

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»**

**Кафедра технологии, машин и оборудования
пищевых производств**

**Методические указания
по изучению дисциплины
«Физико-механические свойства сырья и готовых
продуктов»**

**для бакалавров очной и заочной форм обучения
по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины
и оборудование, профиль подготовки
«Машины и аппараты пищевых производств»,
35.03.06 Агроинженерия,
профиль подготовки «Технологическое оборудование для хранения
и переработки сельскохозяйственного сырья»**

Майкоп – 2019

УДК 641/642.004.12(07)

ББК 36.8

М 54

Печатается по решению научно-технического совета технологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»

Составитель: старший преподаватель **Коблева М. М.**

Рецензенты: профессор, д-р техн. наук, доцент **Сиюхов Х. Р.**

кандидат технических наук **Блягоз А. Р.**

Методические указания по изучению дисциплины «Физико-механические свойства сырья и готовых продуктов» для бакалавров очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 35.03.06 Агроинженерия, профиль подготовки «Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственного сырья» - Майкоп, 2019 г. – 58 с.

Методические указания по изучению дисциплины «Физико-механические свойства сырья и готовых продуктов» для бакалавров очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 35.03.06 Агроинженерия.

Методические указания ориентированы на изучение свойств сырья и готовых продуктов, включают лабораторный практикум, методические указания к практическим работам, контрольные задания.

Введение

Изучение дисциплины предполагает, что основное внимание должно быть сосредоточено на физических явлениях и эффектах, наиболее широко используемых в технике и технологии переработки пищевых масс.

Изложение материала должно строиться по следующему принципу: следует освещать физику явления, сущность процесса обработки продукта, основанного на данном явлении.

На занятиях следует широко использовать наглядные пособия и технические средства обучения (ТСО) (чертежи, схемы, плакаты, модели машин, механизмов и аппаратов, макеты, действующее оборудование, учебные кинофильмы, кинофрагменты, видеофильм, диапозитивы и т.п.).

С целью усиления контроля знаний учащихся возможно использование для этого специальных технических средств.

В рабочие программы могут быть внесены коррективы по видам занятий, по конкретному числу часов, отводимому на изучение каждой темы и т.д.

I. Содержание дисциплины

1. Основные понятия инженерной реологии.
2. Реологические свойства пищевых продуктов.
3. Механическое моделирование реологического поведения.
4. Физико-механические характеристики порошкообразных сред.
5. Физико-механические характеристики вязко-текучих сред.
6. Адгезия. Роль адгезии и трения в процессах пищевых производств.
7. Капиллярные и ротационные вискозиметры.
8. Адгезиометры и вибровискозиметры. Технологические приборы. Непрерывно-действующие приборы.
9. Основные свойства сырья при динамическом воздействии рабочих органов перерабатывающих машин.
10. Физико-механические свойства полуфабрикатов и готовой продукции.
11. Течение пищевых масс по коротким каналам. Расчет формующего устройства.
12. Формование тестовых заготовок конусообразной формы. Автоматизированный контроль качества теста.
13. Использование физико-механических свойств при расчете технологических процессов оборудования и контроле качества изделий.
14. Связь между структурно-механической характеристикой и сенсорной оценкой качества продуктов.

II. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Техника безопасности при работе в лаборатории:

- все опыты с ядовитыми и неприятнопахнущими веществами проводить в вытяжном шкафу;
- не нюхать выделяющиеся газы, близко наклоняясь к сосуду. При необходимости определения запаха газа или жидкости осторожно вдыхать воздух, слегка направляя рукой поток его от сосуда к себе;
- при разбавлении крепких кислот, особенно серной и соляной, вливать кислоту в воду, а не наоборот;
- при наливании реактивов никогда не наклоняться над сосудом во избежание попадания брызг на лицо или халат;
- не наклоняться над сосудом с нагреваемой жидкостью, так как иногда ее может выбросить из сосуда;
- при нагревании пробирки не держать ее отверстием к себе или в сторону находящихся рядом товарищей;
- если на лицо или руки попадут брызги жидкости, надо тотчас же смыть их водой. Брызги крепкой кислоты следует смыть большим количеством воды, после чего промыть пораженное место слабым раствором соды. Щелочь следует смывать водой до тех пор, пока участок кожи, на который она попала, не перестанет быть скользким;
- все опыты с легко воспламеняющимися летучими веществами проводить подальше от огня и по возможности в вытяжном шкафу;
- при тушении загоревшегося бензина, спирта, эфира пользоваться песком, засыпая им пламя;
- при уходе из лаборатории проверить, закрыты ли краны газовых горелок.

Порядок работы в лабораториях

При работе в лаборатории необходимо придерживаться следующих правил:

1. Предварительно прочитать соответствующие разделы учебника, записи лекций, познакомиться с содержанием лабораторной работы и оформить ее в тетрадь для лабораторных работ (при записи указать название темы, суть метода, кратко ход работы, дать схему или рисунок прибора, оставить место для оформления результатов).
2. Не начинать опыт, пока не проверено наличие всего необходимого для него (посуда, приборы, реактивы).
3. При работе точно соблюдать порядок и последовательность операций, указанных в руководстве.
4. Соблюдать все меры техники безопасности.
5. Внимательно следить за ходом опыта и замечать все его детали.
6. После окончания работы привести в порядок рабочее место.

РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ВЛАГИ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ

Показатель массовой доли влаги является важнейшим для оценки качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Количество влаги в продукте характеризует его энергетическую ценность, так как чем больше в нем содержится воды, тем меньше полезных сухих веществ (белка, жира, углеводов и др.) в единице массы. С содержанием воды тесно связаны стойкость продукта при хранении и его транспортабельность, а также пригодность к дальнейшей переработке, так как избыток влаги способствует протеканию ферментативных и химических реакций, активизирует деятельность микроорганизмов, в том числе таких, которые вызывают порчу продуктов, в частности плесневение. В связи с этим содержание влаги в объекте предопределяет условия и сроки его хранения. Кроме того, количество воды в сырье влияет на технико-экономические показатели работы предприятий.

Предприятия не будут укладываться в плановую норму расхода сырья, например муки, если содержание влаги в выпускаемой продукции будет ниже нормы - это приведет к его перерасходу. Содержание влаги в готовых изделиях влияет на выход продукции, так как с увеличением содержания влаги в выпускаемых изделиях их выход возрастает. Особенно этот фактор необходимо учитывать на хлебопекарных предприятиях, либо увеличение массовой доли влаги муки на 1% понижает выход хлеба на 1,5-2%, а повышение влажности мякиша хлеба на 1% приводит к повышению его выхода на 2-3%.

Учитывая большую важность этого показателя, соответствующие ГОСты и ТУ, устанавливают нормы содержания влаги, а также методы ее определения, что делает обязательным нахождение этого показателя при контроле качества сырья и готовых продуктов.

Для определения массовой доли влаги существуют разнообразные методы, которые делятся на прямые и косвенные.

К прямым методам относится отгонка (дистилляция) воды из навески с применением высококипящих органических жидкостей (минеральное масло, ксилол и др.) с последующим определением объема перегнанной воды и химические, в основе которых лежит взаимодействие воды с каким-нибудь реагентом.

К косвенным методам относятся термогравиметрические (методы высушивания), физические (определение массовой доли сухих веществ по величине относительной плотности или рефрактометрически), а также электрические, в которых о влажности судят по электропроводности или электрической проницаемости. Таким образом, в отличие от прямых методов, которые громоздки, сложны и менее точны, в косвенных определяется не сама влага в анализируемом объекте, а показатель, функционально связанный с массовой долей влаги материала.

Наиболее распространенным среди косвенных методов является метод определения массовой доли влаги по сухому остатку, т. е. когда количество влаги устанавливают по разнице в массе навески до и после высушивания. Имеется много модификаций этого метода, отличающихся друг от друга длительностью и температурой нагрева навески целого или измельченного образца, а также степенью его измельчения. Возможны случаи, когда продукт с чрезмерно высокой массовой долей влаги перед высушиванием подвергается предварительной подсушке. Для ускорения высушивания, а также для сушки веществ, легко разлагающихся при температуре выше 100°C, процесс ведут при пониженном давлении, что дает возможность понизить температуру. Для вязких материалов (меласса, сахарные сиропы и др.) высушивание затрудняется вследствие образования на поверхности материала твердой корочки. Для облегчения и ускорения процесса сушки в таких случаях применяют наполнители, при смешивании с которыми вязкие продукты становятся рыхлыми. В качестве наполнителей используют прокаленный кварцевый песок или обычный речной песок. Иногда для

высушивания вязких жидкостей используют ролики из фильтровальной бумаги.

Все применяемые варианты должны обеспечивать возможность наиболее полного обезвоживания продукта без ощутимых потерь его сухих веществ. Однако эти методы имеют недостатки, так как при их использовании в большинстве случаев определяется не истинная массовая доля влаги, а ее условная величина, зависящая от принятого метода определения.

Явления, протекающие в объекте при сушке, особенно в пищевом продукте, весьма сложны. Под действием теплоты удаляется влага и одновременно некоторое количество сухих веществ в результате распада органических веществ под действием высокой температуры. Наряду с этим в высушиваемом объекте могут протекать окислительные и гидролитические процессы, вследствие чего увеличивается масса последнего.

Процесс сушки зависит от состояния влаги в исследуемом материале, которая может быть свободной или связанной с материалом различными видами связей: химической, физико-химической (адсорбционной, осмотической, структурной) и механической (влага макро- и микрокапилляров, а также влага на поверхности). Наиболее прочная - химическая связь, при ней в состав вещества влага входит в строго определенных соотношениях и удалить ее можно только при разрушении продукта путем прокаливании или химического воздействия. При физико-химической связи влага поглощается белками и крахмалом не в строго определенных соотношениях; она может легко перемещаться и участвовать в химических реакциях. Удалить ее можно при высушивании объекта, причем легче удаляется осмотическая влага, чем адсорбционная. Механическая влага, называемая свободной, содержится в капиллярах тела и на его поверхности и является самой легко удаляемой при высушивании. Для продуктов, прочно удерживающих влагу, применяют лиофильную сушку,

при которой высушивание ведут в вакууме и при условии предварительного замораживания взятой для анализа пробы.

Явления, протекающие в высушиваемом объекте в процессе сушки в лабораторном шкафу, делают в некоторой мере условным сам метод высушивания. Для того чтобы условность метода свести к минимуму и получить при этом сравнимые результаты, требуется строгое соблюдение одних и тех же условий режима сушки в отношении температуры, размеров сушильного шкафа, скорости движения воздуха в нем, величины навески, степени измельчения продукта, размера и формы бюксы и др.

Существует два основных метода определения массовой доли влаги путем высушивания: высушивание до постоянной массы и ускоренное высушивание. Первый метод для большинства объектов дает наиболее точные результаты, так как процесс сушки идет неограниченное время, как при ускоренном способе, а до полного удаления влаги. Однако, учитывая длительность и трудоемкость этого метода, при контроле производства, когда не требуется большой точности, но необходима быстрота анализа, используют целый ряд ускоренных методов, в которых удаление влаги происходит при повышенных температурах (130-160°C) на протяжении строго обусловленного времени, в течение которого удаляется основная масса влаги, так что последующее высушивание приводит лишь к незначительному изменению достигнутого значения массы.

