

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



Т.Е. Бурова

**ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ  
НА СОСТАВ И СВОЙСТВА  
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург  
2014

УДК 664.8.037

**Бурова Т.Е.** Влияние обработки на состав и свойства растительного сырья: Учеб.-метод. пособие / Под ред. А.Л. Ишевского. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 85 с.

Приведены теоретические положения, цели, методы определения органолептических показателей растительного сырья и продуктов питания. Включает лабораторные работы № 1–5 по курсам «Технологические основы производства полуфабрикатов и кулинарной продукции» и «Химия вкуса, цвета и аромата».

Предназначено для магистрантов направления 260100.62 Продукты питания из растительного сырья, профили подготовки «Технология продуктов общественного питания» и «Технология функциональных продуктов».

**Рецензент: кандидат техн. наук Р.А. Диденко**

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом  
Института холода и биотехнологий**



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики, 2014

© Бурова Т.Е., 2014

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### МЕХАНИЧЕСКАЯ КУЛИНАРНАЯ ОБРАБОТКА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

#### 1. Теоретические положения

Овощи играют важную роль в питании человека: улучшают процесс пищеварения, поддерживают кислотно-щелочное равновесие и жидкостный обмен в организме. Являясь одним из основных источников витаминов, они также богаты углеводами, минеральными, ароматическими, вкусовыми веществами. Некоторые овощи (чеснок, лук, хрен, редька) содержат особые бактерицидные вещества – фитонциды, уничтожающие болезнетворные микробы и задерживающие их развитие.

На предприятиях общественного питания овощи широко используют для приготовления холодных блюд, супов, соусов, овощных блюд и гарниров. Овощи подразделяют на следующие группы:

- клубнеплоды: картофель, топинамбур (земляная груша), батат (сладкий картофель);
- корнеплоды: морковь, свекла, репа, брюква, редька, редис, петрушка, пастернак, сельдерей, хрен;
- капустные: капуста белокочанная, краснокочанная, савойская, брюссельская, цветная, кольраби, брокколи;
- луковые: лук репчатый, лук зеленый, лук-порей, чеснок;
- пряные: укроп, эстрагон, чабер, базилик, майоран;
- плодовые: тыквенные (тыква, кабачки, огурцы, арбуз, дыня, патиссоны);
- томатные: томаты, баклажаны, стручковый перец;
- бобовые: горох, бобы;
- зерновые: сахарная кукуруза;
- десертные: артишоки, спаржа, ревень.

Овощи, поступающие на предприятия общественного питания, проверяют по количеству и сортам в соответствии с государственными стандартами. Для этого овощи взвешивают и полученные данные сверяют с данными, указанными в сопроводительных документах, что позволяет обеспечить точный учет количества поступивших овощей.

Большое внимание уделяют проверке качества, так как при обработке овощей низкого качества увеличивается количество отходов и ухудшается качество приготовленных блюд. Доброкачественность овощей определяют органолептическим методом: по цвету, запаху, вкусу, консистенции.

Механическая кулинарная обработка овощей состоит из последовательных технологических операций: сортировки и калибровки, мытья, очистки и нарезки.

Сортировка и калибровка способствуют рациональному использованию овощей для приготовления определенных блюд, снижают отходы при механизированной обработке. При сортировке и калибровке удаляют посторонние примеси, загнившие и побитые экземпляры, распределяют овощи по размерам и качеству.

Моют овощи в овощемоечных машинах или вручную в целях удаления с их поверхности остатков земли и песка. Это улучшает санитарное стояние машин, способствует увеличению срока их эксплуатации.

Очищают овощи в овощечистительных машинах или вручную в целях удаления частей с пониженной пищевой ценностью.

Нарезка овощей способствует более равномерной их тепловой обработке, придает блюдам красивый внешний вид, улучшает вкус.

Нарезают овощи механическим способом или вручную. Для повышения производительности труда работников, снижения расходов производства, улучшения санитарного состояния предприятия целесообразно механическую кулинарную обработку овощей производить на крупных предприятиях общественного питания (комбинатах, фабриках заготовочных) и снабжать овощными полуфабрикатами предприятия заготовочные.

Механическую кулинарную обработку овощей ведут в овощном цехе. Он располагается, как правило, недалеко от овощного склада. Это позволяет улучшить санитарное состояние цеха и сократить затраты на доставку овощей. В овощном цехе устанавливают механическое оборудование – машины для промывания, очистки и нарезки овощей, а также немеханическое оборудование – производственные столы, ванны, лари для хранения овощей, специальные столы для чистильщиков овощей и простейшие приспособления для отстаивания крахмала. Все оборудование размещают в соответствии с технологическим процессом. Имеются несколько поточных линий обработ-

ки овощей: картофеля и корнеплодов; разных овощей и зелени; соленых и квашеных овощей.

Для предупреждения несчастных случаев и заболеваний при работе в овощном цехе необходимо соблюдать условия безопасности труда. Запрещается допускать к работе лиц, незнающих правил эксплуатации оборудования. У машин должны быть вывешены правила работы и пособия по технике безопасности. С каждым работником необходимо регулярно проводить инструктаж по правилам эксплуатации оборудования.

### **Обработка клубнеплодов**

Клубни картофеля богаты крахмалом, содержат белки, сахара, минеральные вещества, витамины С и группы В. Картофель занимает важное место в рационе питания, поэтому на предприятиях общественного питания его обрабатывают в массовых количествах. Для приготовления блюд лучше использовать столовые сорта картофеля, имеющие тонкую и плотную кожицу, небольшое количество мелких глазков и хороший вкус.

