холодильную установку. Для этого необходимо включить (строго по порядку):

- Охлаждение
- Насос (HLI)

- ТЭН (НЭ)
- Компрессор (КМ)

7. После завершения экспериментов отключить установку автоматом АВ «Сеть 220 В».

### **Контрольные вопросы**

1. Каким образом на установке проводится термическая обработка продуктов?
2. Какую функцию в установке выполняет мешалка?
3. Объяснить принцип работы холодильной машины по циклу теплового насоса?
4. В чем особенность работы холодильной машины в цикле охлаждения?
5. В чем особенность работы холодильной машины в комбинированном цикле?
6. Как определить теоретический отопительный коэффициент и что он показывает?
7. Как определить теоретический холодильный коэффициент и что он показывает?
8. По каким причинам в холодильных машинах расширительный цилиндр заменяется на регулирующийся вентиль?
9. Какие устройства могут выполнять роль регулирующего вентиля и как они работают?

## РАБОТА №20

### Изучение пастеризации молока

#### Введение

Тепловая обработка – одна из основных и необходимых технологических операций переработки молока, проводимых с целью обеззараживания. Эффективность тепловой обработки связана с термоустойчивостью молока, обуславливаемой его белковым, солевым составом и кислотностью, которые, в свою очередь, зависят от времени года, периода лактации, физического состояния и породы животных, рационов кормления.

В молочной отрасли тепловая обработка проводится при температуре до 100°C – пастеризация и свыше 100°C – стерилизация.

Тепловая обработка молока представляет собой комбинацию режимов воздействия температуры (нагрева или охлаждения) и продолжительности выдерживания при этой температуре. Причем продолжительность выдержки при заданной температуре должна быть такой, чтобы был получен необходимый эффект. В молочной отрасли тепловая обработка проводится при температуре до 100 и свыше 100°C.

Основная цель пастеризации – уничтожение вегетативных форм микроорганизмов, находящихся в молоке (возбудителей кишечных заболеваний, бруцеллеза, туберкулеза, ящура и др.), сохраняя при этом его биологическую, питательную ценность и качество.

В сыром молоке определяют кислотность, термоустойчивость, делают пробу на кипячение, определяют обсемененность, группу чистоты, наличие ферментов.

Эффективность пастеризации молока зависит от температуры, продолжительности пастеризации, степени бактериальной обсемененности молока и качественного состава микрофлоры.

Проводят тепловую обработку молока при различных режимах.

Пастеризация:

- температура 75°C, выдержка 15 – 20 с.

- температура 85°C, выдержка 5 - 10 с.

Оценивают эффективность тепловой обработки. Для этого в пастеризованном молоке определяют бактериальную обсемененность, наличие фосфатазы и пероксидазы.

Микрофлору, которая остается после пастеризации молока называется *остаточной микрофлорой* пастеризованного молока. Эффективность пастеризации является высокой, если количество оставшихся бактерий составляет 0,01% от исходного содержания бактерий в молоке и низкой – при 1,5 - 2%.

Параллельно определяют эффективность пастеризации в контрольном (эталонном) образце по ГОСТ Р 52090-2003 «Молоко коровье пастеризованное».

### **Цель работы**

Изучение процесса тепловой обработки молока.

### **Задачи работы**

1. Определить качество сырого молока.
2. Изучить процесс его пастеризации.
3. Определить эффективность тепловой обработки.

### **Описание экспериментальной установки**

Смотри лабораторную работу № 9.

### **Обработка опытных данных и составление отчета**

Делают выводы о проведенных исследованиях и результаты заносят в табл. 12.

Таблица 12 - Результаты тепловой обработки молока

Наименование образца	Кислотность	Термоустойчивость	Группа чистоты	Бактериальная обсемененность	Наличие ферментов

### **Форма отчетности**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Режимы пастеризации.
4. Таблица с результатами тепловой обработки (табл. 12).
5. Анализ результатов.

6. Заключение.

### **Контрольные вопросы**

1. Тепловая обработка молока.
2. Пастеризация. Виды пастеризации.
3. Как определяется эффективность пастеризации молока?
4. Цель пастеризации молока.
5. Факторы, влияющие на эффективность пастеризации.
6. Обоснование выбора режимов тепловой обработки при производстве различных молочных продуктов.
7. Как изменяются физико-химические свойства молока при тепловой обработке?

## РАБОТА №21

### Изучение технологии кисломолочных напитков, производство йогурта

#### Введение

Йогурт - кисломолочный напиток с повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока, вырабатываемый из молока или молочной смеси с добавлением сухого молока, сахара-песка, плодово-ягодных сиропов, сквашиванием чистыми культурами молочнокислых стрептококков и болгарской палочки. Йогурт вырабатывают жирный, жирный сладкий и жирный плодово-ягодный термостатным и резервуарным способами.

Сырьем для этого продукта служат цельное молоко, сливки для нормализации молочной, смеси по содержанию жира, сухое цельное или обезжиренное молоко распылительной сушки для повышения концентрации сухих веществ, вкусовые и ароматические вещества (сахар-песок, сиропы из натуральных плодов и ягод).

Смесь для йогурта составляют в соответствии с рецептурой, которая разработана с учетом жирности нормализованного молока, сухого цельного и обезжиренного молока с добавлением закваски на обезжиренном молоке и вкусовых и ароматических наполнителей. Жирность нормализованной смеси в зависимости от вида йогурта и жирности компонентов, вносимых в молочную смесь, составляет 5,65 - 5,9 %.

Нормализованную молочную смесь подогревают до температуры 35 - 40°C вносят в нее сухое цельное или обезжиренное молоко и сахарный сироп при изготовлении сладкого йогурта. Молоко тщательно перемешивают до полного растворения сухого молока. Смесь подогревают до температуры 50 - 60 °C а секции регенерации пластинчатого аппарата и направляют на очистку и гомогенизацию при давлении 10 - 15 МПа. Затем смесь пастеризуют при температуре 80 - 85 °C с выдержкой 10 - 15 минут при температуре 90 - 92 °C с выдержкой 2 - 3 минуты, охлаждают до 42 - 45 °C и заквашивают, добавляя 5% закваски.

При выработке плодово-ягодного йогурта сквашенное до 80 °Т молоко охлаждают до температуры 6 - 8 °С, сироп вносят в охлажденный сгусток перед розливом при резервуарном способе или в молоко перед заквашиванием при термостатном способе производства.

*Йогурт молочно-растительный* вырабатывают из нормализованной (по массовой доле жира) смеси обезжиренного молока, масла сливочного или растительного жира, соевого белка с добавлением или без добавления стабилизаторов, сахара или подсластителей, сквашенной закваской, приготовленной на чистых культурах болгарской палочки и термофильного стрептококка. Ниже в табл. 13 приводится рецептура йогурта.

Таблица 13 - Рецептура йогурта молочно-растительного, кг на 1000 кг без учета потерь

Компонент	Норма (кг) для напитка с массовой долей жира, %					
	2,5			3,2		
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
1	2	3	4	5	6	7
Молоко:						
Цельное с массовой долей жира 3,2%	450,0	—	—	450,0	—	—
Обезжиренное сухое	—	47,0	47,0	—	47,0	47,0
Масло сливочное крестьянское 72,5% жирности	—	—	33,8	—	—	43,5
Жир (99,9% жира):						
Молочный концентрированный	—	24,5	—	1,5	31,5	—
Специальный растительный жир	10,6	—	—	16,0	—	—
Белок соевый изолированный	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
Вода питьевая	473,9	863,0	853,7	467,0	856,0	844,0
Закваска	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0

Технологический процесс производства молочно-растительного йогурта аналогичен обычному йогурту из коровьего молока. Массовая доля жира в готовом продукте составляет 2,5% или 3,2%, сахарозы 6,5%. Срок годности готового напитка составляет 5 суток при температуре хранения 4 ±2°С.

1. Молоко цельное – 3 л.
2. Молоко обезжиренное сухое – 1 кг.
3. Масло сливочное крестьянское, жирность 72,5 % – 200 г.
4. Белок соевый изолированный – 200 г.
5. Закваска термофильная – 600 г.
6. Реактивы.
7. Приборы для определения жира, кислотности, белка.
8. Термометры, пипетки, колбы, мерные цилиндры.
9. Весы технические.
10. Стаканчики для фасования продукта.

### **Методика выполнения работы**

1. Преподаватель распределяет задание среди группы студентов, указывает нужные рецептуры и имеющееся сырье.
2. Студенты рассчитывают закладку сырья по рецептуре и составляют таблицу по аналогии с табл. 13.
3. Проводят, нормализуют смесь по жиру, пастеризуют составленную смесь, охлаждают и вносят закваску и ставят в термостат для сквашивания.
4. Для полученного продукта определяют химические и органолептические показатели.

### **Обработка опытных данных и составление отчета**

По проведенным анализам готовой продукции делают заключение о соответствии продукта требованиям стандарта.

Таблица 14 – Результаты измерений

№ п.п	Тех. процесс	Хар. параметр	Время процесса	Примечание
1	Нагрев	$t=40^{\circ}\text{C}$	$\tau=5\text{мин}$	
и т.д.				

### Форма отчетности

1. Название работы.
2. Цель работы.

3. Схема выработки йогурта.
4. Таблица рецептуры для производства йогурта молочно-растительного (см. табл. 13).
5. Таблица с результатами выработки готового продукта, режимами технологического процесса (табл. 14).
6. Анализ результатов.
7. Заключение.

### **Контрольные вопросы**

1. Принцип классификации кисломолочных продуктов?
2. Состав заквасок для йогурта?
3. Режимы пастеризации при производстве кисломолочных напитков?
4. Способы производства кисломолочных напитков?