Определение массовой доли влаги

методом высушивания до постоянной массы

Техника определения - для анализа необходима бюкса, высушенная в сушильном шкафу при температуре 100-105°C до постоянной массы. В предварительно взвешенную бюксу помещают навеску измельченного вещества массой 3-5 г, взятую с погрешностью $\pm 0,0002$ г и высушивают в сушильном шкафу при 100-105°C до тех пор, пока не установится постоянная масса остатка, т. е. пока два последующих взвешивания навески не покажут практически одинаковую массу. Результаты взвешивания округляют до

тысячных долей грамма. Разница в массе между двумя последующими взвешиваниями должна быть не более 0,001 г. Первое взвешивание навески обычно проводят спустя 3-4 ч от начала сушки, а каждое последующее - через 1-2 ч в зависимости от свойств высушиваемого продукта. Сушат продукт с одной, а в ответственных случаях с двумя повторностями. Расхождение между повторными определениями по этому методу должно лежать в пределах 1% (относительного). Среднюю величину из двух повторных определений принимают за массовую долю влаги исследуемого объекта. При взвешивании бюксы с навеской крышка должна быть закрыта, высушивают объект при открытой крышке. Конец контактного термометра, который измеряет температуру в сушильном шкафу, должен находиться на уровне бюкс с навесками, его показания должны соответствовать заданной температуре.

Расчет массовой доли влаги и запись в лабораторном журнале даны ниже в определении массовой доли влаги ускоренным методом высушивания.

***Определение массовой доли влаги
ускоренным методом высушивания***

Многие ГОСТы на методы определения массовой доли влаги в пищевых продуктах предусматривают ускоренные методы высушивания определенной навески в сушильных шкафах с терморегуляторами. Так, ускоренными методами определяют массовую долю влаги в зерне, макаронных изделиях и т. д. Для каждого продукта в зависимости от физико-химических свойств подобраны свои температура высушивания и длительность процесса. Чаще всего время высушивания составляет 50 мин. Ускорение сушки объекта не делает эти методы менее условными, скорее наоборот, распад веществ при высокой температуре протекает более энергично и в этом отношении ускоренные методы сушки являются более условными. Помимо этого, применение ускоренного метода высушивания к объектам с повышенной

влажностью, например к хлебу, дает явно заниженные результаты из-за недосушки продукта.

Колебание температуры, продолжительность сушки, конструктивные особенности сушильного шкафа, размеры и форма бюксы оказывают при этом еще большее влияние на результаты анализа.

Техника определения - в две заранее высушенные и взвешенные бюксы берут навески исследуемого образца массой по 5 г. Взвешивают с погрешностью $\pm 0,01$ г. Бюксы с навесками помещают в сушильный шкаф, нагретый до температуры 140-145°C, крышки у бюксов должны быть открыты и подложены под дно. Температура при этом быстро падает (ниже 130°C). В течение 10-15 мин ее доводят до 130°C и при этой температуре продолжают высушивать в течение 40 мин (отклонение температуры не должно превышать $\pm 2^\circ\text{C}$). Затем бюксы тигельными щипцами вынимают, закрывают крышками, охлаждают в эксикаторе в течение 20-30 мин и взвешивают. Для высушивания используют сушильный электрический шкаф СЭШ-3М, шкаф электрический круглый типа 2В-151 или другой иной с терморегулятором.

Массовую долю влаги W (в %) рассчитывают по формуле:

$$W = \frac{m - m_1}{m} 100,$$

где m - масса образца до высушивания, г; m_1 - масса образца после высушивания, г.

Запись в лабораторном журнале:

Масса пустого бюкса (a)	г
Масса бюкса с навеской образца до высушивания (b)	г
Масса образца ($m=b-a$)	г
Масса бюкса с навеской образца после высушивания (c)	г
Масса высушенного образца ($m_1=c-a$)	г
Масса испарившейся влаги ($m-m_1$)	г
Массовая доля влаги (W)	%
Заключение	

Контрольные вопросы:

- 1. Каково значение показателя массовой доли влаги?*
- 2. Каковы принципы определения массовой доли влаги прямыми и косвенными методами?*
- 3. Чем отличаются различные модификации косвенного метода определения массовой доли влаги?*
- 4. В чем заключается условность методов высушивания?*
- 5. Как влияют на процесс сушки различные формы связи влаги с материалом?*
- 6. В чем заключается сущность и особенности определения массовой доли влаги методом высушивания до постоянной массы?*
- 7. Как осуществляется процесс сушки по ускоренному методу?*

РАБОТА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ СУХИХ ВЕЩЕСТВ РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Метод определения массовой доли сухих веществ с помощью рефрактометра отличается высокой точностью и технической простотой и введен ГОСТами при анализе патоки, меда, повидла, варенья, подварок и т. п. Он используется также для определения массовой доли сахара и жира в некоторых продуктах.

Сущность метода заключается в следующем. Если луч света переходит из одной среды в другую и плотность этих сред различна, то он частично отражается от поверхности раздела, а частично переходит во вторую среду, изменяя при этом свое первоначальное направление, т. е. преломляется. *Показателем (коэффициентом) преломления n* называется отношение синусов угла падения и преломления. Если луч света переходит из вакуума или из воздуха в другую среду, то угол падения всегда больше угла преломления, так как коэффициент преломления среды больше коэффициента преломления вакуума или воздуха. С увеличением угла падения светового луча увеличивается угол его преломления. При угле падения 90° , когда луч скользит по разделу двух сред, угол преломления будет иметь наибольшее значение, называемое предельным углом преломления. При обратном направлении луча из среды с большим

коэффициентом преломления в среду с меньшим его значением угол, при котором луч света полностью отражается от поверхности, называется углом полного внутреннего отражения. Предельный угол преломления и угол полного внутреннего отражения абсолютно равны. Зная величину любого из этих углов α и показатель преломления одной среды n_1 , можно определить показатель преломления другой n_2 , исходя из формулы:

$$\sin \alpha = \frac{n_1}{n_2}.$$

Конструкция большинства рефрактометров, применяемых в пищевой промышленности для определения показателей преломления жидкостей, основана на измерении предельного угла преломления. Основная деталь таких приборов - призма с точно известным показателем преломления.

Коэффициент преломления является одной из характерных констант вещества, он зависит от природы вещества, а также от длины волны падающего света и температуры окружающего воздуха. Коэффициент преломления при прочих равных условиях зависит от концентрации раствора: чем выше концентрация раствора, тем больше значение коэффициента преломления. Для показателей преломления всегда необходимо указывать какой длине волны они соответствуют. Обычно определяют показатели преломления при монохроматическом источнике света - для желтого луча D натриевого пламени с длиной волны 589,3 нм температура определения должна составлять 20°C. При отклонении температуры измерения от 20°C вводят температурные поправки.

Для определения массовой доли сухих веществ применяют универсальный рефрактометр УРЛ первой модификации и марки РПЛ-3, имеющие шкалу содержания (массовой доли) сухих веществ по сахарозе в %, и прецизионный рефрактометр марки РПЛ-2, в котором показания даются в условных единицах шкалы. Кроме того, можно пользоваться рефрактометром УРЛ второй модификации для измерения показателя преломления в пределах значений 1,65-2,1 и рефрактометром ИРФ-22 для

определения этого показателя в интервале 1,3-1,7 в проходящем свете. По найденным значениям показателя преломления по специальным таблицам определяют массовую долю сухих веществ в процентах.

При использовании рефрактометра следует иметь в виду, что с его помощью определяют не истинное, а видимое содержание сухих веществ, поэтому в зависимости от химического состава продукта вводят поправку, учитывающую отклонение определяемой на рефрактометре величины от истинного содержания сухих веществ.

Определение массовой доли сухих веществ на лабораторном рефрактометре РПЛ-3

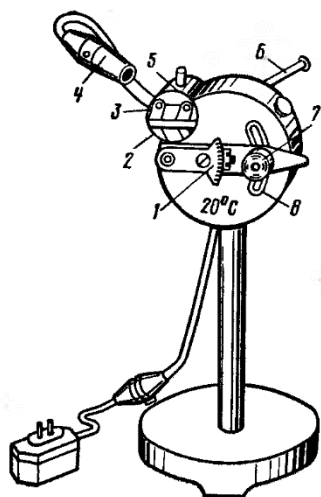


Рис.1. Лабораторный рефрактометр РПЛ-3:

1 – компенсатор; 2 – окно для отраженного света; 3 – система призм; 4 – осветитель; 5 – окно для проходящего света; 6 – корпус термометра; 7 – окуляр; 8 – прорезь

Рефрактометр пищевой лабораторный РПЛ-3 (рис. 1) состоит из двух призм - осветительной и измерительной, заключенных в пустотелую камеру. Верхняя осветительная призма, соединенная шарниром, откидывается вбок и позволяет поместить несколько капель исследуемой жидкости на поверхность измерительной призмы. Через камеры призм во время определения пропускают воду для установления строго определенной температуры, которая фиксируется термометром. Нормальной считается температура 20°C.

Концентрацию сухих веществ можно определять при температуре от 15 до 30°C, вводя температурную поправку по соответствующим таблицам. На передней стенке корпуса имеется прорезь, в которой укреплены две шкалы: слева – шкала показателя преломления, справа – шкала сухих веществ от 0 до 95%, отградуированная по сахарозе. Для получения четкого изображения шкалы вдвигают или выдвигают окуляр. Для устранения дисперсии света и

расплывчатой границы между светлым и темным полем зрения служит компенсатор, расположенный на одной оси с рычагом окуляра.

Техника определения - перед началом работы рефрактометр проверяют по дистиллированной воде при температуре 20°C, при этом пунктирная линия, нанесенная на окуляр, должна совместиться с границей света и тени на нулевой отметке шкалы. Если этого совмещения не произошло, необходимо отрегулировать прибор с помощью специального ключа.

Затем на призмы с помощью оплавленной стеклянной палочки наносят несколько капель исследуемой жидкости, при этом палочка не должна касаться поверхности призмы. Опускают верхнюю призму, плотно прижимая ее к нижней. Если раствор не мутный и не слишком окрашен, в окно верхней призмы направляют луч света от осветителя, добиваясь максимальной освещенности поля зрения, наблюдаемого в окуляр; окно нижней призмы закрывают щитком. В случае исследования темноокрашенных растворов окно верхней призмы закрыто, а свет направляют на нижнюю призму. После этого перемещают окуляр вдоль прорези, пока граница света и тени не совместится с пунктирной линией. На шкале прибора отмечают деление, через которое проходит граница светотени. При отсчете показаний прибора отмечают температуру определения. После определения поверхность призм вытирают фильтровальной бумагой, а затем промывают дистиллированной водой.

Запись в лабораторном журнале:

Показания рефрактометра при температуре °C (среднее из трех определений) (A)	%
Температурная поправка (при отклонении от 20 °C брать по таблице) (b)	%
Рефрактометрический показатель массовой доли сухих веществ в растворе при 20°C (A±b)	%
Заключение	

Определение массовой доли сухих веществ на рефрактометре ИРФ-22

Рефрактометр ИРФ-22 (рис. 2) состоит из следующих основных частей: корпуса, на котором смонтирована измерительная головка, состоящая из двух полушарий, служащих оправами измерительной и осветительной призм; зрительной трубы с отсчетным устройством и термометра. Показатель преломления изучаемых веществ зависит от температуры, которая поддерживается при пропускании воды через камеры в оправах линз.