Механическую кулинарную обработку картофеля можно производить механическим, химическим и термическим способами. Наиболее распространенным из них является механический.

#### ***Механическая кулинарная обработка***

При механическом способе процесс обработки картофеля состоит из следующих операций: сортировки и калибровки, мытья, очистки и доочистки.

#### ***Формы нарезки***

Очищенные клубни картофеля используют для тепловой обработки целыми или предварительно нарезанными. Картофель нарезают простыми или сложными формами.

К простым, наиболее распространенным формам нарезки относят: соломку, брусочки, кружочки, ломтики, дольки (рис. 1). Нарезка вручную является трудоемким процессом, поэтому для его облегчения широко применяют специальные инструменты и овощерезатель-

ные машины. При нарезке соломки и ломтиков вручную используют прием шинковки.

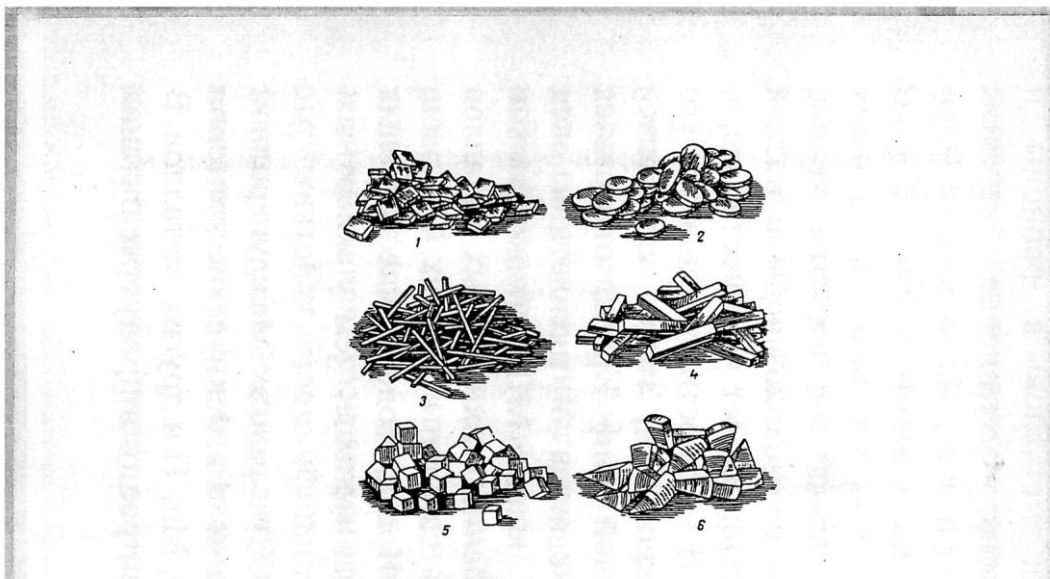


Рис. 1. Формы нарезки картофеля и корнеплодов:  
1 – ломтики; 2 – кружочки; 3 – соломка; 4 – брусочки; 5 – кубики; 6 – дольки

К сложным (фигурным) формам нарезки относят: бочонки, груши, чесночки, шарики, спирали, стружку (рис. 2). При этом картофель нарезают вручную, способом обтачивания.



Рис. 2. Фигурные формы нарезки овощей:  
1 – бочонки; 2 – чесночки; 3 – груши; 4 – спирали; 5 – шарики

Для получения сложных форм можно использовать специальные инструменты (рис. 3).

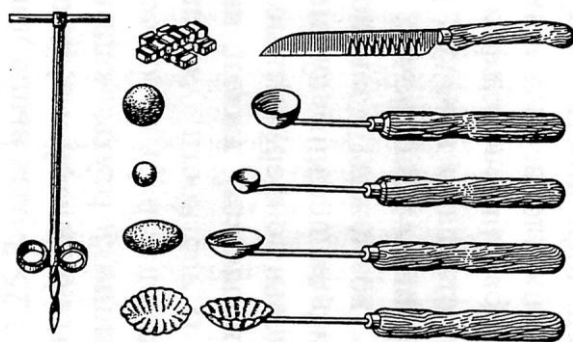


Рис. 3. Инструменты для фигурной нарезки овощей

*Соломка.* Сырой крупный картофель нарезают на тонкие пластинки, накладывают одну на другую и шинкуют поперек на соломки длиной 4...5 см, сечением 0,2х0,2 см. Их используют для жарки во фритюре (большом количестве жира).

*Брусочки.* Сырой картофель нарезают на пластинки толщиной 0,7...1 см и разрезают на брусочки длиной 3...4 см. Используют для жарки, приготовления борщей (кроме флотского и сибирского), рассольника, супов с макаронными изделиями и других блюд.

*Кубики.* Картофель вначале нарезают на пластинки, разрезают их на брусочки, а затем режут на кубики. В зависимости от назначения кубики нарезают сечением (в см): крупные – 2...2,5, средние – 1...1,5, мелкие – 0,3...0,5. Крупными кубиками нарезают сырой картофель для тушения и приготовления супов; средними – для приготовления блюда «картофель в молоке» и для тушения; мелкими кубиками нарезают вареный картофель для гарнира к холодным блюдам и для салатов.