## РАБОТА №22

### Изучение технологии производства кисломолочных продуктов

#### Введение

Кисломолочные напитки – это кисломолочные продукты жидкой или полужидкой консистенции, вырабатываемые сквашиванием молока чистыми культурами кисломолочных бактерий с добавлением или без добавления дрожжей и уксуснокислых бактерий. К ним относятся кефир, ацидофилин, ацидофильное молоко, ацидофильно-дрожжевое молоко, кисломолочные напитки под названиями, кумыс, йогурт. В противоположность напиткам различные виды простокваши должны иметь прочный сгусток и ненарушенную консистенцию. Их поэтому относят к кисломолочным продуктам.

Основной ассортимент кисломолочных напитков и продуктов довольно разнообразен. Национальные кисломолочные напитки из коровьего молока, молока кобыльего, верблюжьего и буйволиного и кисломолочные напитки из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки значительно дополняют основной ассортимент кисломолочных напитков и продуктов.

Кисломолочные напитки и продукты вырабатывают как из цельного молока, так и из маложирного и обезжиренного, пахты и сыворотки. Они имеют специфический вкус (от чистого кисломолочного, освежающего, до легкого привкуса дрожжей, свойственного доброкачественному продукту, без посторонних привкусов и запахов); свойственную им консистенцию (от однородной, напоминающей жидкую сметану до ровного нежного сгустка без заметного выделения сыворотки) и свойственный продукту цвет (от молочно-белого до кремового или бурого оттенка, равномерного по всей массе).

Условно-кисломолочные продукты и напитки классифицируют по следующим признакам:

- способу производства: выработанные резервуарным и термостатным способом;

- консистенции готового продукта: с нарушенным и ненарушенным сгустком;

- химическим показателям: жирные, маложирные и нежирные; продукты с повышенным содержанием сухих обезжиренных веществ молока; продукты с добавлением сахара или плодово-ягодных сиропов; продукты, обогащенные витаминами;

- исходному сырью: продукты из коровьего, кобыльего, буйволиного и верблюжьего молока; продукты из обезжиренного молока, пахты и сыворотки;

- видам закваски, продукты, приготовленные с использованием: многокомпонентных заквасок; мезофильных молочнокислых стрептококков; термофильных молочнокислых бактерий, термофильных и мезофильных молочно-кислых бактерий, ацидофильной палочки.

К жирным кисломолочным продуктам и напиткам относят готовые продукты с массовой долей жира 6; 4 и 3,2%, к маложирным – соответственно 2,5; 1,5 и 1%; к нежирным – продукты из обезжиренного молока, пахты и сыворотки; к продуктам с повышенным содержанием белка – кефир таллинский, йогурт, кефир русский, кефир особый и др.

К продуктам с вкусовыми наполнителями и витаминизированным относятся ацидофилин и ацидофильное молоко жирные и сладкие, йогурт жирный сладкий и плодово-ягодный, ряженка украинская сладкая, кефир жирный с витамином С, кефир фруктовый, напитки по названиям сладкие и с плодово-ягодными наполнителями.

Основным сырьем при выработке кисломолочных диетических напитков и продуктов является молоко цельное и обезжиренное молоко. Ряд кисломолочных продуктов изготавливают с использованием пахты и молочной сыворотки.

Некоторые национальные напитки по названиям вырабатывают из буйволиного и верблюжьего молока. Кумыс вырабатывают из обезжиренного коровьего молока и кобыльего молока, напиток "Лаптеакру" – из сливок и молока. Производство кисломолочных диетических продуктов и напитков в

основном отличается режимами тепловой и механической обработки сырья, составом и количеством добавляемой закваски, температурой и продолжительностью сквашивания.

*Простокваша* – наиболее распространенный кисломолочный продукт, имеющий пресный вкус и в основном ненарушенный ровный нежный сгусток.

Предприятия молочной промышленности вырабатывают широкий ассортимент простокваши: простокваша обыкновенная, южная простокваша, мечниковская простокваша, варенец, ацидофильная простокваша, ряженка, йогурт.

Мечниковскую простоквашу – вырабатывают из молока сквашиванием чистыми культурами молочнокислых стрептококков и болгарской палочки. Добавление болгарской палочки обуславливает выраженный острый вкус и нежную, но плотную консистенцию готового продукта. Кислотность этого продукта также незначительна (80 - 110°Т). Молоко заквашивают в резервуарах. Сквашивание молока ведут при температуре 38 °С в течение 5 – 6ч до кислотности 70 - 75 °Т в специальных стеклянных баночках из желтого стекла, затем продукт охлаждают в холодильных камерах.

*Варенец* - вырабатывают из стерилизованного или топленого молока сквашиванием чистыми культурами молочнокислых стрептококков с добавлением или без добавления молочнокислой палочки. Высокотемпературная обработка придает продукту специфический вкус топленого молока и кремовый с буроватым оттенком цвет. Молоко стерилизуют в автоклавах при температуре 120°С с выдержкой в течение 15 - 20 минут или нагревают до температуры 95°С и выдерживают при этой температуре не менее 3 ч. Молоко заквашивают в резервуарах, разливают в бутылки и сквашивают при температуре 40 - 45°С до кислотности 80 - 100°Т, после чего быстро охлаждают до температуры 6 - 8°С. Кислотность готового продукта 80 - 110°Т, в нем допускается наличие коричневых молочных пенек.

*Ацидофильную простоквашу* – вырабатывают из молока сквашиванием чистыми культурами молочнокислых стрептококков и ацидофильной

палочки. Присутствие ацидофильной палочки обуславливает некоторую тягучесть простокваши и несколько меньшую кислотность.

Пастеризованное, охлажденное и заквашенное молоко, разлитое в стеклянные баночки, сквашивают при температуре 40 - 42°C до кислотности 100°Т. После образования сгустка ацидофильную простоквашу быстро охлаждают в холодильных камерах до температуры 6 - 8°C. Кислотность готового продукта должна, составлять 100 - 110°Т.

*Ряженка* – представляет собой простоквашу, вырабатываемую из нормализованного молока, подвергнутого гомогенизации, пастеризации при температуре не ниже 95°C, выдержке при этой температуре в течение 3 - 4 ч и затем сквашенного чистыми культурами молочнокислого стрептококка. В процессе выдержки молока при температуре 95°C происходит частичное испарение влаги, что вызывает увеличение концентрации составных частей. Поэтому при нормализации обеспечивают смесь, содержащую 3,9 и 5,8% жира. Ряженку вырабатывают термостатным и резервуарным способами.

Молочную смесь охлаждают до температуры 40 - 45°C и заквашивают закваской на термофильных расах стрептококка. Вкус готового продукта должен быть чистым, кисломолочным, с выраженным привкусом пастеризованного молока; сгусток плотный, цвет кремовый с буроватым оттенком, кислотность 70 - 110 °Т.

### **Цель работы**

Изучение технологии кисломолочных продуктов на примере производства ряженки, варенца, мечниковской простокваши.

### **Задачи работы**

1. Ознакомиться с технологией производства кисломолочных продуктов.
2. Производство ряженки.
3. Производство варенца.
4. Производство мечниковской простокваши.

### **Описание экспериментальной установки**

Смотри лабораторную работу №9.

## Методика выполнения работы

- определить интенсивность сквашивания молока молочнокислыми бактериями при производстве ряженки, варенца, мечниковской простокваши.
- провести оценку качества сквашенного продукта.

Кислотность определяют титрованием, выделение сыворотки – центрифугированием. Сгусток кисломолочного продукта тщательно перемешивают до однородного состояния, раздробленный сгусток заливают в 3 центрифужные пробирки на 10 мл до метки. Пробирки устанавливают на 10 минут в водяную баню при температуре 30 - 35°C, после чего центрифугируют в течении 10 минут. Отсчитывают количество выделившейся сыворотки.

Молоко цельное и обезжиренное залить в емкость, нагреть молоко до 80 - 85°C, выдержать 5 - 10 минут, а затем охладить до температуры сквашивания, которую устанавливают, а зависимости от вида закваски. Внести закваску в количестве 5 - 7%. Через каждый час отбирать пробу сквашиваемого молока и определить кислотность в °Т. Результаты анализов занести в табл. 15.

Таблица 15 – Результаты измерений

Вид продукта	Наращение кислотности, °Т				
	0 ч	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч
Простокваша					
Ряженка					
и т.д.					

## Обработка опытных данных и составление отчета

В конце сквашивания определяют органолептические показатели, кислотность, выделение сыворотки от сгустка, результаты записывают в табл. 16.

Таблица 16 – Результаты измерений

Вид продукта	Кислотность, °Т	Выделение сыворотки, мл	Вкус и запах	Консистенция
Простокваша				
Ряженка				
и т.д.				

Сквашенный продукт проверяют на бактериальную чистоту, проводя микроскопирование окрашенных препаратов.

#### Форма отчетности

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Составить схему технологических процессов производства кисломолочных продуктов термостатным и резервуарным способом с указанием режимов.
4. Заполнить таблицы.
5. Построить графики нарастания кислотности при сквашивании.
6. Сделать выводы о способности сгустков, сквашенных разными культурами, выделять сыворотку.

#### Контрольные вопросы

1. Принцип классификации кисломолочных продуктов.
2. Способы производства кисломолочных напитков.
3. Режимы пастеризации при производстве кисломолочных продуктов.
4. Составы заквасок для ряженки, мечниковской простокваши, ацидофильной простокваши, варенца.