Для этого измерительная головка присоединяется к ультратермостату так, чтобы вода поступала в верхнюю часть этой головки и выходила из штуцера, в котором зафиксирован термометр.

Температура воды на выходе должна составлять $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Измерительная головка плотно соединена со шкалой отсчетного устройства, которое помещается внутри корпуса прибора. Для установления границы раздела и совмещения ее с перекрестием сетки можно наклонять измерительную головку до 60° , вращая маховичок, который находится с противоположной стороны.

Техника определения - перед началом работы проверяют правильность установки прибора на нуль по дистиллированной воде. Затем откидывают верхнюю часть измерительной головки, промывают спиртом или дистиллированной водой поверхность измерительной и осветительной призм, удаляя следы жидкости фильтровальной бумагой. Оплавленным концом стеклянной палочки на поверхность измерительной призмы наносят 3-4 капли жидкости и осторожно опускают верхнюю часть измерительной головки на нижнюю, наблюдая в окно головки, чтобы жидкость заполнила

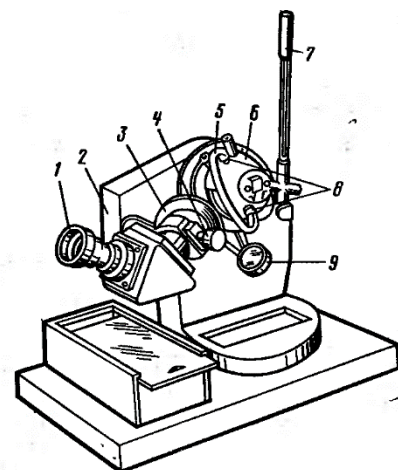


Рис. 2. Рефрактометр ИРФ-22:

1- зрительная труба с отсчетным устройством; 2 – корпус; 3 – барабан со шкалой; 4 – маховичек для вращения призмы; 5 – шланг; 6 – измерительная головка; 7 – корпус термометра; 8 – штуцера; 9 – осветительное зеркало

зазор между призмами. Глядя в окуляр зрительной трубы, осветительное зеркало устанавливают так, чтобы свет от источника через окно поступал в осветительную призму и равномерно освещал поле зрения. Вращая маховичок, добиваются появления в поле зрения границы светотени, которую подводят к центру перекрестия сетки. Резкость границы светотени и штрихов шкалы для глаза наблюдателя устанавливают вращением гайки окуляра. Если граница светотени при измерении показателя преломления окажется расплывчатой, радужной, то вращением рукоятки компенсатора добиваются четкости этой границы и записывают показание шкалы. Целые, десятые, сотые и тысячные доли отсчитывают по шкале, а десятитысячные доли оценивают на глаз. Таким образом, проводят не менее трех определений, принимая за окончательный результат среднее арифметическое значение. По этому значению по табл. 1 определяют массовую долю сухих веществ (в пересчете на сахарозу) в растворе по показателю преломления при 20°C.

Запись в лабораторном журнале:

Показатель преломления при температуре 20°C (среднее из трех определений) единиц прибора

Рефрактометрический показатель массовой доли

сухих веществ в растворе при 20°C (по таблице)

%

Заключение

Таблица 1

n_D^{20}	Содержание сахарозы, %	n_D^{20}	Содержание сахарозы, %	n_D^{20}	Содержание сахарозы, %	n_D^{20}	Содержание сахарозы, %
1,3330	0	1,3672	22	1,4076	44	1,4532	65
1,3344	1	1,3689	23	1,4096	45	1,4555	66
1,3359	2	1,3706	24	1,4117	46	1,4579	67
1,3374	3	1,3723	25	1,4137	47	1,4603	68
1,3388	4	1,3740	26	1,4158	48	1,4627	69
1,3403	5	1,3758	27	1,4179	49	1,4651	70
1,3418	6	1,3775	28	1,4200	50	1,4676	71
1,3433	7	1,3793	29	1,4221	51	1,4700	72
1,3448	8	1,3811	30	1,4242	52	1,4725	73
1,3464	9	1,3829	31	1,4264	53	1,4749	74
1,3479	10	1,3847	32	1,4285	54	1,4774	75
1,3494	11	1,3865	33	1,4307	55	1,4799	76
1,3510	12	1,3883	34	1,4329	56	1,4825	77

1,3526	13	1,3902	35	1,4351	57	1,4850	78
1,3541	14	1,3920	36	1,4373	58	1,4876	79
1,3557	15	1,3939	37	1,4396	59	1,4901	80
1,3572	16	1,3958	38	1,4418	60	1,4927	81
1,3590	17	1,3978	39	1,4441	61	1,4954	82
1,3605	18	1,3997	40	1,4464	62	1,4980	83
1,3622	19	1,4016	41	1,4486	63	1,5007	84
1,3638	20	1,4036	42	1,4509	64	1,5033	85
1,3655	21	1,4056	43				

Контрольные вопросы:

- 1. В чем сущность рефрактометрического метода определения массовой доли сухих веществ?*
- 2. Какие факторы влияют на коэффициент преломления?*
- 3. В каких единицах отградуирована шкала различных рефрактометров? Как установить приборы на нуль?*
- 4. В каких случаях вводят поправки на температуру?*
- 5. В чем недостаток прецизионного рефрактометра?*

РАБОТА 3. АНАЛИЗ ЗЕРНА

Под *качеством зерна* понимают совокупность биологических, физико-химических, технологических и потребительских (товароведческих) свойств и признаков зерна, определяющих его пригодность к использованию по назначению: на семенные, продовольственные, фуражные и технические цели.

Необходимыми условиями для точной оценки качества зерна являются правильное взятие проб и подготовка их к анализу. Для этого в каждой партии зерна анализу подвергается заранее подготовленная средняя проба. Зерно принимают партиями. Под *партией* понимают любое количество зерна, однородного по качеству, предназначенного для одновременной приемки, сдачи, отгрузки или одновременного хранения, например зерно, хранящееся в силосе, эшелон зерна и т. д. Однородность партии устанавливается органолептически по внешнему осмотру партии зерна и по сличению точечных проб, отобранных с доступной глубины.

Отбор средней пробы (рис. 3) начинают с точечной пробы, которая представляет собой небольшое количество зерна, выбранное из партии за один прием из одного места. Количество выемок, их масса, места их взятия из партии устанавливаются стандартами. Для отбора точечных проб используют пробоотборники и ручные щупы. Совокупность точечных проб является объединенной пробой, из которой затем выделяют среднюю пробу, масса которой не должна превышать $2,0 \pm 0,1$ кг.

Если масса объединенной пробы не более 2 кг, то она одновременно является средней пробой. Выделение средней пробы из объединенной проводят с использованием делителя БИС-1 или ручным способом.

В последнем случае объединенную пробу высыпают на стол с гладкой поверхностью, распределяют зерно в форме квадрата и три раза тщательно перемешивают при помощи двух коротких деревянных планок со скошенным ребром, захватывая его с края и ссыпая в середину. Затем зерно вновь распределяют ровным слоем в виде квадрата и планкой делят по диагонали на четыре треугольника.

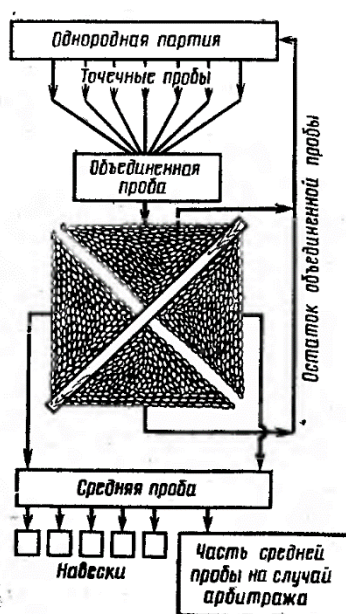


Рис. 3. Схема смешивания и выделения средней пробы и навесок

Из двух противоположных треугольников зерно удаляют, а из оставшихся двух собирают вместе, перемешивают и вновь продолжают деление, пока в двух треугольниках не будет 2 кг зерна, которое и составит среднюю пробу. Результаты анализа средней пробы распространяют на всю партию зерна.

Для определения отдельных показателей качества зерна из средней пробы выделяют небольшую часть, которую называют *навеской*.

Качество зерна в навеске в наибольшей степени должно соответствовать качеству зерна в средней пробе. Навеску из средней пробы выделяют при помощи зернового делителя, масса выделенной навески

должна быть не менее 25 г. Допускается выделение навесок из средней пробы ручным способом.

Зерно разных культур имеет много аналогичных признаков, что позволяет применять для оценки качества общие методы. Вместе с тем зерно различных культур имеет свои ботанические особенности, химический состав и хозяйственное значение. Особенности технического анализа различных культур отражены в соответствующих стандартах.

Пшеница по стандарту делится на шесть типов:

I - мягкая яровая краснозерная;

II - яровая твердая;

III - яровая белозерная;

IV - озимая красноземная;

V - озимая белозерная;

VI - озимая твердая.

Каждый тип подразделяется на подтипы по цвету и стекловидности. Существуют базисные и ограничительные нормы качества на заготавливаемую пшеницу. *Базисные нормы* - это показатели качества, которым должно удовлетворять созревшее, здоровое зерно. Закупочные (сдаточные) цены установлены на зерно базисных кондиций. *Ограничительные нормы* - показатели качества, отражающие допустимые пониженные требования к качеству зерна, в пределах которых зерно может быть принято.

Таблица 2 - Базисные и ограничительные нормы зерна пшеницы

	Натура, г/дм ³	Влажность, %	Зерновая примесь, %	Сорная примесь, %	Зараженность вредителями
Базисные	730-755	14-17	2-3	1	Не допускается
Ограничительные		17-19	15	5,0	Не доп., кроме зараженности клещем

При анализе зерна устанавливают соответствие пшеницы базисным или ограничительным нормам качества.

Определение массовой доли влаги. Содержание влаги является одним из важнейших показателей, влияющих на сохранность, энергетическую ценность зерна, выход получаемой из него муки. Нормальным процессом жизнедеятельности зерна при хранении является дыхание, которое сопровождается потерей сухих веществ, выделением теплоты, диоксида углерода и воды. С увеличением массовой доли влаги в зерновой массе интенсивность дыхания возрастает, при этом в зерне появляется свободная вода, что, в свою очередь, создает предпосылки для развития микроорганизмов, вредителей зерна, усиливает гидролитические процессы в результате увеличения активности ферментов.

Зерно пшеницы по содержанию влаги делят на четыре состояния: сухое - до 14,0% включительно, средней, сухости - свыше 14,0 до 15,5% включительно, влажное - свыше 15,5 до 17,0 % включительно, сырое - свыше 17,0 %.

В зерне сухом и средней сухости почти нет свободной влаги, процессы дыхания протекают незначительно, поэтому такое зерно пригодно для длительного хранения. Влажное зерно требует наблюдения и ухода, так как в нем возможно дальнейшее увлажнение в результате дыхания и, как следствие, постепенное развитие процесса самосогревания. В сыром зерне все физиологические процессы могут быстро привести к порче массы зерна за счет создания благоприятных условий для развития микроорганизмов (прежде всего плесеней) и процессов самосогревания. Такое зерно слеживается при хранении и может прорасти. Снижение содержания влаги является единственным условием, ограничивающим возможность прорастания зерна при его хранении. По содержанию воды судят о наличии в зерне сухого вещества и, следовательно, о питательных веществах, определяющих его энергетическую ценность.