*Дольки.* Сырой картофель (некрупный) разрезают пополам и по радиусу на дольки, которые используют для приготовления рассольников, рагу, духовой говядины, жарки во фритюре.

*Ломтики.* Вареный картофель мелкого или среднего размера разрезают вдоль пополам, затем еще раз пополам и шинкуют поперек на ломтики толщиной 1...2 мм. Крупные клубни разрезают вдоль на брусочки и шинкуют поперек на ломтики. Используют ломтики для приготовления салатов и винегретов.

*Кружочки.* Вареный или сырой картофель обравнивают, придавая ему форму цилиндра, затем нарезают поперек на тонкие кружочки

толщиной 1,5...2 мм. Кружочки сырого картофеля используют для жарки, а вареного – для запекания рыбы и мяса.

*Бочоночки.* Картофель среднего размера обрезают с двух противоположных сторон, затем обтачивают, придают форму бочоночка, используют в отварном виде для гарнира.

*Чесночки.* Сырой картофель сначала обтачивают бочоночками, затем разрезают вдоль на несколько частей. У каждой части по грани делают небольшую выемку. Используют для приготовления супов.

*Шарики.* Из сырого картофеля с помощью специальных выемок вырезают шарики различного размера или применяют прием обтачивания. Крупные шарики используют для жарки во фритюре, средние – для жарки во фритюре и в отварном виде на гарнир к холодным блюдам.

*Стружка.* У сырого картофеля делают срезы с двух противоположных сторон так, чтобы получился цилиндр высотой 2...3 см, выравнивают его по окружности, срезают ленту толщиной 2...2,5 мм и длиной 25...30 см. Затем придают этой ленте форму банта и перевязывают ниткой. Используют для жарки во фритюре.

*Спираль.* Пользуясь специальным инструментом, картофель нарезают спиралью для жарки во фритюре.

Топинамбур и батат обрабатывают и нарезают, как картофель.

## **Обработка корнеплодов**

Корнеплоды содержат сахар, витамины, минеральные, красящие и ароматические вещества. Пищевая ценность корнеплодов различна: в белых корнеплодах – петрушке, сельдерее, пастернаке – содержится большое количество эфирных масел; репа, брюква и редис содержат гликозиды и эфирные масла, придающие им специфические вкус и аромат.

Корнеплоды обрабатывают механическим способом, термическим или вручную.

*Морковь, репу, свеклу, редьку* сортируют по размерам, удаляя загнившие экземпляры, у молодой моркови и свеклы отрезают ботву, после чего промывают вручную или в моечных машинах, очищают и снова промывают. Свеклу, репу, редьку и короткую морковь очищают в картофелечистке, а длинную морковь – вручную.



*Петрушку, сельдерей, пастернак* сортируют, отрезают зелень и корешки, промывают и очищают вручную. Зелень петрушки и сельдерея перебирают, удаляют испорченные, пожелтевшие, вялые листья и моют.

У *красного редиса* отрезают зелень и корешки, затем промывают, у *белого редиса* очищают кожицу.

У *хрена* очищают кожицу и промывают. Если корни хрена вялые, то перед обработкой их замачивают в холодной воде.

### **Формы нарезки**

Для приготовления блюд корнеплоды нарезают. Ниже приведены простые и сложные **формы нарезки моркови**.

*Соломка*. Нарезают вручную или овощерезкой. При ручной нарезке морковь режут на тонкие пластинки и шинкуют их соломкой. Используют для приготовления маринада, борщей (кроме флотского и сибирского), супов с лапшой, рассольников, морковных котлет.

*Брусочки*. Сырую морковь вначале режут поперек на цилиндры длиной 3,5...4 см, разрезают их на пластинки толщиной 0,5 см и нарезают на брусочки. Используют для приготовления супа с макаронами, бульона с овощами и для припускания.

*Кубики*. Морковь разрезают вдоль на длинные брусочки и режут их поперек на кубики. По размерам кубики подразделяют на средние, мелкие и крошку. Средними кубиками нарезают сырую морковь для припускания, тушения. Мелкие кубики из сырой моркови используют для приготовления супов, из вареной – для холодных блюд, крошку из сырой моркови – для щей суточных, супа рисового.

*Дольки*. Морковь режут поперек на цилиндры высотой 4 см, разрезают их вдоль пополам и каждую половину по радиусу режут на дольки. Используют дольки моркови для припускания, приготовления рагу, щей из свежей капусты, говядины духовой.

*Кружочки*. Морковь одинакового диаметра (до 3 см) нарезают на кружочки толщиной 1 мм. Используют сырые кружочки для приготовления супа крестьянского, вареные – для холодных блюд.

*Ломтики*. Морковь разрезают вдоль на две или четыре части и нарезают поперек на ломтики толщиной 1...2 мм. Сырые ломтики используют для приготовления борща флотского и сибирского, ломтики вареной моркови – для салатов и винегретов.

При нарезке моркови более сложными формами применяют прием карбования. Морковь берут одинакового диаметра, обравнивают окружности, затем карбуют с помощью коренчатого или специального ножа.

*Звездочки.* Карбованную морковь нарезают поперек толщиной 1 мм и используют для украшения холодных блюд.

*Гребешки.* Карбованную морковь разрезают вдоль пополам, затем нарезают наискось толщиной 1 мм и используют для украшения холодных блюд.

*Шарики и орешки.* Морковь нарезают различного размера, пользуясь специальными выемками или вручную приемом обтачивания. Используют в отварном виде на гарнир к холодным блюдам.