## РАБОТА №23

### Подготовка и отверждение смеси мороженого

#### Введение

Мороженое представляет собой сладкий продукт, получаемый замораживанием жидкой смеси, состоящей из молока, молочных продуктов, ароматических веществ, яичных продуктов и стабилизаторов с одновременным взбиванием в эту смесь воздуха.

Мороженное разделяют на закаленное, мягкое и домашнее. Мягким называют мороженное, которое изготавливают на предприятиях общественного питания и употребляют сразу же после выхода из фризера (температурой  $-5 \pm -7^{\circ}\text{C}$ ). Оно содержит 45 - 55% вымороженной влаги и по консистенции и внешнему виду напоминает крем.

Закаленное мороженное – это мороженное изготовляемое в производственных условиях, которое после выхода из фризера заморожено (закалено) до низких температур ( $-18^{\circ}\text{C}$  и ниже). В таком виде его сохраняют до реализации. Закаленное мороженное отличается высокой твердостью. Оно содержит 75-85% вымороженной влаги.

Технологическая схема производства мягкого мороженого включает следующие операции: подготовка и смешивание сырья, пастеризация смеси, фильтрование, гомогенизация, охлаждение, нормализация, выдержка и хранение смеси, фризирование смеси, фасовка. Мягкое мороженное необходимо сразу после приготовления употребить.

Сырье для производства мягкого мороженого: молоко, сливки, сгущенное и сухое молоко (цельное и обезжиренное), сахар, различные стабилизаторы и ароматизаторы.

Взбитость ( $S$ , %) мороженого определяют по формуле:

$$S = \frac{V_M V_C}{V_C} \cdot 100 \quad (48)$$

где  $V_C$  – объем исходного смеси, л;

$V_M$  – объем мороженого, л.

Мороженое с недостаточной (низкой) взбитостью тяжелое, характеризуется леденистой структурой, очень сильно охлаждает полость рта, быстро тает. Нередко в таком мороженом отмечается пересыщенный вкус. Продукт с излишне высокой взбитостью имеет недостаточно выраженный вкус, в процессе хранения нередко приобретает порок "снежистости" (особенно плодово-ягодное).

Взбитость мороженого, полученного методом периодического фризирования, составляет не менее в % - молочное - 80; сливочное, пломбир - 60; плодово-ягодное - 40.

Взбитость мороженого, полученного на фризерах непрерывного действия, должна быть в пределах от 60 до 120%.

### **Цель работы**

Изучение технологии производства мороженого.

### **Задачи работы**

1. Ознакомиться с технологией производства мороженого.
2. Температурные режимы при выработке мороженого.
3. Изготовление мягкого мороженого.

### **Описание экспериментальной установки**

Смотри работу № 9.

### **Методика выполнения работы**

- составить смесь по рецептуре;
- выработать мороженое с разными концентрациями стабилизатора;
- определить состав и физико-химические показатели мороженого.

Определить химический состав, и качество компонентов для составления смеси заданного вида, мягкого мороженого. Рассчитать рецептуру для составления 3-4 л готовой смеси.

Молочными компонентами в данном случае могут служить:

- молоко коровье цельное и сливки;
- масло коровье несоленое;
- молоко цельное сгущенное с сахаром;

- молоко коровье сухое обезжиренное и цельное.

В производстве мороженого рецептуру для составления смеси рассчитывают алгебраическим методом, исходя из состава сырья и готового продукта. Разрешается заменять один вид молочного сырья другим, сохраняя в мороженом расчетное содержание жира, сахара и общее количество сухих веществ согласно принятой рецептуре.

Для расчета рецептуры составляют количество уравнений по числу видов сырья.

Первое уравнение составляют по массе готового продукта и сырья, а остальные уравнения - по балансу составных частей.

Пусть  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$  – масса первого, второго, третьего ...  $n$  видов сырья, кг;

$J_1, J_2, J_3, \dots, J_n$ , – массовая доля жира в соответствующих видах сырья, %;

$O_1, O_2, O_3, \dots, O_n$  – массовая доля сухого обезжиренного остатка в соответствующих видах сырья, %;

$J_{см}, O_{см}$  – соответственно массовая доля жира и сухого обезжиренного остатка в смеси.

Определяют массу немолочных видов сырья  $m_{не}$  (сахара и стабилизаторов) и вычитают ее из общего количества заданной смеси.

Далее составляют первое уравнение по количеству молочного сырья:

$$m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n = m_{см} - m_{не} \quad (49)$$

второе уравнение по жиру:

$$m_1 \cdot J_1 + m_2 \cdot J_2 + m_3 \cdot J_3 + \dots + m_n \cdot J_n = m_{см} \cdot J_{см} \quad (50)$$

третье уравнение по СОМО:

$$m_1 \cdot O_1 + m_2 \cdot O_2 + m_3 \cdot O_3 + \dots + m_n \cdot O_n = m_{см} \cdot O_{см} \quad (51)$$

Решают уравнения совместно и определяют количество молочных видов сырья  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$

При наличии в составе сырья сгущенного молока с сахаром составляют уравнение по балансу сахара в смеси. Составляют таблицу на заданную массу мягкого мороженого (табл. 17).

Таблица 17 – Результаты измерений

Компоненты сырья	Масса, кг	Масса, кг			
		Жиры	СОМО	Сахара	Всего сухих веществ
Молоко					
Сливки					
и др.					
Итого					

Сырье перемешивают в емкости в следующем порядке:

- сначала вводят жидкие продукты: молоко, сливки, воду;
- добавляют сгущенные молочные продукты: сгущенное цельное, обезжиренное и др.;
- вносят сухие продукты: сухие молочные продукты, сахар, стабилизаторы и др.

Сырье смешивают при температуре 35 - 45 °С для достижения наиболее полного и быстрого растворения.

Ванилин (количество указывает преподаватель) растворяют в небольшом количестве приготовленной смеси. При использовании сухой смеси ее восстанавливают путем растворения в воде с температурой не выше 25°С из расчета 1,70 кг воды на 1 кг сухой смеси или 0,370 кг сухой смеси для приготовления 1 кг мороженого.

Сухую смесь растворяют следующим образом. В посуду налить отмеренное количество воды, высыпать сухую смесь, дать постоять 2 - 3 мин, затем периодически перемешивать 15 - 20 минут до полного растворения порошка.

Раствор стабилизатора готовят заранее с соответствующей подготовкой и определенными режимами введения в смесь мороженого.

Желатин предварительно выдерживают в холодной воде в течение 30 минут затем нагревают до 60°C для более эффективного растворения и вносят в смесь при пастеризации в виде 10% - го раствора.

Агар подвергают набуханию, нагревают с водой в пропорции 1:10 до 80 - 85 °С и вводят в смесь при температуре 60 - 65°C.

Метилцеллюлозу вносят в виде 1% - го раствора на воде или молоке. В последнем случае заливают горячим молоком, нагревают до 85°C, выдерживают 5 минут, затем охлаждают до 5-6°C и фильтруют. Пастеризуют и охлаждают при непрерывном перемешивании.

Вода или молоко для приготовления раствора стабилизаторов входит в общее количество, предусмотренное рецептурой.

При производстве мороженого применяются следующие количества стабилизаторов в %:

- желатин 0,5;
- агар 0,3;
- мука пшеничная 2,0;
- метилцеллюлоза 0,2.

Смесь мягкого мороженого пастеризуют при 72°C в течение 15 минут, гомогенизируют или обрабатывают в эмульсоре (при наличии гомогенизатора или эмульсора) и охлаждают до температуры не выше 7°C.

При использовании желатина смесь выдерживают при температуре 5 - 6°C в течение 2-3 часов, затем отфильтровывают через 2 слоя марли. Далее проводят процесс фризирования на фризере периодического действия. Готовую смесь в случае её неиспользования хранить при температуре 4°C.

Взбитость мороженого определяют по изменению массы одного и того же объема смеси и мороженого.

### **Обработка опытных данных и составление отчета**

При оформлении работы необходимо составить схему технологического процесса производства мягкого мороженого (табл. 18) и выполнить расчеты. Заполнить табл. 19.

Таблица 18 – Схема технологического процесса

№ п.п	Тех. процесс	Параметр	Время процесса	Примечание
1	Нагрев	$t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\tau = 5\text{ мин}$	
и т.д.				

Таблица 19 – Результаты измерений

Вид мороженого	Стабилизатор и его количество	Массовая доля, %		Взбитость, %	Характер
		жира	СВ		

#### Форма отчетности

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Составить технологическую схему производства мягкого мороженого с указанием режимов.
4. Заполнить таблицы.
5. Сделать выводы по взбитости и характеру консистенции.

#### Контрольные вопросы

1. Виды и ассортимент мороженого.
2. Методы расчета рецептур.
3. Назначение компонентов смеси.
4. В чем заключается процесс фризирования?
5. От чего зависят величина взбитости и объемная доля воздуха в мягком мороженом?

## РАБОТА №24

### Изучение процессов нагрева и охлаждения пищевых продуктов

#### Введение

На предприятиях пищевой промышленности одним из наиболее распространенных процессов является тепловая обработка продуктов.

В зависимости от характера и цели технологического процесса тепловая обработка связана с нагреванием или охлаждением, а также поддержание температуры продукта на определенном уровне.

Пищевые жидкости с целью их пастеризации или стерилизации необходимо нагреть до высокой температуры (см. ЛР2), затем эти жидкости охлаждают до сравнительно низкой температуры (обычно от 0 до +5°C).

При нагреве к продукту подводится тепло, а при охлаждении соответственно необходимо отвести тепло.