Массовая доля влаги влияет на технологические свойства зерна: повышение ее содержания в зерне затрудняет его размол и просеивание

продуктов размола, снижает производительность оборудования, увеличивает расход энергии.

Основным методом определения массовой доли влаги в зерне является высушивание навесок размолотого зерна в электрическом сушильном шкафу СЭШ-1 или СЭШ-3М при температуре 130°C в течение 40 мин при общей продолжительности процесса высушивания 50-55 мин.

Техника определения - зерно, предназначенное для определения массовой доли влаги, в количестве около 30 г размалывают вместе с примесями на лабораторной мельнице. Размол за один раз должен соответствовать по крупности следующим условиям: проход через проволочное сито с размером ячеек 0,8 мм для пшеницы должен быть не менее 60%. Во избежание потерь влаги размолотое зерно помещают в банку с притертой пробкой. Перед взятием навесок размолотое зерно тщательно перемешивают. В две предварительно взвешенные металлические бюксы диаметром 48 мм и высотой 20 мм

берут навески размолотого зерна массой по 5 г с погрешностью $\pm 0,01$ г. Высушивание проводят ускоренным методом (см. работу 1). Массовую долю влаги рассчитывают по разности между массой навески до и после высушивания, относя ее к массе взятой навески и выражают в процентах. Из двух определений влажности выводят среднюю, которая и является влажностью пробы.

Если влажность зерна превышает 18%, его перед определением влажности стандартным методом предварительно подсушивают при температуре 105°C. Длительность подсушивания зависит от вида зерновой культуры и влажности зерна.

Запись в лабораторном журнале:

Масса пустой бюксы (m_1)	г
Масса бюксы с навеской до высушивания (m_2)	г
Масса размолотого зерна ($m_2 - m_1$)	г
Масса бюксы с навеской после высушивания (m_3)	г
Масса испарившейся влаги ($m_2 - m_3$)	г
Массовая доля влаги (W)	г
Заключение	

Определение засоренности. Зерно всегда содержит некоторое количество примесей, попавших при его уборке, перевозках и хранении. Примеси снижают качество зерна и поэтому учитываются при денежных расчетах за зерно. Примеси растительного происхождения (зеленые части растений, семена сорных растений и др.) могут содержать значительно большее количество воды, чем зерно основной культуры, что увеличивает активность физиологических процессов при хранении. В засоренных партиях зерна значительно легче возникает и развивается процесс самосогревания. Наличие примесей, особенно трудноудаляемых, вызывает необходимость сложной очистки зерна перед его использованием. Присутствие примесей морозобойного зерна или зерна, пораженного клопом-черепашкой, снижает хлебопекарные свойства муки и ухудшает качество готовой продукции. Некоторые примеси оказывают вредное влияние на организм человека.

Все примеси подразделяют на две основные фракции: сорную и зерновую. К *сорной* относят примеси, не представляющие ценности, а также резко отличающиеся по составу от основного зерна и вредные в пищевом и кормовом отношении. К сорной примеси относят:

- весь проход, получаемый при просеивании пшеницы через сито с отверстиями диаметром 1,0 мм;
- минеральную примесь (комочки земли, гальку, частицы шлака, руды, песок и т. д.);
- органическую примесь (части стеблей, стержней колоса, пленки, части листьев и др.);
- семена дикорастущих растений;
- семена культурных растений, не относящиеся к зерновой примеси, т. е. все семена, кроме ржи и ячменя;
- зерна пшеницы, ржи и ячменя прогнившие, проплесневевшие, обуглившиеся, поджаренные - все с явно испорченным эндоспермом от коричневого до черного цвета;
- вредную примесь: головню, спорынью и другие.

К *зерновой* относят примеси, в меньшей степени отражающиеся на качестве зерна и имеющие некоторую пищевую и кормовую ценность. К зерновой примеси относят:

- зерна пшеницы: битые и изъеденные независимо от характера и размера повреждения в количестве 50% от их массы (остальные 50% относят к основному зерну);

- сильно недоразвитые - щуплые;

- проросшие с вышедшим наружу корешком или ростком либо с утраченным корешком или ростком, но деформированные с явно измененным цветом оболочки вследствие прорастания;

- захваченные морозом - сморщенные, белесоватые, сильно потемневшие; поврежденные самосогреванием или сушкой (поджаренные), заплесневевшие с измененным цветом оболочек и затронутым эндоспермом от кремового до светло-коричневого цвета, давленные, раздутые при сушке, зеленые;

- зерна ржи, ячменя как целые, так и поврежденные, не отнесенные по характеру повреждений к сорной примеси.

К основному зерну относятся зерна целой пшеницы и поврежденной пшеницы, по характеру повреждений не относящиеся к сорной или зерновой примеси.

При анализе вначале определяют содержание крупной сорной примеси, для чего среднюю пробу зерна просеивают на сите с отверстиями диаметром 6 мм. Из схода с сита выбирают крупную сорную примесь (по размерам она превышает зерна основной культуры): солому, колосья, крупные семена растений, комочки земли, гальку и т. д. Выделенную крупную сорную примесь взвешивают отдельно по фракциям, учитываемым при определении сорной примеси данной культуры, и выражают в процентах к массе средней пробе.

Определение натуры. Натура - это масса 1 дм³ зерна, выраженная в граммах. Натуру обычно определяют на литровой пурке с падающим грузом.

Чем выше натура зерна, тем больше в нем содержится полезных веществ, тем оно качественнее. Натура дает представление о выполненности зерна, имеющей большое технологическое значение. Высоковыполненное зерно хорошо развито, у него большой процент приходится на долю эндосперма. При неблагоприятных условиях формирования зерна масса его оболочек по сравнению с массой эндосперма возрастает, а масса эндосперма снижается, что ведет, в свою очередь, к снижению выхода готовой продукции (муки, крупы и т. п.).

Натура связана с засоренностью зерна и зависит от количества и характера примесей. Легкие примеси (органические) заметно понижают натуру, а минеральные - увеличивают ее. Однако в подавляющем большинстве партий зерна присутствие примесей в целом уменьшает натуру.

При увлажнении натура зерна уменьшается, так как происходит увеличение объема зерна за счет его набухания, а плотность уменьшается, приближаясь к единице. Кроме того, влажность снижает сыпучесть зерна. Это влечет за собой более рыхлое заполнение объема, что снижает натуру.

Натура зависит от состояния поверхности зерна: шероховатая поверхность снижает плотность его укладки и, следовательно, уменьшает натуру. Кроме того, морщинистое зерно обычно менее полноценно и содержит больший процент оболочек.

На натуре отражается форма зерна: зерно округлое укладывается плотнее, а удлиненное - более рыхло.

Учитывая влияние многих факторов на натуру, обычно этот показатель дает полную оценку качества зерна в комплексе с другими, как, например, масса 1000 зерен, влажность, засоренность.

На натуру влияет плотность укладки зерна: чем она больше, тем выше натура. Для исключения этого субъективного фактора при определении натуры пользуются пуркой, в которой независимая от исполнителя плотность укладки достигается при помощи цилиндра-наполнителя, цилиндра с воронкой и падающего груза.

Определение массы 1000 зерен. Масса 1000 зерен является дополнительным показателем при оценке выполненности и крупноты зерна. Чем крупнее зерно, чем лучше оно выполнено, тем больше численное значение массы 1000 зерен. У плохо выполненного зерна эндосперм сморщен, между ним и оболочками могут находиться воздушные прослойки, что снижает массу 1000 зерен. Этот показатель связан с натурой, чаще всего с увеличением натуры возрастает масса 1000 зерен, хотя это соотношение не всегда соблюдается, особенно если зерно резко отличается формой и состоянием поверхности. Чем больше масса 1000 зерен, тем плотнее зерно, тем больше в нем содержание питательных веществ.

Техника определения - освобожденное от сорной и зерновой примесей зерно перемешивают, распределяют ровным слоем в виде квадрата, который делят на четыре треугольника, из каждого треугольника отсчитывают подряд без выбора 250 зерен. Зерна, отсчитанные из двух противоположных треугольников, объединяют и получают две навески по 500 зерен каждая. Каждую навеску взвешивают с погрешностью $\pm 0,01$ г. Если разница между массой двух навесок зерна не более 5% их средней массы, определение считают правильным. В противном случае определение массы 1000 зерен повторяют.

Массы двух навесок по 500 зерен суммируют, получая массу 1000 зерен при фактической влажности зерна. Далее проводят пересчет на сухие вещества, конечный результат дается с погрешностью до 0,1 г.

Массу 1000 зерен рассчитывают по формуле:

$$m_c = \frac{m(100 - W)}{100},$$

где m_c - масса 1000 зерен на сухое вещество, г; m - масса 1000 зерен при фактической массовой доле влаги в зерне, г; W - массовая доля влаги, %.

Запись в лабораторном журнале:

Масса первой партии 500 зерен (m_1), г

Масса второй » 500 » (m_2), г

Средняя масса ($m_{cp} = \frac{m_1 + m_2}{2}$), г

Разница между массами первой и второй партии по отношению к средней массе $\left(\frac{m_1 - m_2}{m_{cp}} 100 \right)$, %

Масса 1000 зерен при фактической влажности зерна ($m=m_1+m_2$), г
Массовая доля влаги зерна (W) %
Масса 1000 зерен на сухое вещество (m_c) г
Заключение

Масса 1000 зерен одной и той же культуры колеблется в больших пределах в зависимости от сорта, года урожая, района выращивания, степени выполненности зерна и т. п. Масса 1000 зерен пшеницы может колебаться от 15 до 88 г.

Определение стекловидности зерна. Стекловидность зерна является признаком, характеризующим строение эндосперма и его консистенцию. В зависимости от степени стекловидности зерно делят на стекловидное, частично стекловидное и мучнистое. Стекловидные зерна имеют прозрачную консистенцию с роговидной структурой в разрезе, а мучнистые - непрозрачную консистенцию, рыхлые, белые в разрезе. К стекловидным относят зерна полностью стекловидные или с легким помутнением; они не должны иметь мучнистой части больше $1/4$ своего размера. К мучнистым относят зерна как полностью мучнистые, так и частично стекловидные при условии, если у последних стекловидные участки в совокупности составляют не более $1/4$ плоскости поперечного разреза зерна. Частично стекловидными считаются зерна пшеницы, не отнесенные к указанным двум группам.

Стекловидное зерно пшеницы содержит больше белковых веществ, чем мучнистое. Стекловидные зерна крупнее и тяжелее мучнистых, они отличаются большей механической прочностью. Консистенция зерна в очень большой степени зависит от почвенно-климатических условий произрастания злака и количества осадков. Формированию стекловидной структуры эндосперма способствует недостаток влаги при выращивании и созревании зерна, большее содержание азота в почве, а также континентальный климат с жарким летом и знойными ветрами.

Стекловидность - важный показатель качества зерна, так как она характеризует определенные технологические свойства зерна, его целевое назначение. Стекловидность наблюдается в зерне пшеницы, ржи, ячменя, риса, кукурузы. Стекловидная пшеница особенно ценится для производства

макаронной муки. Мука из мучнистых пшениц используется для производства мучных кондитерских изделий.

Стекловидному рису, ячменю отдают предпочтение при производстве круп, так как такие крупы меньше развариваются, не теряют при варке свою форму. Пивоваренная промышленность, наоборот, выше ценит мучнистые сорта ячменя. Мучнистая кукуруза является лучшим сырьем для крахмалопаточной промышленности.