*Свеклу* нарезают сырую и вареную для приготовления супов, вторых и холодных блюд.

*Соломка.* Нарезают свеклу так же, как картофель. Используют соломку для приготовления борщей (кроме флотского и сибирского), маринада, свекольника, свекольных котлет.

*Ломтики.* Сырую или вареную свеклу разрезают на пластины толщиной 1...1,5 см, режут их на брусочки такой же толщины, затем нарезают поперек на ломтики толщиной 1...1,5 мм. Ломтики из сырой свеклы используют для приготовления борща флотского и сибирского, из вареной – для винегрета.

*Кубики.* Нарезают вареную свеклу средними и мелкими кубиками так же, как и картофель. Средние кубики используют для тушения, мелкие – для приготовления холодных блюд.

Свеклу можно нарезать и шариками, звездочками, гребешками – для украшения холодных блюд.

## **Обработка капустных и луковых овощей**

### ***Белокочанная, савойская и краснокочанная капуста***

Капустные овощи богаты витаминами, содержат сахара, белки, минеральные вещества. Белокочанную, савойскую и краснокочанную капусту обрабатывают одинаково. У нее снимают загнившие и загрязненные листья, отрезают наружную часть кочерыжки и промывают. Кочан разрезают на две или четыре части и вырезают кочерыжку. Если при обработке обнаружены улитки или гусеницы, то обработанную капусту кладут в холодную подсоленную воду (50...60 г соли

на 1 л воды) на 15...20 мин, при этом гусеницы или улитки всплывают на поверхность, откуда их легко удалить. После этого капусту вновь промывают. Обработанную капусту нарезают вручную или на овощерезательной машине.

*Соломка.* Половинки кочана капусты разрезают на несколько частей и шинкуют соломкой. Используют для тушения, приготовления борщей (кроме флотского и сибирского), салата, капустных котлет.

*Квадратики (шашки).* Капусту вначале разрезают на полоски шириной 2...2,5 см, затем поперек на квадратики. Используют для приготовления щей, борщей флотского и сибирского, рагу, супа овощного, для припускания.

*Дольки.* Мелкие кочаны капусты разрезают вдоль пополам, затем режут по радиусу на несколько частей. Используют для варки, припускания, для жарки после предварительной варки.

*Рубка.* Капусту вначале шинкуют соломкой, а затем рубят вручную или на куттерах. Используют для приготовления фаршей.

## **Луковые овощи**

### ***Лук репчатый***

Лук ценят за содержание в нем сахара, эфирных масел, фитонцидов.

Репчатый лук сортируют, отрезают нижнюю часть – донце и шейку, затем снимают сухие чешуйки и промывают в холодной воде. На крупных предприятиях для очистки лука устанавливают специальные шкафы с вытяжкой, которая удаляет эфирные масла. Лук можно очистить термическим способом. Его обжигают в термоагрегате при температуре 1200...1300 °С, затем очищают в моечно-очистительных машинах и дочищают вручную.

Лук нарезают непосредственно перед тепловой обработкой, так как он быстро вянет и улетучиваются эфирные масла. Нарезают его следующими формами.

*Кольца.* Репчатый лук нарезают поперек толщиной 1...2 мм и разделяют на кольца. Используют для приготовления шашлыков, жарки во фритюре.

*Полукольца (соломка).* Лук разрезают вдоль по оси на две половинки или на четыре части, кладут разрезом вниз и шинкуют толщи-

ной 1...2 мм. Используют для приготовления супов, соусов, винегрета.

*Дольки.* Для нарезки используют мелкие луковицы, у которых при обработке оставляют часть донца, чтобы лучше сохранить форму нарезки. Луковицу разрезают вдоль пополам, а затем по радиусу на 3...4 части. Используют для приготовления щей из свежей капусты, рагу, говядины духовой, почек "по-русски".

*Кубики мелкие* (крошка). Лук разрезают вдоль пополам, нарезают пластины толщиной 1...3 мм, затем поперек режут на кубики. Используют для крупяных супов, супа харчо, щей суточных, фаршей.

### **Требования к качеству. Сроки хранения**

Очищенные овощи и подготовленные полуфабрикаты необходимо сразу подвергать тепловой обработке, так как при хранении ухудшается их качество.

При хранении на воздухе сырой очищенный картофель постепенно темнеет, так как в нем содержится аминокислота – тирозин, которая под действием кислорода воздуха и фермента полифенилоксидазы окисляется, переходит в другие химические соединения, образуя меланин, имеющий темную окраску. Чтобы картофель не потемнел, его кладут в холодную воду и хранят не более 2...3 ч, так как в воду переходят пищевые вещества (углеводы, витамин С, минеральные вещества). Ферменты, вызывающие потемнение картофеля, разрушаются при нагревании, поэтому вареный картофель не темнеет.

Предохранить очищенный картофель от потемнения можно бланшированием, но при этом он приобретает специфический вкус и поверхность картофеля размягчается. Для предохранения картофеля от потемнения применяют способ сульфитации. При этом очищенный картофель помещают в металлические сетки, погружают в 0,5...1 %-ный раствор бисульфита натрия на 5 мин, затем вынимают и промывают в холодной воде 2...3 раза. Для промывания используют душевые устройства или ванны с проточной водой. Сульфитацию можно проводить в специальных машинах ПЛСК.