Количество теплоты (Дж) определяется по формуле

$$Q = G \cdot c_p (t_n - t_k), \quad (52)$$

где  $G$  – масса продукта, кг;

$c_p$  – удельная теплоемкость продукта при средней температуре, Дж/(кг·К) [11];

$t_n, t_k$  – начальная и конечная температура продукта соответственно, °С.

Необходимо отметить, что формулой можно воспользоваться только в тех случаях, когда продукт не меняет своего агрегатного состояния.

Процессы с изменением фазового состояния более сложные.

Так, например, при замораживании необходимо учитывать фазовое превращение воды, находящейся в продукте, в лед.

При обработке продуктов в пищевой промышленности отдельно проводить процессы нагрева и охлаждения экономически невыгодно. Поэтому очень часто используют процесс рекуперации. Если горячую жидкость направить во внутреннюю полость поверхностного теплообменного аппарата, а холодную подавать в межтрубное пространство, то горячая жидкость

охладится, а холодная нагреется, в результате будут сэкономлены теплота для нагрева и холод для охлаждения этих жидкостей. Процесс обратной передачи теплоты от уже нагретой горячей среды к среде, поступающей на подогрев, с целью утилизации теплоты горячей среды, в технике принято называть рекуперацией теплоты.

Холодный продукт, проходя через рекуператор, будет нагреваться от температуры и до температуры рекуперации  $T_r$ , несколько меньшей температуры

Количество теплоты, используемой в рекуператоре, находится из уравнения

$$Q_p = G \cdot c_p (t_p - t_i) \quad (53)$$

Эффективность работы рекуператора характеризуется коэффициентом рекуперации, который представляет собой отношение количества теплоты, использованной в рекуператоре, к количеству теплоты, необходимой для нагревания продукта от его начальной температуры до конечной (например, температуры пастеризации или стерилизации).

$$\varepsilon = \frac{Q_p}{Q} = \frac{t_p - t_H}{t_K - t_H} \quad (54)$$

### **Цель работы**

Закрепление теоретических знаний по процессам термической обработки продуктов.

### **Задачи работы**

1. Ознакомиться с возможными режимами термической обработки продуктов.
2. Определение количества тепла необходимого для нагрева продукта.
3. Определение количества тепла необходимого для охлаждения продукта.

### **Описание экспериментальной установки**

Смотри лабораторную работу № 9.

### **Методика выполнения работы**

Залить воду (или продукт, например, молоко) по указанию преподавателя провести нагрев, а затем охлаждение.

По формуле определить количество теплоты, требуемое для нагрева и расход холода для охлаждения, значения занести в табл. 20.

### **Обработка опытных данных и составление отчета**

Результаты измерений и расчетов вносим в табл. 20.

Таблица 20 - Протокол результатов измерений и вычислений

№ п.п	G, кг	$t_n$ , °C	$t_k$ , °C	$C_p$ , Дж/(кг·К)	Q, Вт
Нагрев					
Охлаждение					

### **Форма отчетности**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Режимы нагрева и охлаждения.
4. Таблица с результатами тепловой обработки (табл. 20).
5. Анализ результатов.
6. Заключение.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое нагрев? Как можно нагреть продукт?
2. Что такое охлаждение? Как можно охладить продукт?
3. Что такое процесс рекуперации? Как определить эффективность процесса рекуперации?
4. В каких целях применяют процесс рекуперации?
5. Как определить количества тепла необходимого для нагрева?
6. Как определить расход холода необходимого для проведения процесса охлаждения?

## РАБОТА №25

### Замораживание пищевых продуктов

#### Введение

Замораживание – это процесс холодильной обработки пищевых продуктов, в результате которой содержащаяся в продуктах капельно-жидкая влага полностью или частично превращается в лед.

Вследствие обезвоживания и воздействия низких температур, препятствующих жизнедеятельности микроорганизмов, замороженные продукты приобретают более высокую стойкость при хранении по сравнению с охлажденными продуктами.

Основной причиной повышения стойкости к порче замороженных продуктов является замерзание воды, а не собственно понижение температуры, которое имеет второстепенное значение, хотя практически действие этих двух факторов неразделимо. Это объясняется тем, что капельно-жидкая влага, в которой растворены многие органические и минеральные вещества, представляет благоприятную среду для биохимических реакций и жизнедеятельности микроорганизмов.

При льдообразовании диффузионное перемещение растворимых в воде веществ прекращается, а, следовательно, прекращается питание микроорганизмов и осуществление биохимических реакций.

Образующиеся в начале замерзания кристаллы состоят из чистой воды, а вещества, растворенные в соке, остаются в жидкой фазе. Каждому значению температуры продукта ниже начальной кристаллической точки соответствует вполне определенное количество воды, вымороженной из раствора. Полностью весь раствор в продукте замерзает при криогидратной (эвтектической) температуре.

$$t_3 = (-55 - 65)^\circ\text{C} \quad (55)$$

Количество вымороженной воды, выражают в долях единицы от общего содержания воды в продукте и определяется по формуле

$$\omega = \frac{1,105}{1 + \frac{0,31}{lg(t+(1-t_{кр}))}} \quad (56)$$

где  $t$  - температура, при которой определяется количество вымороженной воды, °С;

$t_{кр}$  - криоскопическая температура продукта, °С.

Криоскопической называется температура при которой вода, находящаяся в продукте, начинает превращаться в лед. Как видно из графика, рис. 29 криоскопическая температура не постоянная величина, а меняется по мере вымораживания воды. В практических расчетах криоскопическую температуру принимают постоянной, она приводится в справочной литературе [11].

Температуры и тер берутся в градусах Цельсия по абсолютной величине (без знака, минус).

Количество тепла, отведённого от продукта в процессе замораживания, включает теплоту, отводимую при понижении температуры продукта от начальной до криоскопической (процесс a-b, рис. 29), теплоту фазового превращения основной, не связанной воды в лед (процесс b-c) и теплоту, отводимую при дальнейшем понижении температуры до конечной с одновременным фазовым переходом связанной воды в лед (процесс c-d)

$$Q = G(c_o(t - t_{кр}) + \phi - 0 - r + c_m(t_{кр} - t_k)) \quad (57)$$

где,  $G$  – масса замораживаемого продукта, кг;

$c_o$  – удельная теплоемкость незамороженного продукта, кДж/(кг·К);

$c_m$  – удельная теплоемкость замороженного продукта, кДж/(кг·К);

$t_n$  – начальная температура продукта, °С;

$t_k$  – конечная температура замороженного продукта, °С;

$\phi$  – влажность продукта, в долях единицы;

$\omega$  – доля вымороженной воды при средней конечной температуре замораживания, в долях единицы;

$r = 335$  кДж/кг – удельная теплота затвердевания воды.

Количество тепла, отводимого при замораживании можно определить, зная теплосодержание продукта

$$Q=G (i_H - i_K), \quad (58)$$

где  $i_H, i_K$  – теплосодержание продукта при начальной и конечной температуре (прил. 7).

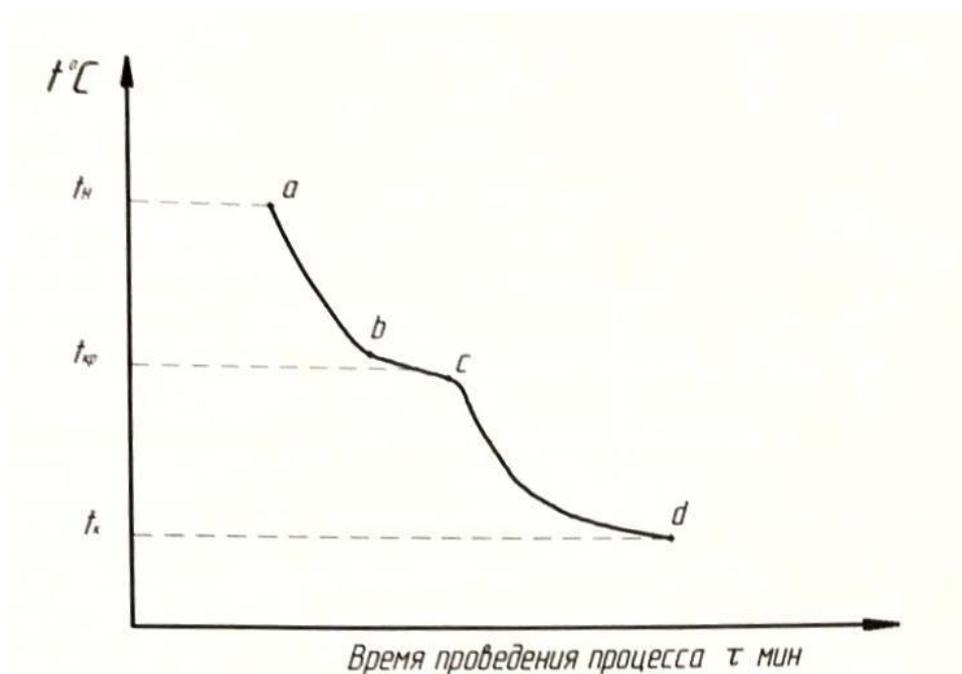


Рис. 29 - Процесс замораживания

### Цель работы

Закрепление теоретических знаний по процессам замораживания пищевых продуктов.

### Задачи работы

1. Ознакомиться с возможными режимами термической обработки продуктов.
2. Экспериментально-аналитическим путем определить количество воды, вымороженной из продукта при его замораживании.
3. Построить график зависимости количества вымороженной воды ( $\omega$ ) от температуры замораживаемого пищевого продукта ( $t$ ),  $\omega = f(t)$ .
4. Определить количество тепла, отведенного от продукта при замораживании.

5. Составить отчет о выполненной работе.

### Описание экспериментальной установки

Смотри лабораторную работу № 9.