Мукомольная промышленность учитывает стекловидность зерна при выборе режимов и схем помола. Стекловидные зерна легче вымалываются, чем мучнистые, т. е. полнее отделяется эндосперм от отрубистых частиц, это позволяет получать большие выходы лучших сортов муки (крупчатки, высшего и первого сортов), состоящих практически из чистого эндосперма.

Контрольные вопросы

- 1. Как проводится отбор средней пробы?*
- 2. Что такое базисные и ограничительные нормы качества зерна?*
- 3. Какие показатели качества определяют при оценке зерна?*
- 4. Какое значение имеет показатель массовой доли влаги? Как он определяется?*
- 5. Какие существуют виды примесей зерна?*
- 6. Что такое натура зерна? Какие факторы влияют на натуру?*
- 7. Какое значение имеет показатель «масса 1000 зерен»? Какие факторы влияют на этот показатель? В чем он выражается?*
- 8. Какое значение имеет показатель стекловидности зерна?*

РАБОТА № 4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Качество макаронных изделий оценивается по ГОСТ 14849-899 по следующим основным показателям: внешний вид, влажность, кислотность, прочность, варочные свойства.

Внешний вид оценивают по показателям:

- цвет изделий (белый, желтый или кремовый с различными оттенками), отмечается равномерность цвета, наличие следов непромеса, темных частиц на поверхности изделий;

- поверхность изделий должна быть гладкая, допускается незначительная шероховатость;

- излом изделий должен быть стекловидным;

- форма изделий должна соответствовать данному виду изделия.

Отмечается равномерность толщины стенок у трубчатых изделий, кривизна длинных изделий (допускаются небольшие изгибы и искривления).

В макаронных изделиях определяют также содержание лома, крошки и деформированных изделий. При этом анализируемую пробу рассматривают на светлой поверхности и отбирают из нее деформированные изделия, лом и крошку, которые затем взвешивают и выражают в процентах от общей массы пробы.

Наличие вредителей в макаронных изделиях устанавливают путем рассматривания через лупу с 5-6 кратным увеличением раздробленной пробы макаронных изделий с размерами частиц 3-4 мм.

Содержание металлопримесей в макаронных изделиях определяют путем выделения металлопримесей магнитом, последующего их взвешивания и пересчета на 1 кг макаронных изделий.

Влажность макаронных изделий определяют после их измельчения в ступке или на лабораторной мельнице до полного прохода через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Влажность определяют высушиванием навески 5 г в сушильном шкафу типа СЭШ при температуре 130°C в течение 40 мин или ускоренным методом на приборе ВЧ при температуре 160°C в течение 28 мин.

Влажность макаронных изделий не должна превышать 13%.

Кислотность макаронных изделий можно определять стандартным методом титрования водной болтушки, титрованием вводно-спиртовой вытяжки (итальянский метод), титрованием спиртовой вытяжки (французский метод).

При определении кислотности стандартным методом 5 г измельченных макаронных изделий переносят в коническую колбу вместимостью 100-150

мл, в которую предварительно влили 30-40 мл дистиллированной воды. Содержимое колбы взбалтывают в течение 3 мин. Приставшие к стенкам колбы частицы смывают дистиллированной водой. Затем добавляют 5 капель 1%-ного раствора фенолфталеина и титруют 0,1 н раствором щелочи до получения розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин при спокойном положении колбы.

Кислотность X в градусах вычисляют по формуле:

$$X = V \cdot K \cdot 2,$$

где V - количество 0,1 н раствора щелочи, пошедшего на титрование, мл;
 K – поправочный коэффициент к титру 0,1 н раствора щелочи.

Конечный результат представляет собой среднее арифметическое двух параллельных определений, расхождения между которыми не должно превышать 0,2 град. Кислотность макаронных изделий хорошего качества не должно превышать 4 град.

Варочные свойства макаронных изделий характеризуются следующими показателями: длительностью варки до готовности, количеством поглощенной воды, потерями сухих веществ, прочностью сваренных изделий, степенью слипаемости сваренных изделий.

Для определения состояния изделий после варки 30 г макаронных изделий помещают в десятикратное по массе количество кипящей воды и варят до готовности. После варки макаронные изделия переносят на сито, дают стечь воде и путем внешнего осмотра устанавливают сохранность формы изделий и склеиваемость их между собой.

Продолжительность варки до готовности определяется промежутком времени от погружения изделия в кипящую воду до момента исчезновения мучнистого непроварившегося слоя. Для определения этого момента при варке вермишели или лапши периодически (первый раз через 4-5 мин после начала варки, а затем через каждую минуту) вынимают из кастрюли небольшой отрезок изделия, помещают его между двумя стеклышками и сдавливают. Аналогичным образом устанавливают продолжительность варки

трубчатых и фигурных изделий, но в этом случае из средней части изделия вырезают поперечную пластинку толщиной 1-2 мм, которую сдавливают затем между стеклышками.

Количество поглощенной воды во время варки характеризуется коэффициентом увеличения их массы (иногда объема), который определяется по формуле:

$$K = \frac{M_2 - M_1}{M_1},$$

где K – коэффициент увеличения массы изделий после варки;

M_2 – масса сваренных изделий, г;

M_1 – масса сухих изделий, г.

Изделия нормального качества имеют коэффициент увеличения массы в пределах 1,5-2,5.

Потери сухих веществ или количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, выражают в процентах к массе сухих веществ, взятых для варки. Для изделий хорошего качества оно должно быть не более 6%.

Ускоренный метод определения потери сухих веществ состоит в следующем: навеску макаронных изделий массой 30 г помещают в кастрюлю с 10-кратным количеством кипящей воды (длинные изделия предварительно распиливают на отрезки 2-4 см) и варят до готовности.

По окончании варки изделия вместе с жидкостью опрокидывают на сито и дают стечь жидкости в течение 2-3 мин. Затем варочную жидкость сливают в мерный цилиндр и измеряют ее объем.

В предварительно высушенные и взвешенные на лабораторных весах чашки Петри отбирают по 50 мл варочной жидкости. Перед каждым отбором проб варочную жидкость тщательно перемешивают. Чашки ставят в водяную баню и после полного выпаривания из них жидкости чашки с остатком высушивают в сушильном шкафу при температуре 130-135°C в течение 20 минут. После охлаждения в эксикаторе чашки с сухим остатком взвешивают и рассчитывают потери сухих веществ P в процентах по формуле:

$$П = \frac{C_{св} V 100}{M(100 - W)},$$

где $C_{св}$ – количеств сухих веществ в варочной жидкости, %;

V – общий объем варочной жидкости (после варки), мл;

M – масса изделий, взятых на варку, г;

W – влажность изделий, взятых на варку, %.

Задание: Оценить качество выданных образцов макаронных изделий по внешнему виду (цвет, поверхность, излом, форма), влажности, кислотности и варочным свойствам (продолжительность варки до готовности, количество поглощенной воды, потери сухих веществ). Сделать вывод о качестве предложенных изделий.

Исследовать влияние количества добавленной в варочную воду пищевой поваренной соли на варочные свойства макаронных изделий. Для этого каждый образец макаронных изделий варить до готовности в воде с добавлением 0%; 1,5% и 3% пищевой поваренной соли, после чего оценивать варочные свойства макаронных изделий. Полученные данные представить в виде таблицы, сделать выводы.

РАБОТА № 5.

АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛОДОВ И ЯГОД

Плоды и ягоды – важнейшие продукты питания. Они богаты углеводами, органическими кислотами, минеральными веществами, витаминами, а также пектином, клетчаткой, ароматическими и другими веществами.

Однако плоды и ягоды не стойки при хранении, поэтому их подвергают консервированию различными способами. Плоды и ягоды, как в натуральном, так и в консервированном виде используют как сырье в хлебопекарной, кондитерской и других отраслях пищевой промышленности. Так в кондитерской промышленности для производства конфетных масс, начинок для конфет, карамели, мармелада, пастилы и других кондитерских

изделий используется пульпа, плодово-ягодное пюре, подварки, повидло и другие плодово-ягодные полуфабрикаты.

Пульпа – целые или нарезанные плоды или целые ягоды, консервированные диоксидом серы.

Плодово-ягодное пюре представляет собой протертую плодовую мякоть, консервированную диоксидом серы, бензойной или сорбиновой кислотой.

Повидло вырабатывают путем уваривания плодового пюре с сахаром.

Подварка представляет собой пюре из плодов или ягод, уваренное с сахаром, допускается добавка пищевых кислот и пектина.

Припасы приготавливают из свежих протертых плодов и ягод путем смешивания с сахаром. Припасы могут быть пастеризованные и непастеризованные. В непастеризованные припасы (приготовленные холодным способом) допускается введение лимонной кислоты, доля сахара в них значительно выше, чем в пастеризованных припасах.

Оценку качества продуктов переработки плодов и ягод проводят по органолептическим и физико-химическим показателям.

Основными **органолептическими** характеристиками продуктов переработки плодов и ягод являются: вкус, запах, цвет и консистенция. Определение органолептических показателей продуктов, консервированных диоксидом серы проводят после десульфитации, осуществляемой путем нагревания и перемешивания продукта до исчезновения запаха диоксида серы. Цвет, вкус и запах продуктов переработки плодов и ягод должен быть свойственный плодам и ягодам, из которых они изготовлены; не допускается привкус плесени, горечи и хруст на зубах.

Оценку качества продуктов переработки плодов и **ягод физико-химическими** методами осуществляют по следующим показателям: массовая доля сухих веществ, кислотность, массовая доля минеральных примесей, химический состав продукта, массовая доля сернистой кислоты.

Массовую долю сухих веществ можно определить на рефрактометре, нанеся на измерительную призму каплю испытуемого жидкого материала.

Если исследуемый раствор представляет собой массу, включающую твердые частицы, то небольшое количество этого продукта берут в сложенный вдвое кусок марли, медленным надавливанием выжимают 2-3 капли жидкости, отбрасывают их, а следующую каплю наносят на призму рефрактометра.

При исследовании темноокрашенных продуктов или продуктов, у которых трудно отделить жидкую фазу для нанесения ее на призму рефрактометра, поступают следующим образом. Навеску продукта массой 5-10 г смешивают с таким же количеством дистиллированной воды, добавляют 4 г очищенного песка и смесь тщательно растирают пестиком. Часть полученной массы отжимают через два слоя марли, первые две капли отбрасывают, а последующие наносят на призму рефрактометра, снимают показания и умножают их на два.

Содержание сухих веществ продуктов переработки плодов и ягод можно также определить методом высушивания навески продукта массой 5 г в сушильном шкафу при температуре 100-105⁰С до постоянной массы.

Массовая доля сухих веществ в продуктах переработки плодов и ягод (в процентах, не менее): пульпа – 7-10; пюре плодовое и ягодное – 10; варенье – 68-70; повидло – 66; подварка – 69.

Определение **массовой доли сернистой кислоты** можно проводить различными методами. Ускоренный метод определения основан на окислении сернистой кислоты йодом, при этом для перевода связанной сернистой кислоты в свободную объект исследования предварительно обрабатывают последовательно растворами гидроксида натрия и серной кислоты.