Для получения раствора бисульфита натрия в 1 л холодной воды растворяют 16 г порошка пиросульфита натрия. Приготовленный раствор используют 10...12 раз, затем его выливают. После сульфитации картофель кладут в плетеные корзины, контейнеры или полиэтилено-

вые мешки и хранят без воды при температуре не выше 7 °С не более 48 ч, а при комнатной температуре – не более 24 ч.

Очищенные корнеплоды хранят в корзинах или ящиках при температуре от 0 до 4 °С не более 12 ч. Чтобы овощи не потемнели, их накрывают влажной тканью.

Зелень петрушки, укроп, салат укладывают слоем 5...10 см, накрывают влажной тканью и хранят при температуре 2...12 °С не более 3 ч.

Обработанные овощи по своим качествам должны отвечать техническим условиям. Клубни очищенного картофеля должны быть чистые, упругие, без темных пятен, остатков глазков и кожицы. Запах – свойственный свежему картофелю. Цвет – от белого до кремового. Поверхность – гладкая, может быть несколько подсохшая, но не сухая и не рыхлая.

Морковь, свекла должны быть чистые, упругие, цельные, однородные по окраске, без остатков корешков и ботвы, гнили, без темных пятен и остатков кожицы. Поверхность – подсохшая, но не заветренная.

Лук должен быть упругим, чистым, целым. Окраска – свойственная сорту, без темных пятен и гнили.

### **Полуфабрикаты из овощей**

В настоящее время выпускается продукция в виде полуфабрикатов, кулинарных изделий высокой степени готовности, которые вырабатываются предприятиями пищевой промышленности и заготовочными фабриками. Сырье, продукты и полуфабрикаты, используемые для изготовления кулинарной продукции, должны соответствовать требованиям нормативных документов Российской Федерации: закона «О защите прав потребителей», «О стандартизации», «Требованиям ГОСТ Р 50763–95», медико-биологическим требованиям и санитарным нормам, иметь сертификат соответствия и удостоверение о качестве.

Для изготовления кулинарной продукции не допускается использование продуктов с истекшим сроком годности (хранения), продовольственное сырье, не отвечающее требованиям нормативных документов, а также запрещенные к использованию на предприятиях общественного питания.

Кулинарные изделия и полуфабрикаты различают по следующим основным признакам:

- виду используемого сырья – из картофеля/овощей и грибов и пр.;
- способу кулинарной обработки – отварные, припущенные, тушеные, жареные, запеченные;
- характеру потребления – закуски, супы и пр.;
- назначению – для диетического, школьного питания и др.;
- консистенции – жидкие, густые, пюреобразные и др.

В ассортимент полуфабрикатов, поступающих на предприятия доготовочные, в магазины полуфабрикатов и кулинарных изделий, входят свежие овощи – очищенные или нарезанные, подготовленные для тепловой обработки и овощи, прошедшие предварительную тепловую обработку.

**Полуфабрикат «картофель очищенный»** поступает упакованным в ящики, фляги или пакеты из полиэтилена. Хранят его при температуре 2...7 °С не более 48 ч.

**Полуфабрикаты «морковь очищенная» и «свекла очищенная»** поступают упакованными в деревянные ящики или плетеные корзины по 20 кг. При использовании тары без крышек овощи накрывают влажной тканью, чтобы предохранить от подсыхания и потемнения. Хранят при температуре 2...4 °С не более 24 ч.

**Полуфабрикат «лук очищенный»** поступает упакованным в ящики или корзины по 15...20 кг, сверху его накрывают влажной тканью. Хранят при температуре 2...4 °С не более 24 ч.

**Полуфабрикат «белокочанная капуста»** поступает в корзинах или ящиках по 20 кг. Хранят 48 ч при температуре 2...4 °С, накрыв влажной тканью.

Полуфабрикаты, поступившие целыми, вынимают из тары, промывают и используют так же, как и свежеччищенные овощи.

На предприятия общественного питания поступают консервированные овощи, выпускаемые пищевой промышленностью. Они обладают хорошими вкусовыми качествами и высокой пищевой ценностью. В них сохранены витамины, минеральные вещества, органические кислоты.

**Свекла натуральная и маринованная** поступает стерилизованная или быстрозамороженная. Представляет собой очищенные целые корнеплоды или нарезанные кубиками, брусочками. Используют для

гарнира к сельди, для приготовления борщей, свекольника, винегрета и других блюд.

**Морковь натуральная** поступает стерилизованная или быстро-замороженная. Используют для приготовления салатов, холодных блюд, супов, соусов и вторых блюд. Отвар от моркови натуральной используют для приготовления супов и соусов.

**Пюре из щавеля и шпината** представляет собой протертые до однородной консистенции листья щавеля и шпината. Используют для приготовления первых и вторых блюд.

**Набор для щей.** В состав набора входят: белокочанная капуста свежая, морковь, лук репчатый. Овощи очищают, промывают и шинкуют соломкой. В набор включают мясо или кости. Подготовленные продукты укладывают в целлофановые пакеты.

**Набор для борща.** В состав набора входят: свекла, капуста белокочанная свежая, морковь, лук; включают также мясо или кости. Обработанные овощи шинкуют соломкой и расфасовывают вместе с мясом или костями в целлофановые пакеты.

**Цель работы:** освоить формы нарезки клубнеплодов, корнеплодов, капустных и луковых овощей; приготовить полуфабрикаты из овощей: набор для щей, набор для борща.