### Методика выполнения работы

По результатам замеров определяется количество вымороженной воды ( $\omega$ ). По полученным данным построить график зависимости количества вымороженной воды от температуры продукта,  $\omega=f(t)$  (рис. 30).

Определить количество тепла, отведенного от продукта в процессе замораживания ( $Q$ ).

### Обработка опытных данных и составление отчета

Данные расчетов занести в табл. 20.

Таблица 20 - Протокол результатов измерений

$\tau$ , мин	$G$ , кг	$t_n$ , °C	$t_{кр}$ , °C	$t_k$ , °C	$t_T$ , °C	$\omega$ , %	$Q$ , кДж
5							
10							
15							
20							
25							
...							

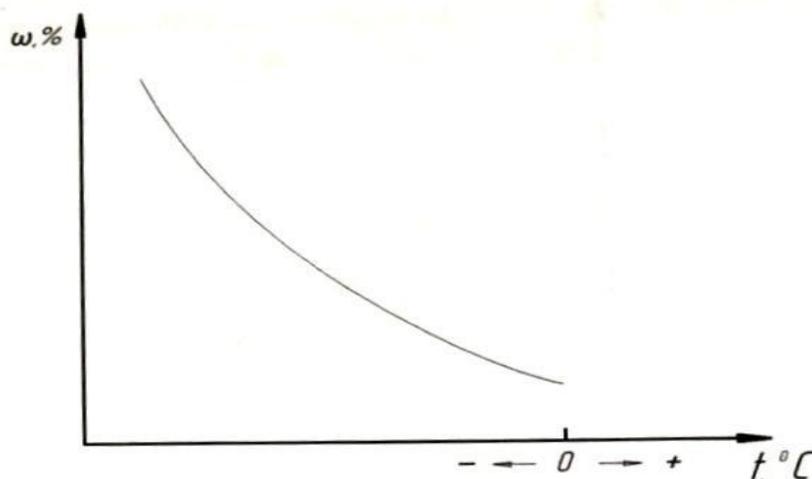


Рис. 30 – Пример выполнения графика зависимости количества вымороженной воды от температуры продукта

### Форма отчетности

1. Краткое описание работы.
2. Схема установки с указанием мест расстановки датчиков температуры.
3. Результаты измерений и расчеты.
4. График зависимости  $\omega = f(t)$ .
5. Анализ изменения количества вымороженной воды от температуры замораживаемого продукта и свойств продукта.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие продукты называются замороженными?
2. С какой целью замораживаются пищевые продукты?
3. От чего зависит количество вымороженной воды?
4. Какие изменения происходят в пищевых продуктах при замораживании?
5. Что такое криоскопическая температура?
6. Как определить расход холода необходимый для замораживания?

## РАБОТА №26

### Определение коэффициента теплопередачи

#### Введение

Основной характеристикой любого теплового процесса является количество подаваемой теплоты, от которого зависит величина необходимой поверхности теплообмена.

Для установившегося процесса передачи теплоты применимо основное уравнение теплопередачи

$$Q=k \cdot F \cdot \Delta t_{cp} \quad (59)$$

где  $Q$ - количество подаваемой теплоты, Вт;

$k$ — коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F$ - поверхность теплообмена, м<sup>2</sup>;

$\Delta t_{cp} = t_r - t_x$  – средняя разность температур между средами (температурный напор), °С;

$t_r, t_x$  – средняя температура более нагретой (горячей) среды и более холодной соответственно, °С.

Передача теплоты в поверхностных аппаратах от одной среды к другой осуществляется через разделяющую поверхность (стенку) и называется теплопередачей.

Теплопередача включает в себя теплоотдачу от более горячей среды к стенке, теплопроводность стенки и теплоотдачу от стенки к более холодной среде.

Коэффициент теплопередачи —  $k$  характеризует интенсивность передачи теплоты и численно равен количеству теплоты, которое передается в единицу времени через единицу поверхности при разности температур между средами в один градус.

Коэффициент теплопередачи определяется по формуле

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_r} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a_x}}, \quad (60)$$

где  $a_r$  – коэффициент теплоотдачи от горячей среды к стенке, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\delta$  – толщина стенки, м;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$a_x$  – коэффициент теплоотдачи от стенки к холодной среде, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Ввиду сложности математического описания процессов теплообмена на практике используется понятие подобия (теория подобия) основанная на экспериментальном исследовании процесса и описании его с помощью уравнений подобия (критериальных уравнений).

Если среды, принимающие участие в теплообмене, не меняют своего агрегатного состояния, то расчетные зависимости для определения коэффициентов теплоотдачи необходимо выбирать в зависимости от условий движения среды в аппарате.

Так при движении теплоносителя в рубашке аппарата можно использовать зависимость (критериальное уравнение)

$$Nu_w = 1,16 \cdot d_{\text{ЭКВ}} \cdot Re_w^{0,6} \cdot Pr_w^{0,23} \quad (61)$$

где  $d_{\text{ЭКВ}} = \frac{D_n^2 \cdot d_{\text{ЭК}}^2}{d_{\text{ЭК}}}$  – эквивалентный диаметр, м;

$D_n = 0,34$  м – внутренний диаметр внешнего (наружного) корпуса аппарата:

$d_{\text{ВН}} = 0,32$  м – наружный диаметр внутреннего корпуса аппарата;

$Pr_w$  – критерий Прандтля, принимается для соответствующей жидкости при средней температуре в рубашке аппарата.

Критерий Рейнольдса при движении жидкости в рубашке аппарата

$$Re_w = \frac{w d_{\text{ЭКВ}}}{\nu_w} \quad (62)$$

где  $w$  – скорость движения жидкости в рубашке аппарата, м/с, определяется как

$$W = \frac{V_w}{f} \quad (63)$$

$V_w$  – объемный расход жидкости через рубашку аппарата, м<sup>3</sup>/с, определяется по расходомеру;

$f$  – площадь поперечного сечения рубашки аппарата, м<sup>2</sup>;

$V_w$  – кинематическая вязкость жидкости в рубашке аппарата при средней температуре,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Коэффициент теплоотдачи жидкости в рубашке аппарата,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  определяется по формуле

$$a_w = \frac{Nu_w \cdot d_{\text{ЭКВ}}}{\lambda_w} \quad (64)$$

Коэффициент теплоотдачи смеси,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$a_{\text{см}} = (0,0335 \cdot Re_m^{0,8} + 1,14 \cdot Re_m^{0,5}) \frac{Pr_{\text{см}}^{0,33}}{D_m \left( \frac{\mu_{\text{см}}}{\mu_w} \right)} \quad (65)$$

где критерий Рейнольдса при перемешивании

$$Re_m = \frac{\rho_{\text{см}} \cdot n \cdot D_m^2}{\mu_{\text{см}}} \quad (66)$$

критерий Прандтля

$$Pr_{\text{см}} = \frac{c_{\text{см}} \cdot \mu_{\text{см}}}{\lambda_{\text{см}}} \quad (67)$$

где  $\rho_{\text{см}}$  – плотность смеси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\mu_{\text{см}}$  – динамическая вязкость смеси,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ ;

$\lambda_{\text{см}}$  – коэффициент теплопроводности смеси,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$n$  – частота вращения мешалки,  $\text{с}^{-1}$ ;

$D_m$  – диаметр мешалки,  $\text{м}$ .

### Цель работы

Закрепление теоретических знаний по процессу теплообмена и определение коэффициента теплопередачи.

### Задачи работы

1. Провести испытание аппарата с экспериментальным определением коэффициента теплопередачи.

2. Определить расчетным путем коэффициент теплоотдачи для смеси продукта.

3. Определить расчетным путем коэффициент теплоотдачи для жидкости (теплоносителя).

4. Определить расчетным путем коэффициент теплопередачи и сравнить с экспериментальным значением.

### **Описание экспериментальной установки**

Смотри лабораторную работу №9.

### **Методика выполнения работы**

Провести процессы нагрева и охлаждения при разных скоростях перемешивания продукта.

### **Обработка опытных данных и составление отчета**

Определить средний экспериментальный коэффициент теплопередачи при нагреве продукта, учитывая, что тепловой поток будет направлен от теплоносителя, воды к продукту (Нагрев)

$$k_{\text{экс}} = \frac{Q}{F \cdot \Delta t_{\text{ср}}} \quad (68)$$

где  $F = F_{\text{об}} + F_{\text{дн}}$  – поверхность теплообмена,  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{об}} = (\pi d_{\text{вн}} \cdot H)$  – поверхность обечайки,  $\text{м}^2$ ;

$H$  – высота обечайки (внутренней емкости) занятая продуктом,  $\text{м}$ ;

$F_{\text{дн}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4}$  – поверхность дна внутренней емкости,  $\text{м}^2$ ;

$Q = G \cdot c_p(t_n - t_k) \cdot \tau$  – количество тепла, передаваемое продукту при его нагреве от начальной температуры  $t_n$  до конечной  $t_k$  в единицу времени,  $\text{Вт}$ , где  $\tau$  – время проведение процесса нагрева,  $\text{с}$ ;

$\Delta t_{\text{ср}} = t_w - t_{\text{см}}$  – средняя разность температур между теплоносителем и продуктом,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_w = \frac{t_w^{\text{вх}} + t_w^{\text{вых}}}{2}$  – средняя температура теплоносителя (воды),  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{см}} = \frac{t_n + t_k}{2}$  – средняя температура смеси продукта в процессе нагрева,  $^{\circ}\text{C}$ .