Техника определения заключается в следующем: в химический стакан взвешивают навеску измельченного исследуемого продукта массой 5 г и смывают его 50 мл дистиллированной воды в коническую колбу вместимостью 200-250 мл. Колбу встряхивают 5 мин, приливают 25 мл 1 н раствора гидроксида натрия или калия, взбалтывают и оставляют на 15 мин,

затем вносят 10 мл серной кислоты, разведенной 1:3 и 1 мл 1%-ного раствора крахмала и титруют при перемешивании 0,01 н раствором йода до появления не исчезающей в течение нескольких секунд синей окраски.

Контрольный опыт проводят в тех же условиях, но без навески продукта.

Массовая доля сернистой кислоты X в процентах рассчитывается по формуле:

$$X = \frac{(V - V_0)0,32}{10m},$$

где V – количество 0,01 н раствора йода, израсходованное на титрование исследуемого раствора, мл;

V - количество 0,01 н раствора йода, израсходованное на титрование в контрольном опыте, мл;

0,32 – количество диоксида серы, соответствующее 1 мл 0,01н раствора йода, мг;

m – масса навески продукта, г.

Норма сернистой кислоты в продуктах переработки плодов и ягод не должна превышать для пюре 0,2%, для подварки и джема – 0,01%.

Определение **общей кислотности** проводят путем титрования вытяжки исследуемого продукта раствором гидроксида натрия в присутствии индикатора фенолфталеина потенциометрическим или визуальным методом.

При определении кислотности визуальным методом навеску продукта массой 5 г переносят в мерную колбу на 250 мл, смывая горячей (80°C) дистиллированной водой. Колбу доливают горячей дистиллированной водой температурой 80°C до трех четвертей объема, хорошо встряхивают и оставляют на 30 мин, время от времени встряхивая. Затем колбу с содержимым охлаждают до комнатной температуры, доливают дистиллированной водой до метки и хорошо перемешивают. Жидкость фильтруют через сухой складчатый фильтр. В коническую колбу отбирают

25 мл фильтрата, добавляют 3 капли фенолфталеина и титруют раствором гидроксида натрия до розовой окраски, не исчезающей в течение 30 с.

Общую кислотность X_1 в процентах рассчитывают по формуле:

$$X_1 = \frac{0,1 a M V_0 100}{m V 1000} \quad \text{или} \quad X_1 = \frac{4aM}{1000},$$

где a – количество 0,1 н раствора гидроксида натрия, израсходованное на титрование, мл;

M – молекулярная масса эквивалента кислоты, на которую ведется расчет, г/моль; для яблочной кислоты $M=67$ г/моль,

для лимонной кислоты $M=64$ г/моль;

V_0 – вместимость мерной колбы, в которую внесена навеска, мл;

V – количество фильтрата, взятое на титрование, мл;

m – масса навески продукта, г.

Общая кислотность в пересчете на яблочную кислоту должна составлять для повидла, пюре и подварки 0,2-1,0%; для припаса – 4,0-5,0%.

Определение **студнеобразующей способности плодового пюре** проводят путем уваривания пюре с сахаром.

Для этого навеску продукта массой 50 г, содержащего 10% сухих веществ смешивают с 50 г сахара и кипятят смесь 15 мин при постоянном помешивании. По окончании процесса уваривания масса смеси должна быть 82,5 г.

Если массовая доля сухих веществ в пюре отличается от 10%, то подбирают нужное соотношение пюре и воды, чтобы обеспечить содержание сухих веществ в смеси равное 10%. При этом масса пюре в граммах будет равна $50-10/c$, где c – реальное содержание сухих веществ в пюре (в процентах); количество добавляемой в смесь воды при этом должна быть таким, чтобы масса смеси была равна 50 г.

В конце варки на поверхности смеси появится тонкоскладчатая пленка, масса должна хорошо отставать от стенок кастрюли.

Кислотность сваренной массы должна быть близка к 0,8% в пересчете на лимонную кислоту. Если используется пюре с недостаточной кислотностью, то в приведенной ниже таблице 5 находят количество 50 %-ного раствора лимонной кислоты, которое надо внести в сваренную горячую массу, чтобы получить нужную кислотность.

Таблица 5 – Зависимость количества вносимого раствора лимонной кислоты от кислотности пюре

Кислотность пюре в пересчете на яблочную кислоту, %	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Объем 50%-ного раствора лимонной кислоты, мл	0,75	0,7	0,65	0,5	0,4	0,35	0,3	0,2

Полученную горячую массу быстро разливают в виде круглых лепешек диаметром 20-30 мм в формы, которые выдерживают затем 20 мин при 20⁰С. Качество студня проверяют на упругость, отлипание, легкость выборки его из форм и способность сохранять форму. Эти свойства, определяемые органолептически, характеризуют студнеобразующую способность.

Задание: Проанализировать выданные образцы продуктов переработки плодов и ягод по органолептическим (вкус, запах, цвет) и физико-химическим показателям (массовая доля сухих веществ, определенная на рефрактометре и высушиванием; общая кислотность; массовая доля сернистой кислоты – для продуктов консервированным данным консервантом; студнеобразующая способность – для плодового пюре). Сделать выводы.

РАБОТА № 6.

АНАЛИЗ ПИЩЕВЫХ ЖИРОВ И МАСЕЛ

В пищевой промышленности используется широкий ассортимент жиров и масел.

Природные жиры выделяют из животных и растительных тканей. Природные жиры обладают высокой энергетической ценностью, кроме того они богаты различными биологически ценными веществами: жирорастворимыми витаминами, пигментами, фосфатидами, стеринами.

Наряду с природными жирами и маслами маслодобывающая и жироперерабатывающая отрасль пищевой промышленности производят широкий ассортимент жировых смесей.

Жиры являются смесью сложных эфиров трехатомного спирта глицерина и высокомолекулярных жирных кислот. Различный жирнокислотный состав глицеридов этих жиров обуславливает различия их физико-химических свойств. В жидких жирах преобладают ненасыщенные жирные кислоты, в твердых – насыщенные. В зависимости от степени насыщенности жирных кислот, содержащихся в масле, различают высыхающие, полувысыхающие и невысыхающие масла.

Применение различных способов обработки жиров позволяет изменять их состав, свойства: консистенцию, температуры плавления и застудневания, твердость, хрупкость и другие свойства.

Широкое использование в пищевой промышленности и питании населения находят различные виды маргарина. Маргарин представляет собой высокодисперсную, жировую смесь, в состав которой входят природные рафинированные жиры и масла, саломасы, молоко, соль, сахар, эмульгатор и другие добавки.

Основными органолептическими характеристиками масел и жиров являются: вкус, запах, цвет, прозрачность. Для твердых жиров прозрачность определяется в растопленном состоянии при 40⁰С.

В зависимости от вида жира и жировой смеси консистенция его может быть однородная, твердая и ломкая, мазеобразная или пластичная.

Нерафинированные растительные масла имеют хорошо выраженные вкус, запах и цвет, присущие плодам и семенам данной культуры, допускается легкое помутнение над осадком. Масло, рафинированное по полной схеме

очистки (гидратация, нейтрализация, отбеливание, дезодорация) должно обладать вкусом обезличенного масла и не иметь запаха.

Определение цветности масла проводят по ГОСТ 5477-93 методом определения цветного числа по шкале стандартных растворов йода или фотоколориметрическим методом. Метод определения цветного числа по шкале стандартных растворов йода основан на сравнении интенсивности окраски испытуемого масла с окраской разбавленных растворов йода.

Цветное число масла выражают количеством миллиграммов свободного йода, содержащегося в 100 мл стандартного раствора йода, который имеет при одинаковой толщине слоя в 1 см такую же интенсивность окраски как испытуемое масло.

Для определения цветного числа масла готовят цветную шкалу разбавленных растворов йода, применяя пробирки из бесцветного стекла с внутренним диаметром 10 мм. При этом в бюксу отвешивают 0,26-0,27 г йода, удвоенное количество йодида калия и растворяют примерно в 1 мл дистиллированной воды; раствор переносят в мерную колбу вместимостью 250 мл, доводят водой до метки и взбалтывают. Концентрацию приготовленного раствора йода устанавливают титрованием 0,01 н раствором тиосульфата натрия в присутствии индикатора - 1 %-ного раствора крахмала. После установления титра к приготовленному раствору добавляют дистиллированную воду в таком количестве, чтобы в 100 мл этого раствора содержалось точно 100 мг йода.

Для приготовления серии разбавленных стандартных растворов цветной шкалы (эталонов) в пробирки наливают пипеткой концентрированный стандартный раствор йода и добавляют из бюретки дистиллированную воду в количестве, указанном в таблице 6.

Таблица 6 – Соотношения стандартного раствора йода и дистиллированной воды для приготовления цветной шкалы

Компонент	Цветное число / № пробирки
-----------	----------------------------

шкалы	100 1	90 2	80 3	70 4	60 5	50 6	40 7	30 8	25 9	20 10	15 11	10 12	5 13	1 14
Стандарт- ный раствор йода, мл	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,1
Вода дистиллиро- ванная, мл	-	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	9,9

Цветное число принимают равным цветному числу эталона, имеющего одинаковую окраску с маслом. Оценку качества пищевых жиров и масел физико-химическими методами осуществляют по следующим показателям: содержание массовой доли влаги, кислотность, число омыления, величина преломления и др.

Сущность методов определения массовой доли влаги в различных жирах и маслах сводится к высушиванию навески масла до постоянной массы при температуре 100-105⁰С (в растительных маслах, саломасах), либо нагреву масла при определенных температурных режимах до момента прекращения испарения влаги, о котором судят по отсутствию запотевания часового стекла, закрывающего в момент нагрева стаканчик с пробой (для коровьего масла, маргарина).

Предельно допустимая норма массовой доли влаги (в процентах) некоторых жиров и масел: масло подсолнечное, соевое, кукурузное – 0,1 (рафинированное), 0,2 - (нерафинированное); кондитерский жир – 0,3; масло коровье сливочное и вологодское – 16,0, любительское – 20,0, крестьянское – 25,0, бутербродное – 35,0, топленое – 1,0; маргарин молочный – 17,0, безмолочный – 16,5.

Определение кислотного числа

Кислотное число – это количество миллиграммов гидроксида натрия, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в одном грамме масла или жира. Кислотное число характеризует степень свежести жира.

Определение кислотного числа осуществляют нейтрализацией свободных жирных кислот, содержащихся в навеске исследуемого жира, спиртовым раствором гидроксида натрия (ГОСТ 5476-80). При этом в коническую колбу вместимостью 150-200 мл отвешивают 3-5 г испытуемого масла, приливают 50 мл нейтрализованной смеси этанола и этилового эфира (1:2) и взбалтывают содержимое. Если при этом масло не растворяется, колбу подогревают на водяной бане и охлаждают до температуры 15-20°C. Добавляют 3-5 капель фенолфталеина и при непрерывном перемешивании титруют 0,1 н спиртовым раствором гидроксида натрия или калия до появления слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 30 с.

Кислотное число К.ч. в миллиграммах на грамм масла рассчитывают по

$$\text{К. ч.} = \frac{aK5,61}{M},$$

где а – количество 0,1 н раствора гидроксида натрия или калия, израсходованное на нейтрализацию жирных кислот в навеске жира, мл;

К – поправочный коэффициент к 0,1 н раствору гидроксида натрия;

М – масса взятой для анализа навески жира, г.

Расхождения между параллельными определениями не должно превышать 5 отн. %.