## 2. Материалы и оборудование

1. Клубни картофеля.
2. Корнеплоды моркови и свеклы
3. Кочаны капусты белокочанной
4. Лук репчатый.
5. Ножи.
6. Тарелки.
7. Кристаллизаторы.
8. Фильтровальная бумага.

## 3. Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется фронтальным методом тремя группами студентов по 4...5 человек. Задания для групп различаются видом овощей:

I группа – картофель;

II группа – морковь, свекла;

III группа – белокочанная капуста, репчатый лук.

### 1. Нарезка овощей

I группа: клубни картофеля моют проточной водой, очищают от кожуры, ополаскивают и осушают фильтровальной бумагой. Подготовленные клубни используют для нарезки простыми (соломка, брусочки, кружочки, ломтики, дольки) и сложными (бочонки, груши, чесночки, шарики, спирали, стружка) формами.

II группа: корнеплоды моркови и свеклы моют проточной водой, очищают от кожуры, ополаскивают и осушают фильтровальной бумагой. Подготовленные корнеплоды моркови используют для нарезки: соломка, брусочки, кубики, кружочки, ломтики, дольки, звездочки, гребешки, шарики, орешки. Корнеплоды свеклы используют для нарезки соломкой, ломтиками, кубиками.

III группа: кочаны белокочанной капусты ополаскивают проточной водой, обсушивают фильтровальной бумагой и нарезают соломкой, квадратиками (шашками), дольками, а также рубят. У репчатого лука отрезают нижнюю часть – донце и шейку, затем снимают сухие чешуи, промывают в холодной воде, обсушивают фильтровальной бумагой и нарезают кольцами, полукольцами, дольками, кубиками (крошкой).

### 2. Составление наборов из овощей

Из подготовленных нарезанных овощей студенты составляют набор для щей и набор для борща.

### 3. Результаты работы заносятся в таблицу:

#### Формы нарезки овощей

Овощная культура	Форма нарезки	Использование
Картофель	Соломка	Жарка во фритюре
	Брусочки	Жарка, приготовление борщей, рассольника, супов и др. блюд
	Кубики	Тушение, приготовление супов, гарниров, салатов



## **4. Оформление работы**

Отчет о работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое механической кулинарной обработки растительного сырья.
3. Отчетную таблицу.
4. Выводы по работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КРАСЯЩИХ ВЕЩЕСТВ ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

### 1. Теоретические положения

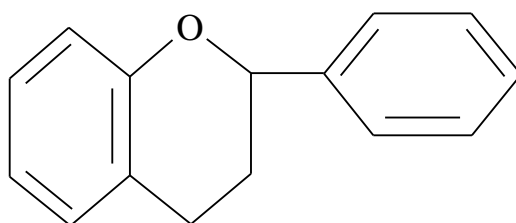
Фенольные соединения играют важную роль в формировании цвета и вкуса плодов и овощей, оказывают влияние на устойчивость к фитопатогенным микроорганизмам, некоторые обладают витаминными свойствами. На их долю приходится 2...3 % массы.

В зависимости от строения молекулы фенольные соединения классифицируются на группы: 1) мономеры, 2)  $C_6-C_1$ -соединения, 3)  $C_6-C_3$ -соединения, 4)  $C_6-C_3-C_6$ -соединения, 5) полифенолы.

*Мономерные фенольные соединения* содержат в своей молекуле ароматическое (бензольное) кольцо, которое несет одну, две или более гидроксильных групп. Простейшими дифенолами являются пирокатехин, резорцин и гидрохинон, простейшими трифенолами – пирогаллол, флороглюцин и оксигидрохинон.

Группа  *$C_6-C_1$ -соединений* представлена оксибензойными кислотами: *n*-оксибензойной, протокатеховой, ванилиновой, галловой и сиреневой, которые широко распространены в растениях и обычно присутствуют в них в связанной форме, освобождаясь при гидролизе.

Группа  *$C_6-C_3-C_6$ -соединений* – самая обширная и распространенная. Принадлежащие к этой группе фенольные соединения называются флавоноидами, их можно рассматривать как производные флавана. Молекула флавоноида содержит два бензольных ядра и одно гетероциклическое кислородсодержащее (пирановое) кольцо.



Флаван

Исходя из степени окисленности (или восстановленности) гетероциклического фрагмента флавоноиды разбиты на шесть основных

подгрупп: катехины, лейкоантоцианы, флаваноны, антоцианы, флавоны, флавонолы.

Разнообразие природных флавоноидов достигается за счет различного замещения в кольцах А и В, наличия ассиметрических атомов углерода (у катехинов, лейкоантоцианов и флаванонов), способности большинства из них образовывать гликозиды с широким набором моно-, ди и даже трисахаридов. Несмотря на близость строения, отдельные группы флавоноидов отличаются друг от друга по свойствам и биологической активности. 5 наиболее восстановленных флавоноидов (катехины, флаваноны, лейкоантоцианидины и др.) – бесцветные вещества. Остальные представляют собой окрашенные соединения. Халконы, ауруны, флавоны и флавонолы придают растительным тканям желтую или светло-желтую (лимонную) окраску. Другая группа флавоноидов – антоцианы – основные пигменты цветов и плодов растений – придают им красную, розовую, синюю или фиолетовую окраску. Окрашенные флавоноиды относятся к красящим веществам плодов и овощей.

Флавоны, флавонолы, халконы и ауруны придают растительным тканям желтую или светло-желтую (лимонную) окраску.