Определить средний расчетный коэффициент теплопередачи при нагреве продукта учитывая, что  $a_r = a_w$  – коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к стенке аппарата,  $a_x = a_{cm}$  – коэффициент теплоотдачи от стенки аппарата к смеси продукта.

$$k_{рас} = \frac{1}{\frac{1}{a_w} \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} \frac{1}{a_{cm}}} \quad (69)$$

где  $\delta_{ст} = 0,001$  м – толщина стенки внутренней емкости;

$\lambda_{ст} = 16.2$  Вт/(м·К) коэффициент теплопроводности материала стенки, 08X18H10 (AISI 304).

Коэффициент теплоотдачи  $a_w$  определить по формулам.

Коэффициент теплоотдачи  $a_{cm}$  определить по формулам.

Провести расчет при охлаждении смеси продукта. В этом случае тепловой поток будет направлен от продукта к охлаждающей среде, воде или этиленгликолю (Охлаждение) (табл. 21).

Таблица 21 - Протокол результатов измерений и вычислений

№ п/п	G, кг	t, °C	t, °C	F, м <sup>2</sup>	n, с <sup>-1</sup>	Q, Вт	τ, с	K <sub>экс</sub> , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	K <sub>рас</sub> , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Нагрев									
1									
2									
...									
Охлаждение									
1									
2									
...									

### Форма отчетности

1. Краткое описание лабораторной установки.
2. Схема установки.
3. Результаты измерений и расчеты.
4. Анализ результатов и выводы.

### Контрольные вопросы

1. Как определить количество тепла, необходимое для нагрева продукта?

2. Как определить количество тепла, необходимое для охлаждения продукта?
3. Что показывает коэффициент теплопередачи? Каков его физический смысл?
4. При какой температуре определяют термодинамические свойства?
5. Как влияет скорость перемешивания на изменение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи?
6. Какие факторы влияют на интенсивность теплообмена?
7. Как определяется средняя движущая сила, температурный напор?
8. Назовите основные критерии подобия при теплообмене. От каких параметров зависят и как определяются.

## РАБОТА №27

### Общее исследование эмульсии

#### Введение

Эмульсии – это дисперсные системы, в которых и дисперсная фаза, и дисперсионная среда являются жидкостями. Поверхность должна лучше смачиваться той жидкостью, которая станет дисперсионной средой. Получают эмульсии из жидкостей, сильно отличающихся по полярности и по этой причине практически нерастворимых друг в друге. Полярную жидкость в эмульсиях называют «вода» (В), неполярную - «масло» (М), независимо от их природы. Различают два основных типа эмульсий – дисперсии масла в воде (М/В) и дисперсии воды в масле (В/М). Первые относятся к эмульсиям прямого типа, вторые – к эмульсиям обратного типа. Примерами таких эмульсий могут служить сливки, молоко, маргарин, майонез и др.

В зависимости от концентрации дисперсной фазы эмульсии классифицируют на разбавленные (содержание дисперсной фазы – менее 1 объёмного %), концентрированные (- до 74%) и высококонцентрированные (- свыше 74%).

Получают эмульсии обычно диспергационным методом. При этом одна жидкость в виде мелких капелек распределяется в объёме другой.

Устойчивость эмульсий повышают введением в систему стабилизаторов (в случае эмульсий их называют эмульгаторами), в качестве которых используют ПАВ и ВМС.

Короткоцепочечные ПАВ способны адсорбироваться на поверхности частиц дисперсной фазы, но не образуют механически прочных адсорбционных плёнок. На этом основан принцип действия поверхностно - активных деэмульгаторов. При достаточно высокой концентрации они вытесняют длинноцепочечные ПАВ с поверхности частиц и тем самым разжижают упругие структурированные слои, вызывая коагуляцию эмульсий.

Тип эмульсии, образующейся при механическом диспергировании, в значительной мере зависит от соотношения объёмов фаз. Жидкость,

содержащаяся в большем объеме, обычно становится дисперсионной средой. При близком объемном содержании двух жидкостей при диспергировании возникают эмульсии обоих типов, но «выживает» из них та, которая имеет более высокую агрегативную устойчивость, определяемую природой эмульгатора.

На практике тип эмульсии определяют следующими методами:

1. Наносят каплю эмульсии на поверхность пластинки, покрытой слоем парафина. Если капля растекается по поверхности, то эмульсия обратного типа (В/М), если не растекается, то - прямого типа (М/В).

2. По методу разбавления каплю эмульсии вносят в пробирку с водой. Если капля равномерно распределяется в воде, - это эмульсия (МВ). Капля эмульсии (В/М) диспергироваться в воде не будет. Метод осуществляют и по-другому. Каплю эмульсии и каплю воды помещают на предметное стекло и стекло наклоняют так, чтобы капли пришли в соприкосновение.

Если капли сольются, то дисперсной фазой является вода, если не сольются – масло.

3. По методу окрашивания к небольшому объему эмульсии добавляют краситель, растворимый в одной из жидкостей. Получают окрашивание либо капелек фазы, либо дисперсионной среды. Если краситель растворим в воде (конго красный, метиленовый синий и др.), то он в эмульсии (МВ) окрашивает дисперсионную среду, а капельки масла остаются бесцветными; в эмульсии (В/М) - наоборот. Это видно при наблюдении эмульсии на предметном стекле микроскопа. Эмульсия (В/М) равномерно окрашивается по всему объему жирорастворимым красителем.

4. Методом электропроводности. Высокие значения электропроводности (отклонение стрелки амперметра при помещении электродов цепи, составленной из аккумулятора, амперметра и электродов, в исследуемую эмульсию) указывают на то, что дисперсионной средой является вода, а эмульсия относится к типу (МВ). Малые значения электропроводности указывают на образование обратной эмульсии (В/М).

5. На фильтровальную бумагу наносят каплю эмульсии. Если средой является вода, то капля сразу впитывается в бумагу, на которой остается жирное пятно. Капля эмульсии (В/М) не впитывается.

Приборы и реактивы: микроизмельчитель с регулятором напряжения, бюретки вместимостью 25 см<sup>3</sup>, стакан на 10 см<sup>3</sup>, цилиндры вместимостью 10 см<sup>3</sup>, конические колбы вместимостью 50 см<sup>3</sup>, пипетки на 5 и 10 см<sup>3</sup>, пробирки, предметные стекла, фильтровальная бумага; масло (вазелиновое, подсолнечное и т.д.); эмульгаторы – раствор ПАВ, например, олеата натрия концентрацией 1 моль/дм<sup>3</sup>, раствор ВМС например, желатин концентрацией 0,1% мас., порошковые эмульгаторы (мел, уголь), красители – метиленовый синий, судан I.

### **Цель работы**

Получение эмульсии методом механического диспергирования, определение типа эмульсии, изучение обратимости фаз и устойчивости эмульсии.

### **Задачи работы**

1. Ознакомиться с особенностями технологического процесса производства эмульсии.
2. Определить тип полученных эмульсий.

### **Описание экспериментальной установки**

Смотри лабораторную работу № 9.

### **Методика выполнения работы**

Задание 1. Получение эмульсии, определение ее типа и времени жизни. Получить эмульсию с помощью эмульгатора.

Налить в емкость дистиллированную воду, окрашенную водорастворимым красителем, и раствор эмульгатора по схеме, приведенной в табл. 22. Включить мешалку. Добавить масло в таком количестве, чтобы общий объем равнялся заданному. После введения всего масла перемешивать еще в течение 3 ÷ 5 мин.

Для определения типа полученной эмульсии каплю эмульсии и каплю воды, подкрашенную красителем, поместить рядом на предметное стекло и наклонить стекло так, чтобы они пришли в соприкосновение. Если эмульсия прямая, то капли должны слиться, если обратная – капли не объединятся. Тип эмульсии можно установить так же с помощью микроскопа, определяя, какая из фаз окрашена. Учитывая, какой из красителей использован (водорастворимый или жирорастворимый) сделать заключение о типе эмульсии.

Полученные результаты внести в табл. 22.

Вид эмульгатора \_\_\_\_\_;

Вид масла \_\_\_\_\_;

Состав эмульсии:  $\varphi = \_\_\_ \%$ ;  $C_{эм} = \_\_\_\_\_\_ \text{ г/см}^3$ .

Таблица 22 – Результаты измерений

Номер опыта	1	2	3	4
Объем воды $V_B, \text{ см}^3$				
Объем раствора эмульгатора $V_{эм}, \text{ см}^3$				
Объем масла $V_M, \text{ см}$				
Объемная концентрация масла $\varphi, \%$				
Концентрация эмульгатора $C_{эм}, \text{ г/см}^3$				
Тип эмульсии				

Для изучения устойчивости перелить 10 см<sup>3</sup> эмульсии в цилиндр (стакан) и определить через заданные промежутки времени объем отслоившейся жидкости  $V_{от}$ . Результаты занести в табл. 23.

Таблица 23 – Результаты измерений

Время, $\tau, \text{ мин}$	Объем отслоившегося масла $V_1, \text{ см}^3$	Объем отслоившейся воды $V_2, \text{ см}^3$	Объем отслоившейся жидкости $V_{от} = V_1 + V_2, \text{ см}^3$	$\frac{V_{от}}{V_c} \cdot 100, \%$	Объем эмульсии $V_{эм} = V_c + V_{от}, \text{ см}^3$

Построить график зависимости отношения объема отслоившейся жидкости  $V_{от}$  от времени  $\tau$  (рис. 31). устойчивость эмульсии определить, как котангенс угла наклона процесса (прямой линии).

Сделать выводы в том числе и о влиянии эмульгатора на характер расслоения эмульсии.