Особенностью метода определения кислотного числа темных масел (солевой метод) является то, что растворитель жира не применяется.

Техника определения кислотного числа этим методом заключается в следующем: в колбу вместимостью 300 мл вносят навеску масла 10 г, приливают 50-60 мл насыщенного раствора пищевой поваренной соли и 0,5 мл раствора фенолфталеина. Колбу закрывают пробкой и встряхивают, затем оттитровывают (при встряхивании) 0,1 н раствором гидроксида натрия. Титрование считают законченным, когда в нижнем солевом слое появится устойчивое розовое окрашивание, не исчезающее в течение 30 с.

Предельно допустимая норма кислотного числа (в миллиграммах на грамм масла) некоторых жиров и масел: масло подсолнечное – 0,4

(рафинированное), 1,5 (нерафинированное высшего сорта), 2,25 (нерафинированное 1 сорта); соевое масло – 0,3 (нерафинированное), 1,0 (гидратированное 1 сорта); топленый пищевой жир говяжий, свиной, бараний – 1,2 (высшего сорта), 2,2 (первого сорта); сборные жиры – 3,5.

Кислотность жира определяют для коровьего масла и маргарина и выражают в градусах Кеттстофера, под которыми понимают количество 0,1 н раствора гидроксида натрия или калия, необходимого для нейтрализации 5 г масла или маргарина и умноженное на два. Определяют кислотность титрованием навески масла или маргарина, растворенного в спиртоэфирной смеси 0,1 н раствором гидроксида натрия или калия в присутствии индикатора – фенолфталеина.

Определение числа омыления

Число омыления равно количеству миллиграммов гидроксида калия, необходимого для омыления глицеридов и нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира. Этот показатель характеризует общее количество свободных и связанных кислот, входящих в состав жира. По величине числа омыления на производстве рассчитывают количество щелочи, требуемое для омыления, например, при рафинации на стадии нейтрализации.

Определение показателя преломления

Показатель преломления жира характеризует его природу, чистоту, жирно-кислотный состав.

Измерение показателя преломления производят на рефрактометре, призмы которого термостатируют водой с температурой 20⁰С – для жидких масел и 40⁰С – для твердых. Поверхность призм после проведения замеров очищают ватой, сначала смоченной эфиром, затем – сухой.

Показатель преломления некоторых пищевых жиров и масел: масло подсолнечное – 1,4736-1,4762; масло соевое – 1,4722-1,4768; говяжий жир – 1,4566-1,4500; бараний жир – 1,4510-1,4583.

Определение йодного числа

Йодное число характеризует неопределенность жирных кислот, входящих в состав жира. Под йодным числом понимают количество граммов йода, присоединяющееся к 100 г жира. Йодное число применяют для определения способности жира к высушиванию, расчета потребности водорода на его гидрогенизацию.

Для определения йодного числа используют различные методы: Гюбля, Кауфмана, Вийса, Гонуса, Вобурна, Маргошеса и др.

Рефрактометрический метод определения йодного числа позволяет определить йодное число по показателю преломления масла. Величина йодного числа Й.ч. в миллиграммах на 100 г жира вычисляют по формуле:

$$\text{Й. ч.} = \frac{(n_D^{20} - 1,4595)100}{0,0118},$$

где n_D^{20} - показатель преломления масла, определенный при 20°C на рефрактометре.

Йодное число некоторых пищевых жиров и масел (в миллиграммах на 100 грамм жира или в процентах): масло подсолнечное— 125-145, масло соевое – 120-140, масло коровье сливочное – 22-40, говяжий жир – 32-47, бараний жир – 35-40.

Задание: Проанализировать выданные образцы масел и жиров по органолептическим (вкус, запах, консистенция, цвет) и физико-химическим показателям (массовая доля влаги, кислотное число, число омыления, йодное число). Сделать выводы.

III. Методические указания к практическим работам

Основные понятия и расчетные формулы

1. Определение плотности

Плотность ρ – масса единицы объема вещества, кг/м³

$$\rho = m/V,$$

где m – масса веществ, кг; V – объем вещества, м³.

Плотность жидкостей, содержащих сухие вещества, (сахарный сироп, фруктовый сок, молоко с сахаром и др.), при $t = 20^\circ \text{C}$ ρ_{20} , будет вычисляться по формуле:

$$\rho_{20} = 10[1,42B + (100 - B)], \quad (1)$$

где B – содержание сухих веществ, %.

При температуре t °C плотность находится таким образом:

$$\rho_t = \rho_{20} - 0,5(t - 20). \quad (2)$$

Для бинарной суспензии, состоящей из воды и твердой фазы, плотность

$$\rho_c = 1/[x_T/\rho_T + (1 - x_T)/\rho_B], \quad (3)$$

где x_T – массовая доля твердой фазы в суспензии; ρ_T – плотность твердой фазы и ρ_B – плотность воды.

Плотность бинарных суспензий ρ_c можно рассчитать по формуле:

$$\rho_c = \rho_T \varphi + \rho_{ж}(1 - \varphi), \quad (4)$$

где φ – объемная доля твердой фазы в суспензии и равна:

$$\varphi = x_T \rho_c / \rho_T. \quad (5)$$

Плотность томатопродуктов определяется по формуле:

$$\rho = 1016,76 + 4,4B - 0,53t, \quad (6)$$

где B – содержание сухих веществ, %; t – температура продукта, °C.

Зависимость между плотностями жидкости при различных температурах выражается формулой:

$$\rho_2 = \rho_1[1 - \beta(t - t_1)], \quad (7)$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотности жидкости при температурах t_1 и t_2 ; β – коэффициент объемного расширения жидкости.

При известной плотности водной суспензии ρ_c и плотности твердой фазы ρ_T массовую концентрацию суспензии рассчитывают по формуле:

$$x_c = \rho_T(\rho_c - 1000) 100 / [\rho_c(\rho_T - 1000)]. \quad (8)$$

Плотность ρ газа или пара при температуре T и давлении P на основании уравнения Клапейрона рассчитывают по формуле:

$$\rho = P/(RT), \quad (9)$$

где R – газовая постоянная, Дж/(кг·К), $R = 8314/M$; M – молекулярная масса газа (пара).

Плотность смеси газов или паров определяют формулой:

$$\rho_{см} = y_1\rho_1 + y_2\rho_2 + \dots + y_n\rho_n, \quad (10)$$

где $y_1, y_2, \dots, y_n$ – объемные доли компонентов газовой или паровой смеси; $\rho_{см}, \rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ – плотности смеси и соответствующих компонентов.

2. Определение объемной массы

Объемную массу свободно насыпанного зернистого материала ρ_m можно рассчитать по плотности ρ_T твердых частиц и порозности ε слоя:

$$\rho_m = \rho_T(1 - \varepsilon). \quad (11)$$

Для свободно насыпанных материалов, состоящих из неоднородных по форме частиц, $\varepsilon = 0,38-0,42$.

3. Определение динамической вязкости

Динамическую вязкость суспензий и эмульсий определяют в зависимости от вязкости внешней среды μ_c и объемной концентрации φ находящихся в них частиц.

Для суспензий с объемным содержанием твердой фазы $\varphi < 10\%$ динамическая вязкость равна:

$$\mu = \mu_c (1 + 2,5\varphi). \quad (12)$$

При $\varphi > 10\%$ в этой формуле вместо 2,5 принимают 4,5.

Для соков, сиропов и сгущенного молока при 20°C μ (в мПа·с) составит

$$\mu = 0,94e^{0,05 + 0,08B}, \quad (13)$$

где B – концентрация сухих веществ, %.

Для натурального молока при 20°C μ (в мПа·с) будет:

$$\mu = 0,7e^{0,05 + 0,08B}. \quad (14)$$

При температуре, отличающейся от 20°C ,

$$\mu_t = 12,9\mu/t^{0,85}. \quad (15)$$

Для растворов сахарозы при $15 < B < 65\%$ сухих веществ и при $t < 70^\circ\text{C}$ μ (в Па·с) будет:

$$\ln\mu = e^{(aB+b)} + C, \quad (16)$$

где $a = 8,405 \cdot 10^{-7}t^2 - 1,65 \cdot 10^{-4}t + 0,03617$;

$b = -1,0161 \cdot 10^{-5}t^2 + 1,098 \cdot 10^{-3}t - 0,48542$;

$c = 1,534 \cdot 10^{-4}t^2 - 0,03291t - 6,8595$.

Для высококонцентрированных растворов сахарозы (утфелей), содержащих кристаллы,

$$\lg(\mu_y/\mu_p) = 0,01322B \{ [85/(85 - K_p)] - 1 \}, \quad (17)$$

где μ_y – динамическая вязкость утфеля, Па·с; μ_p – динамическая вязкость межкристального раствора при данной температуре, Па·с; K_p – содержание кристаллов в утфеле, %; B – содержание сухих веществ в утфеле, %.

Для растительного масла при температуре $t^\circ\text{C}$

$$\mu_t = 0,175/10^{(0,31 + 0,026t)}. \quad (18)$$

Динамическая вязкость томатопродуктов (в Па·с) рассчитывается по формуле:

$$\mu = 0,0199B^{2,94}t^{-1,17}, \quad (19)$$

где B – содержание сухих веществ в продукте, %; t – температура

продукта, °С.

Динамическая вязкость насыщенного пара (в Па·с) равна:

$$\mu = 1/(0,955 - 1,42 \cdot 10^{-3} \rho_n), \quad (20)$$

где ρ_n – плотность насыщенного пара, кг/м³.

4. Определение теплоемкости

а) Теплоемкость растительного сырья в водных полупродуктах c [в Дж/(кг·К)] можно рассчитать по одной из следующих формул:

$$c = c_c(1 - 0,01W) + 41,87W, \quad (21)$$

где c_c – теплоемкость сухих веществ, Дж/(кг·К); W – содержание воды в продуктах, %

б) Теплоемкость зерна [в Дж/(кг·К)] равна:

$$c = 1550 + 26,4W. \quad (22)$$

Теплоемкость томатопродуктов [в Дж/(кг·К)] вычисляется по формуле:

$$C = 4228,7 - 20,9B - 10,88t. \quad (23)$$

Для жидких продуктов сахарного производства c [в Дж/(кг·К)]

$$C = 4190 - 0,01B [2510 - 7,54t + 4,61(100 - D_6)], \quad (24)$$

где D_6 – доброкачественность продукта, %.

Теплоемкость теста [в Дж/(кг·К)] – по формуле:

$$C = 1675(1 + 0,015W), \quad (25)$$

где W – влажность теста, %.

5. Определение теплопроводности

Теплопроводность чистых ассоциированных жидкостей (вода, спирты и др.) [в Вт/(м·К)] определяется по формуле:

$$\lambda = 3,58 \cdot 10^{-8} c \rho^3 \sqrt{\rho/M}, \quad (26)$$

где c – теплоемкость жидкости, Дж/(кг·К); ρ – плотность жидкости,

кг/м³; M – молекулярная масса жидкости.

Теплопроводность бинарных смесей жидкостей [в Вт/(м·К)] равна:

$$\lambda = \lambda_2 + 1,59x_1(\lambda_1 - \lambda_2)(1 - 0,37x_1), \quad (27)$$

где λ_1 и λ_2 – теплопроводности чистых компонентов 1-й и 2-й смеси, в которой $\lambda_1 > \lambda_2$; x_1 – массовая доля компонента 1 в смеси.