*Флавоны* сосредоточены в клеточных вакуолях эпидермальных тканей. В растениях чаще всего встречаются апигенин, лутеолин и др. Апигенин ( $C_{15}H_{10}O_5$ ) содержится в форме гликозида апиина в петрушке, лутеолин – в резеде, дроке красильном, в листьях наперстянки. Флавоны придают оранжево-желтую окраску.

*Флавонолы* – высокоокисленные вещества – содержатся в цветах и листьях растений вместе с антоцианами. Самые распространенные флавонолы – кверцетин, кемпферол и мирицитин. В листьях одностольных преобладает кемпферол: он обнаружен у 26 % видов, кверцетин – у 17 %.

После хлорофилла в растительном мире наиболее широко распространены красные, синие и фиолетовые пигменты, которые объединены в общую группу *антоцианов*. В отличие от хлорофилла антоцианы – непластидные пигменты, сосредоточенные в клеточном соке вакуолей.

Антоцианы содержатся в растениях исключительно в форме гликозидов, в которых остатки сахаров – глюкозы, галактозы или рамнозы – связаны с окрашенным агликоном, и являющимся истинным красителем. По строению они представляют собой производные

одной и той же ароматической структуры – 2-фенилфенопирилия (флавилий) или 2-фенил-бензопирилия, отличающиеся друг от друга различным количеством гидроксильных и метоксильных групп.

Агликоны антоцианов называют антоцианидинами. Шесть основных агликонов (антоцианидинов) образуют гликозиды, которые распределяются в шесть классов и тридцать три типа.

Основными антоцианидинами являются:

– красный пеларгонидин ( $C_{15}H_{12}O_6$ ), который в виде гликозидов находится в ягодах земляники, цветках герани, васильков, георгин, астр и др.; известно 22 гликозида пеларгонидина;

– малиновый цианидин ( $C_{15}H_{12}O_7$ ) в сложных формах обнаружен в цветках васильков, роз, астр, тюльпанов, в ягодах брусники, смородины, рябины, в плодах, ежевики, малины, вишни, терна и др.;

– розово-лиловый дельфинидин ( $C_{15}H_{12}O_8$ ) обнаружен в ягодах черники, винограда, соке граната, коже синего баклажана, в цветках петунии, мальвы, гиацинта и др.;

– пеонидин ( $C_{16}H_{14}O_7$ ) – производное цианидина – основное красящее вещество пионов; известно 13 гликозидов пеонидина;

– петунидин ( $C_{16}H_{14}O_8$ ) – производное дельфинидина, известно девять гликозидов петунидина. Большинство темных сортов винограда виноносного, из которых изготавливают красные вина, содержат петунидин в смеси с дельфинидином и мальвидином;

– мальвидин (сирингидин или энидин,  $C_{17}H_{16}O_8$ ) – производное дельфинидина – в виде гликозида определяет окраску ягод синего винограда виноносного. Основу красящих веществ европейских сортов винограда составляет эпидин, а американских – ампелопсидин. Красящие вещества сосредоточены в кожице ягоды у сортов Кабернэ и Кахет и в мякоти Саперави, Тентюрье.

**Цель работы:** определение суммарного содержания красящих веществ в соках первого и второго отжимов из свежего растительного сырья и сырья, прошедшего предварительную обработку.

Соки – жидкие пищевые продукты – являются наиболее полезными для человека из всей группы плодово-ягодных консервов. Они имеют высокую пищевую и биологическую ценность, поскольку содержат в растворенном и легко усвояемом виде сахара, витамины, минеральные и ароматические вещества, ферменты и др.

При производстве соков измельченное сырье подвергают прессованию, центрифугированию или диффузионному методу извлече-

ния сока. Прессование – основной метод извлечения сока из плодов и ягод или из мезги. При этом применяют прессы периодического (корзиночные, пакетные) или непрерывного (шнековые) действия. Выход сока зависит от вида культуры, сорта, степени зрелости плодов и ягод, способа извлечения сока и т.д. Например, средний выход сока из 1 т сырья (дал/т) для вишни составляет 65, клюквы – 74, сливы – 58.

С целью увеличения экстрагирования растворимых и красящих веществ выжимку, полученную после первого отжима сока, перегружают в емкости, заливают водой (до 30 % массы выжимки), перемешивают и настаивают в течение 6...12 ч. После настаивания мезгу вновь прессуют и получают сок второго отжима. Можно получить и сок третьего отжима. Настаивание идет более быстро при использовании горячей воды.

Для обогащения сока второго отжима экстрактивными и ароматическими веществами его используют вторично – заливают новую партию выжимки плодов тех же наименований.

С целью увеличения выхода сока применяют различные способы обработки растительного сырья: обработка дробленого сырья электроплазмолизом, электрическими импульсами высокой частоты, пектолитическими ферментами, нагреванием, замораживанием.

Метод определения суммы красящих веществ фенольной природы в растительном сырье основан на извлечении красящих веществ концентрированной соляной кислотой и оптическом определении их концентрации в исследуемом растворе по сравнению со стандартным раствором сульфата кобальта.

## **2. Материалы и оборудование**

1. Свежие и замороженные плоды и ягоды (клюква, слива, рябина и др.).
2. Соковыжималка.
3. Кастрюли.
4. Кристаллизаторы различной вместимости.
5. Пластмассовые терки.
6. Ножи.
7. Набор ареометров.
8. Мерные колбы на 100 мл.