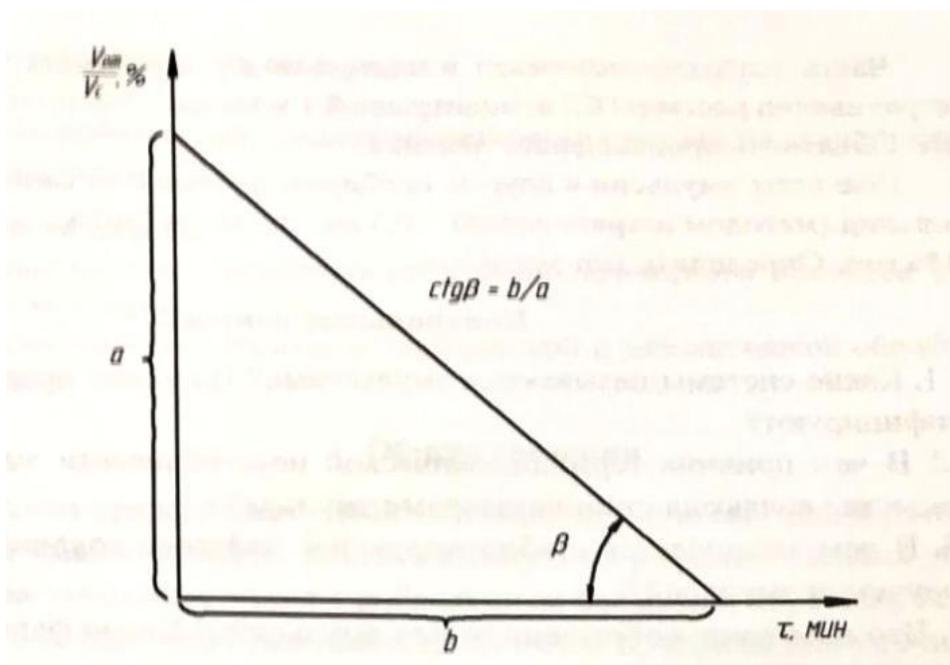


Рис. 31 - График устойчивости эмульсии

### Обработка опытных данных и составление отчета

Рассчитать объемную концентрацию масла в эмульсии, %

$$\varphi = \frac{V_M}{V_B + V_{ЭМ} + V_M} \cdot 100 \quad (70)$$

Концентрацию эмульгатора  $C_{СМ}$ , г/см<sup>3</sup>,

$$C_{СМ} = \frac{m_{ЭМ}}{V_B + V_{ЭМ} + V_M} \quad (71)$$

где  $m$  – масса эмульгатора с эмульсии, г.

Массу эмульгатора в эмульсии вычислить, по формуле, если концентрация эмульгатора в растворе выражена в % мас., то

$$m_{ЭМ} = \frac{V_{ЭМ} \cdot w \cdot \rho}{100} \quad (72)$$

где  $w$  – концентрация эмульгатора, % мас.;

$\rho$  – плотность раствора эмульгатора, г/см<sup>3</sup>.

Полученные результаты внести в табл.23.

Задание 2. Разрушение эмульсии химическим путем. Обращение фаз эмульсии.

Получить эмульсию, стабилизированную олеатом натрия, по методике, описанной в задании 1.

Часть эмульсии перенести в чистую колбу и добавить по каплям при встряхивании раствор  $\text{HCl}$  концентрацией 1 моль/дм<sup>3</sup>. Записать свои наблюдения. Объяснить происходящие явления.

Еще взять эмульсии в другую пробирку, добавить по каплям при перемешивании (методом встряхивания) – 0,5 см раствора  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , концентрацией 30% мас. Определить тип эмульсии.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие системы называются эмульсиями? По каким признакам их классифицируют?
2. В чем причина термодинамической неустойчивости эмульсий? Какие вещества являются стабилизаторами эмульсий?
3. В чем заключается стабилизирующее действие коллоидных ПАВ при получении эмульсий?
4. Что называют «обращением фаз эмульсий»? Какие факторы вызывают это явление?
5. Как разрушить эмульсию? Привести примеры, когда ставится задача разрушения эмульсии.
6. Каково практическое значение эмульсий?

## **РАБОТА №28**

### **Производство майонеза**

#### **Введение**

Майонез представляет собой мелкодисперсную сметанообразную эмульсию типа «масло в воде», приготовленную из рафинированных дезодорированных растительных масел с добавлением белковых, вкусовых компонентов и пряностей. Майонез применяется в качестве приправы для улучшения вкуса и усвояемости пищи, а также в качестве добавки при приготовлении различных блюд.

Майонез является мультикомпонентной системой, а качественный и количественный состав ингредиентов определяет его функции и свойства. Кроме растительного масла и воды, в состав майонеза входят эмульгаторы, стабилизаторы, структурообразователи, а также вкусовые, функциональные и другие пищевые добавки, придающие майонезу различный вкус, аромат, пищевую и физиологическую ценность и позволяющие создать большой ассортимент этих продуктов.

При производстве майонеза чаще всего используются различные комбинации эмульгаторов, позволяющие при их низком расходе получить высокоустойчивые эмульсии. В качестве эмульгаторов при приготовлении майонеза используют природные пищевые поверхностно-активные вещества (ПАВ). Как правило, природные ПАВ представляют собой белково-липидные комплексы с различным составом, как высоко-, так и низкомолекулярных эмульгирующих веществ. Различные комбинации натуральных эмульгаторов позволяют увеличить эмульгирующий эффект и снизить их общий расход.

В качестве основных эмульгирующих компонентов используются следующие разновидности яичных продуктов: яичный порошок, продукт яичный гранулированный, яичный желток сухой. Содержание яичных продуктов в майонезе в зависимости от рецептуры колеблется от 2 до 6%.

Очень важной проблемой при производстве майонеза является стабилизация эмульсии. Для устойчивости высококалорийных майонезов в

отдельных случаях достаточно только эмульгатора. А чтобы придать менее устойчивым средне- и низкокалорийным майонезным эмульсиям долговременную устойчивость и предохранить их от расслоения (при длительном хранении, при изменении температурных режимов, при транспортировке) в рецептуры вводят стабилизаторы. Они должны повышать вязкость дисперсионной среды, препятствуя агрегации и коалесценции масляных капель, т. е. должны быть по своей природе гидрофильными.

При производстве майонеза используют гидроколлоиды, стабилизирующее действие которых обусловлено образованием трехмерной сетчатой структуры с повышением вязкости непрерывной фазы. Кроме того, гидроколлоиды могут взаимодействовать с эмульгаторами, ассоциироваться с ними с образованием стабильных пленок на границе раздела фаз. По химической природе гидроколлоиды являются полисахаридами. Горчичный порошок является вкусовой добавкой, а содержащиеся в нем белки также обеспечивают эмульгирование и структурообразование.

Из природных стабилизаторов в производстве майонеза наиболее широко применяют крахмал и модифицированный крахмал.

#### Технология производства майонеза

Технологический процесс предусматривает создание оптимальных условий, позволяющих получать однородную (близкую к гомогенной) устойчивую систему из практически нерастворимых друг в друге компонентов (масло – вода). Учитываются также и такие факторы, как концентрация сухих компонентов, скорость подачи масла, условия набухания и пастеризации сухих компонентов, интенсивность механического воздействия.

Поскольку эффективность эмульгирующего и стабилизирующего действия компонентов, входящих в состав пасты (горчичного порошка, яичного порошка, сухого молока), зависит от их рабочей готовности, следует обратить внимание на то, чтобы горчица была тщательно растерта и не содержала ни набухших частиц, ни комочков. То же относится к молоку и яичному порошку. После их смешения должно быть достигнуто тщательное

взаимное растворение. Это достигается их смешением в смесителе с водяной рубашкой, снабженной мешалкой интенсивного диспергирования.

Производство майонеза складывается из следующих технологических операций:

- приготовление 10%-го раствора уксусной кислоты;
- подготовка и дозирование сыпучих компонентов;
- подготовка пасты (эмульгирующей и структурирующей основы);
- подготовка грубой эмульсии;
- подготовка тонкодисперсной эмульсии (гомогенизация);
- фасовка и упаковка готового продукта.

Готовность пасты определяется визуально по пробе, отбираемой в процессе смешения. Проба пасты, взятая на деревянную пластинку, должна быть совершенно однородной, без видимых комочков, равномерно стекать с пластинки. Время перемешивания определяется готовностью пасты и, в свою очередь, зависит от подготовленности отдельных компонентов к смешению.

При недостаточной растворимости яичного порошка или желтка и сухого молока следует удлинить время растворения. Кроме того, для улучшения растворимости сухого молока можно варьировать количество соды. Низкий pH пасты может привести к коагуляции казеина, что затем приведет к расслоению майонеза. При использовании яичного порошка с высокой дисперсностью и набухаемостью получается майонез с повышенной вязкостью. Рекомендуется такой порошок использовать в смеси с обычным в соотношении 1:1.

Концентрация сухих веществ в майонезной пасте для высокожирных майонезов должна быть не менее 37 – 38%, а для майонезов с меньшим содержанием жира - не менее 32 – 34%.

### **Цель работы**

Закрепление теоретических знаний по технологии производства эмульсий.

### **Задачи работы**

1. Ознакомиться с особенностями технологического процесса производства майонеза.
2. Ознакомиться с режимами термической и механической обработки продукта.

### **Описание экспериментальной установки**

Смотри лабораторную работу №9.

### **Методика выполнения работы**

При приготовлении майонеза в одной емкости процесс растворения компонентов начинается с запарки горчицы.