Теплопроводность растворов сахарозы при $0 < B < 65\%$ сухих веществ и при $0 < t < 80^\circ\text{C}$ [в Вт/(м·К)]

$$\lambda = (1 - 5,479 \cdot 10^{-3}B)(0,5686 + 1,514 \cdot 10^{-3}t - 2,2 \cdot 10^{-6}t^2). \quad (28)$$

Теплопроводность томатопродуктов [в Вт/(м·К)] определяется по формуле:

$$\lambda = (528 - 4,04B + 2,05t) \cdot 10^{-3}. \quad (29)$$

Теплопроводность фруктовых соков, молока с сахаром, сиропов и других жидких сред, содержащих сухие вещества λ [в Вт/(м·К)] при 20°C равна:

$$\lambda_{20} = 0,593 - 0,025B^{0,53}. \quad (30)$$

При температуре $t^\circ\text{C}$

$$\lambda_t = \lambda_{20} + 0,00068(t - 20). \quad (31)$$

Для большинства органических жидкостей в пределах температур 0 – 120°C $\lambda = 0,25$ – $0,12$ Вт/(м·К), для воды в пределах указанных температур $\lambda = 0,55$ – $0,68$ Вт/(м·К) и для продуктов, содержащих значительное количество жира, $\lambda = 0,14$ – $0,17$ Вт/(м·К).

6. Определение коэффициента молекулярной диффузии

Коэффициент молекулярной диффузии D_r (в м²/с) газа A в газе B

$$D_r = \frac{0,0435T^{1,5}}{P(v_A^{1/3} + v_B^{1/3})} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}, \quad (32)$$

где T – температура среды, К; P – общее давление, Па; v_A и v_B – молярные объемы газов A и B , см³/моль; M_A и M_B – молекулярные массы:

газов A и B .

Если известен коэффициент диффузии D_{r1} при температуре T_1 и давлении P_1 , то при температуре T_2 и давлении P_2 коэффициент диффузии D_{r2} будет равна:

$$D_{r2} = D_{r1}(T_2/T_1)^{1,5}(P_1/P_2). \quad (33)$$

Коэффициент диффузии газов или паров в жидкостях при 10°C $D_{жс}$ (в $\text{м}^2/\text{с}$) определяется по формуле:

$$D_{жс} = 7,410^{-12}(aM)^{0,5}T/(\mu_{жс} \nu^{0,6}), \quad (34)$$

где M – молекулярная масса жидкости; T – температура жидкости. К; $\mu_{жс}$ – динамическая вязкость жидкости, $\text{мПа}\cdot\text{с}$; ν – мольный объем диффундирующего компонента, $\text{см}^3/\text{моль}$; a – опытный коэффициент, равный 1 для эфира, бензола и других неассоциированных жидкостей, 2,6 – для воды, 1,5 – для этилового спирта.

Если известен коэффициент диффузии $D_{ж}$ при 20°C , то коэффициент диффузии при температуре t будет равен:

$$D_{жct} = D_{жс} [1 + b(t + 20)], \quad (35)$$

$$\text{где } b = 0,2 \sqrt{\mu} / \sqrt[3]{\rho}, \quad (36)$$

μ – динамическая вязкость жидкости при 20°C , $\text{Па}\cdot\text{с}$; ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Мольные объемы ν (в $\text{см}^3/\text{моль}$) веществ рассчитывают суммированием составляющих для атомов, групп и связей, входящих в состав вещества.

Численные значения коэффициентов диффузии в газах имеют значения –

$0,3 \cdot 10^{-5} - 7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, а при диффузии газа или пара в жидкости – $0,4 \cdot 10^{-9} - 5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$.

7. Определение поверхностного натяжения

Поверхностное натяжение жидкости σ (в $\text{Н}/\text{м}$) можно рассчитать по

формуле:

$$\sigma = (P_h \rho_{жс} / M)^4, \quad (37)$$

где P_h – паракор – постоянная, зависящая от поверхностного натяжения жидкости (ее значение находят суммированием составляющих для атомов, групп и связей; $\rho_{жс}$ – плотность жидкости, кг/м³; M – молекулярная масса.

VI. Контрольные задания

Задача № 1

Определить массовую концентрацию $[x_c]$ твердой фазы в водной суспензии, если плотность твердой фазы ρ_T $[\text{кг/м}^3]$ и плотность суспензии ρ_c $[\text{кг/м}^3]$

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ_T	2000	2100	2150	2200	2150	2300	2240	2150	2140	2180
ρ_c	1100	1200	1180	1184	1250	1200	1110	1050	1170	1160

Задача № 2

Рассчитать динамическую вязкость раствора сахарозы при содержании сухих веществ – В % и температуры $t^0\text{C}$. Для растворов сахарозы при $15 < B < 65\%$ сухих веществ и при $t < 70^0\text{C}$,

где $a = 8,405 \cdot 10^{-7} t^2 - 1,65 \cdot 10^{-4} t + 0,03617$

$b = -1,0161 \cdot 10^{-5} t^2 + 1,098 \cdot 10^{-3} t - 0,48542$

$c = 1,534 \cdot 10^{-4} t^2 - 0,03291 t - 6,8505$

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	50	54	57	60	45	50	54	57	53	55
t	65	60	63	64	65	62	59	63	60	61

Задача № 3

Определить динамическую вязкость томатопродуктов, где В содержание сухих веществ в продукте, t – температура продукта.

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B %	21	22	20	23	24	25	26	22	23	24
$t^0\text{C}$	32	33	34	30	35	34	36	37	33	30

Задача № 4

Определить динамическую вязкость молока с сахаром при температуре t^0 и содержании сухих веществ – В%.

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t	50	53	52	60	57	33	59	49	58	45
B	38	60	55	43	37	46	35	59	39	54

Задача № 5

Определить теплоемкость растительного сырья в водных полупродуктах C [Дж/(кг·К)], если известно C_c – теплоемкость сухих веществ; W – содержание воды в продуктах в %.

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W	18	20	23	22	20	21	23	22	24	20
C_c	810	900	950	940	970	1000	930	960	950	970

Задача № 6

Определить поверхностное натяжение жидкости σ [Н/м²] при 20⁰С, если плотность жидкости $\rho_{ж}$ и молекулярная масса его μ и P_n – постоянная, зависящая от поверхностного натяжения жидкости (ее значение находят суммированием составляющих для атомов, групп связей).

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho_{ж}$	920	970	1000	750	900	850	940	970	980	960
μ	46	50	48	47	49	43	50	52	51	46

Задача № 7

Определить теплопроводность раствора сахарозы λ [Вт/(м·К)] при t^0 С, содержащих сухие вещества В%.

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t	70	55	69	67	49	59	65	70	57	48
B	65	43	59	55	35	53	55	53	49	42

Задача № 8

Определить плотность томатопродуктов [кг/м³] при содержании сухих веществ B % и температуре t⁰C.

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t	27	28	24	22	26	27	25	24	23	24
B	24	25	26	23	22	21	20	27	24	23

Задача № 9

Определить плотность и динамическую вязкость неосветленного сахарного сока с массовой долей твердой фазы X_т, если плотность твердой фазы $\rho_t = 2100 \text{ кг/м}^3$, плотность осветленного сока $\rho_o = 1080 \text{ кг/м}^3$ и динамическая вязкость его $\mu_o = 0,0005 \text{ Па}\cdot\text{С}$.

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X _т	0,04	0,041	0,042	0,039	0,038	0,043	0,044	0,045	0,039	0,038

Задача № 10

Определить теплоемкость зерна [Дж/(кг·К)], если влажность W %.

<u>Вариант</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W	17	18	18,5	19	20	18	19	19,5	19,4	19,3

Список использованной литературы

1. Технология пищевых производств / А. П. Нечаев, И. С. Шуб, О. М. Аношина и др.; Под ред. А. П. Нечаева. – М.: КолосС, 2007. – 768 с.
1. Лабораторный практикум по общей и специальной технологии пищевых производств / О. М. Аношина, Г. М. Мелькина, Ю. И. Сидоренко и др. – М.: КолосС, 2007. – 183 с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Ауэрман, Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л.Я. Ауэрман. - М.: Профессия, **2013**. - 416 с.
3. Бутейкис, Н. Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий / Н.Г. Бутейкис. - М.: Academia, 2012. - 344 с.
4. Зверев, С. В. Физические свойства зерна и продуктов его переработки / С.В. Зверев, Н.С. Зверева. - М.: ДеЛи принт, **2012**. - 176 с.
5. Медведев Г.М. Технология макаронных изделий. - СПб., 2006.
6. Технология солода, пива и безалкогольных напитков / К. А. Калунянц, В. Л. Яровенко, В. А. Домарецкий, Р. А. Колчева. – М.: Колос, 1992. – 446 с.
7. Ковальская Л. П., Шуб И. С., Мелькина Г. М. и др. Технология пищевых производств / Под ред. Л.П. Ковальской. – М.: Колос, 1997. – 752 с.
8. Общая технология пищевых производств / Н. И. Назаров, А. С. Гинзбург, С.М. Гребенюк, Г.А. Маршалкин, Ю. А. Мачихин, А. П. Нечаев и др.. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. - 360 с.
9. Сапронов А. Р., Жушман А. И., Лосева В. А. Общая технология сахара и сахаристых веществ / Под ред. А. Р. Сапронова. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 397 с.
10. Медведев Г. М. Технология макаронного производства. – М.: Колос, 1998. – 272 с.
11. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / А. А. Виноградова, Г. М. Мелькина, Л. А. Фомичева и др.; Под ред. Л. П. Ковальской. – М.: Агропромиздат, 1991. – 335 с.

12. Хрундин, Д.В. Общая технология пищевых производств [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.В. Хрундин. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. - 120 с.
13. Корячкина, С.Я. Технология мучных кондитерских изделий: учебник/ С.Я. Корячкина, Т.В. Матвеева. - СПб.: Троицкий мост, 2011. - 408 с.
14. Сапронов, А.Р. Технология сахара: учебник / А.Р. Сапронов, Л.А. Сапронова, С.В. Ермолаев. - СПб.: Профессия, 2015. - 296 с.
15. Технология пищевых производств / Л. П., Ковальская, И. С. Шуб, Г. М. Мелькина; Под ред. Л. П. Ковальской. – М.: Колос, 1999. – 752 с.
16. Технология масла (теория и практика) [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Пономарев [и др.]. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2015. - 80 с.
17. Технология безалкогольных напитков [Электронный ресурс]: учебник / [Л.П. Оганесянц и др.] - СПб.: ГИОРД, 2012. - 344 с.

Содержание

Введение	3
Содержание дисциплины	4
Техника безопасности при работе в лабораториях	5
Порядок работы в лабораториях	6
Работа 1. Определение массовой доли влаги в пищевых продуктах	7
Работа 2. Определение массовой доли сухих веществ рефрактометрическим методом	13
Работа 3. Анализ зерна	19
Работа 4. Оценка качества макаронных изделий	29
Работа 5. Анализ продуктов переработки плодов и ягод	33
Работа 6. Анализ пищевых жиров и масел	38
Методические указания к практическим работам. Основные понятия и расчетные формулы	45
Контрольные задания	52
Список использованной литературы	57

Коблева Мира Мугдиновна

Методические указания по изучению дисциплины
«Физико-механические свойства сырья и готовых продуктов»
для бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»,
профиль подготовки «Машины и аппараты пищевых производств»