#### *Приготовление пасты*

В смеситель (емкость) налить горячей воды температурой 90 – 100°C и добавить горчичный порошок в соотношении (2 ÷ 2,5):1 соответственно. Все тщательно перемешать до получения однородной массы, с частотой вращения мешалки 70 – 100 об/мин. В запаренную таким образом горчицу добавить воды с температурой 35 – 40°C и сухое молоко в соотношении 3:1 для высококалорийных майонезов и 4:1 для майонезов с пониженным содержанием жира, бикарбонат натрия, сахар-песок и кукурузный фосфатный крахмал. Полученную смесь тщательно перемешать и выдержать при температуре 80 – 85°C в течение 20 – 25 мин. Провести процесс пастеризации.

После растворения и пастеризации смесь охладить до 40 – 45°C и добавить воды и яичного порошка в соотношении (1,4 ÷ 2):1 для высокожирных майонезов и (2,5 ÷ 2,8):1 для майонезов с пониженным содержанием жира.

Нагреть смесь до температуры 60 – 65°C при тщательном перемешивании (частота вращения мешалки 70 – 100 об/мин) и выдержать 20 – 25 мин. Для увеличения дисперсности отдельных компонентов пасты периодически необходимо менять головку на смесителе на головку с мелкими круглыми отверстиями для дезинтеграции и эмульгирования и увеличивать частоту вращения до 500 – 1000 об/мин.

Приготовленную майонезную пасту охладить до 30 – 40°C.

### *Приготовление грубой эмульсии майонеза*

В смеситель с майонезной пастой при непрерывном перемешивании добавить растительное масло (с температурой 20 – 25 °С) в количестве, требуемом по рецептуре. В первые 7 – 10 мин масло подается медленно, затем более быстро. Для обеспечения равномерного распределения масла в смеситель необходимо подавать тонкой струйкой или через специальный распылитель.

По окончании залива масла в смеситель добавить ранее приготовленный раствор соли, уксуса и специй.

Очередность ввода в пасту масла и уксусно-солевого раствора должны строго соблюдаться. Это обусловлено тем, что одновременный или скоростной ввод их может привести к получению обратного типа эмульсий, а на определенной стадии эмульгирования привести к обращению фаз.

Полученная в смесителе грубая эмульсия должна соответствовать установленному типу эмульсии «масло воде», быть достаточно прочной и не расслаиваться. Визуально такая эмульсия должна иметь однородный вид и не расслаивается в отобранной пробе при слабом перемешивании (табл. 24).

Таблица 24 – Результаты измерений

№ п.п.	Тех. процесс	Характерный параметр (температура, число оборотов мешалки, и др.)	Время процесса	Примечание
1	Перемешивание	$n = 100$ об/мин	$\tau = 3$ мин	
2	Нагрев	$t = 80$ °С	$\tau = 5$ мин	
3	Выдержка	$t = 80$ °С	$\tau = 25$ мин	
И т.д.				

### **Обработка опытных данных и составление отчета**

Результаты измерений и расчетов заносятся в отчет, который, составляется по следующей форме:

1. Название работы.
2. Цель работы.

3. Описание технологического процесса.
4. Таблица с результатами параметров технологического процесса (табл. 24).
5. Анализ технологических режимов производства и визуальная оценка полученного продукта.
6. Заключение.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое майонез?
2. Основные компоненты, необходимые для производства майонеза?
3. Температурные режимы, применяемые при производстве майонеза?
4. Каким образом в лабораторной работе была проведена стабилизация эмульсии?
5. Способы производства майонеза?

## **РАБОТА №29**

### **Производство маргарина**

#### **Введение**

Маргарин является продуктом, получаемым охлаждением эмульсии, состоящей из смеси растительных масел, расплавленных животных жиров и саломасов с заквашенным цельным молоком или водой.

В состав маргарина входят высококачественные пищевые жиры, молоко, соль, сахар, эмульгаторы, красители, ароматизаторы, витамины и другие компоненты. В жировую основу маргарина входят рафинированные дезодорированные растительные масла, животные жиры, пищевые саломасы, а также переэтерифицированные жиры. Для придания маргарину вкуса и аромата сливочного масла в него вводят молоко в натуральном или сквашенном виде. С этой же целью вводят ароматизаторы, а для получения стойкой эмульсии – эмульгаторы.

Процесс производства маргарина состоит из подготовки жирового сырья, молока, эмульгатора и других не жировых компонентов, приготовления эмульсии, охлаждения полученной эмульсии, пластической обработки маргарина, его расфасовки и упаковки.

Применяемые для составления жировой основы растительные масла, гидрогенизированные жиры обязательно рафинируют для получения бесцветных нейтральных жиров, не имеющих вкуса и запаха.

#### **Цель работы**

Закрепление теоретических знаний по технологии производства эмульсий.

#### **Задачи работы**

1. Ознакомиться с особенностями технологического процесса производства маргарина.
2. Ознакомиться с режимами термической обработки продукта.

#### **Описание экспериментальной установки**

Смотри лабораторную работу № 9.

## Методика выполнения работы

Из отдельно подготовленных жиров в соответствии с рецептурой составить жировую основу маргарина. При этом необходимо соблюдать такое соотношение в наборе, чтобы жировая основа имела температуру плавления 27- 33°C и обеспечивала пластичность маргарина.

В подогретую до 32 - 38°C (на 4 - 5°C выше температуры плавления) жировую основу добавить раствор красителя для придания готовому продукту светло-желтого цвета.

Свежее или восстановленное молоко пастеризовать, сквасить чистыми культурами ароматообразующих молочнокислых бактерий для усиления его вкусовых и ароматических свойств. В молоко добавить соль, сахар, ароматизаторы и другие растворимые в нем компоненты.

Провести процесс эмульгирования. В результате тонкого эмульгирования создается прочная эмульсия, в которой равномерно распределены жировая и водно-молочная фазы. Далее полученную маргариновую эмульсию охладить при температуре около 16 - 20 °C, что обеспечит её кристаллизацию, т.е. необходимую степень отверждения жира и пластическую консистенцию готового продукта (табл. 25).

Таблица 25 – Схема технологического процесса

№	Тех. процесс	Характерный параметр (температура, число оборотов мешалки, и др.)	Время процесса	Примечание
1	Перемешивание	n = 100 об/мин	τ=3 мин	
2	Нагрев	t= 80 °C	τ=5 мин	
И т.д.				

## Обработка опытных данных и составление отчета

По результатам выполненной работы составляется отчет.

### **Форма отчетности**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Описание технологического процесса.
4. Таблица с результатами параметров технологического процесса (табл. 25).
5. Анализ технологических режимов производства и визуальная оценка полученного продукта.
6. Заключение.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое маргарин?
2. Основные компоненты, необходимые для производства маргарина?
3. Температурные режимы, применяемые при производстве маргарина?
4. Способы производства маргарина?

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гинсбург А. С. И др. Теплофизические характеристики пищевых продуктов [Справочник], под редакцией А. С. Гинсбурга, М. А. Громова, Г.И. Красовской. – М.: Пищевая промышленность, 1980, с. 288.
2. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1980, с.68.
3. Гухман А. А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло и массообмена (Процессы переноса в движущейся среде), М., 1967.
4. Дисперсные пищевые системы и структурообразование [Текст]: методическое указание по выполнению лабораторных работ / Воронеж. гос. технол. акад.; Т. С. Корниенко, Ю. Н. Сорокина, Н. Н. Кривенко. – Воронеж: ВГТА, 2010. – 28 с.

5. Дрейцер Г.А. Основы теплообмена в каналах. Учебное пособие. М. Издательство Московского авиационного института, 1982,- 82 с.
6. Зорин В. М., Клименко А. В., Зорина В. М., Клименко А.В Теплоэнергетика и теплотехника: М. - Издательство МЭИ, 2001 г.
7. Зимон, А. Д. Коллоидная химия [Текст]: учеб. для вузов/ А. Д. Зимон, Н, Ф. Лещенко. – М.: АГАР, 2001. – 320 с.
8. Краткий справочник физико-химических величин [Текст], под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой, - СПб.: Спец. Литер 1999. – 230с.
9. Малахов Н.Н., Плаксин Ю.М., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. - Орел.: Издательство ОрелГТУ, 2001. - 687с.
10. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. 9-е изд., пер. и доп. / К.Ф. Павлов, Н.Г. Романков, А.А. Носков. - Л.: Химия, 1981. - 560 с.
11. Патратий А.П., Аристова В.П. Справочник для работников лабораторий предприятий молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1980, с. 43-65.
12. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1987. – 496 с.
13. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. пособие для вузов. / Под. ред. чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова: - 6-е изд., перераб. и доп. - Л: Химия, 1990. - 272 с.: ил.
14. Сборник трудов международной научной конференции "Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и компьютерные технологии National Instruments". - М.: РУДН, 2005. - 392 с.
15. Соколова З.С. и др. Лабораторный практикум по технологии молока и молочных продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность. 1984.
16. Технология цельномолочных продуктов и молочно-белковых концентратов: Справочник/под редакцией Я.И. Костина. – М.: Агропромиздат, 1989 – 307 С.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19. Исследование процессов нагрева и охлаждения. Изучение особенностей устройства и принципа действия холодильных установок

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20. Изучение пастеризации молока

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №21. Изучение технологии кисломолочных напитков, производство йогурта

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №22. Изучение технологии производства кисломолочных продуктов

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №23. Подготовка и отверждение смеси мороженого

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №24. Изучение процессов нагрева и охлаждения пищевых продуктов

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №25. Замораживание пищевых продуктов

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №26. Определение коэффициента теплопередачи

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №27. Общее исследование эмульсии

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №28. Производство майонеза

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №29. Производство маргарина

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