9. Пипетки на 1, 5 и 10 мл.
10. Воронки стеклянные большого диаметра.
11. Бумажные фильтры.
12. Фотоэлектроколориметр (ФЭК) или спектрофотометр (СФ).

### *Реактивы*

1. Стандартный раствор сульфата кобальта  $\text{CoSO}_4$ .
2. Концентрированная соляная кислота  $\text{HCl}$ .
3. Вода дистиллированная.

## **3. Порядок выполнения работы**

Лабораторная работа выполняется фронтальным методом тремя группами студентов по 3...4 человека. Задания для групп различаются видами обработки растительного сырья:

I группа – свежие плоды;

II группа – плоды, прошедшие обработку горячей водой;

III группа – замороженные плоды.

### 1. Подготовка сырья и получение сока первого отжима

I группа: свежие плоды массой не менее 500 г моют и обсушивают фильтровальной бумагой. Подготовленные плоды переносят в соковыжималку и получают сок первого отжима. Полученный сок фильтруют через бумажный фильтр и используют для определения красящих веществ. Оставшуюся после отжима сока мезгу взвешивают и помещают в кристаллизатор.

II группа: свежие плоды массой не менее 500 г моют, обсушивают фильтровальной бумагой, помещают в кастрюлю с водой (количество воды составляет 15...20 % от массы плодов) и нагревают до появления трещин на кожице. Плоды извлекают из воды, переносят в соковыжималку в горячем виде и получают сок первого отжима. Полученный сок фильтруют через бумажный фильтр и используют для определения красящих веществ. Оставшуюся после отжима сока мезгу взвешивают и помещают в кристаллизатор.

III группа: замороженные плоды массой не менее 500 г помещают в кастрюлю с водой (количество воды составляет 15...20 % от массы плодов) и нагревают до 30...35 °С. Плоды извлекают из воды,

переносят в соковыжималку в горячем виде и получают сок первого отжима. Полученный сок фильтруют через бумажный фильтр и используют для определения красящих веществ. Оставшуюся после отжима сока мезгу взвешивают и помещают в кристаллизатор.

2. Определение концентрации красящих веществ в соках первого отжима

Пипеткой берут 1 мл исследуемого сока, переносят в мерную колбу на 100 мл, доводят дистиллированной водой до метки и перемешивают.

Затем из колбы берут 10 мл раствора, переносят в мерную колбу на 100 мл, приливают 5 мл концентрированной соляной кислоты, доводят до метки дистиллированной водой и перемешивают.

Полученный раствор используют для определения концентрации красящих веществ. Определение концентрации красящих веществ каждая группа студентов проводит в 3-кратной повторности.

3. Получение сока второго отжима

Каждая группа студентов заливает мезгу горячей водой с температурой 70...80 °С и выдерживает в течение часа. Количество воды должно составлять 30 % от массы мезги. Через час мезгу переносят в соковыжималку и получают сок второго отжима.

4. Определение концентрации красящих веществ в соках второго отжима

Концентрацию красящих веществ в соках второго отжима проводят согласно п. 2.

5. Расчет содержания красящих веществ

Расчет концентрации красящих веществ ведут по формуле

$$X = \frac{0,022D_1\gamma}{D_2m},$$

где  $X$  – содержание красящих веществ, г/л;  $D_1$  – оптическая плотность исследуемого раствора, отн. ед.;  $D_2$  – оптическая плотность стандартного раствора, отн. ед.;  $\gamma$  – плотность раствора красителя, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  – масса навески, г; 0,022 – эталонный коэффициент (с учетом разведения раствора и перевода размерностей в г/л).

Результаты определения содержания красящих веществ в соках первого и второго отжимов заносят в табл. 1...3.

#### 4. Математическая обработка результатов измерений

4.1. Рассчитать среднее арифметическое значение содержания красящих веществ  $\bar{X}$  в исследуемых образцах:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i,$$

где  $n$  – число измерений.

4.2. Найти среднее квадратическое отклонение результата измерения:

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

4.3. Определить доверительный интервал при вероятности  $\alpha = 0,95$ :

$$\Delta\bar{X} = t_{\alpha,n} S_{\bar{X}},$$

где  $t_{\alpha,n}$  – коэффициент Стьюдента:

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{\alpha,n}$	12,7	4,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3

4.4. Округлить результаты определения содержания красящих веществ  $\bar{X}$  в соответствии с полученной величиной  $\Delta\bar{X}$  и занести их значения в таблицу.

4.5. Найти относительную погрешность измерения  $\varepsilon_{\bar{X}}$  (%):

$$\varepsilon_{\bar{X}} = \frac{\Delta\bar{X}}{\bar{X}} 100.$$



Таблица 1

**Содержание красящих веществ в соках первого и второго отжимов,  
полученных из свежего сырья**

Исследуемое сырье	№ отжима сока	№ пробы	$D_1, D_2,$ отн. ед.	$X_i$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
				г/л		
Свежее	I	CoSO <sub>4</sub>				
		1				
		2				
		3				
	II	CoSO <sub>4</sub>				
		1				
		2				
		3				
Сумма красящих веществ	I + II					

Таблица 2

**Содержание красящих веществ в соках первого и второго отжимов,  
полученных из сырья, обработанного нагреванием**

Исследуемое сырье	№ отжима сока	№ пробы	$D_1, D_2,$ отн. ед.	$X_i$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
				г/л		
Обработка нагреванием	I	CoSO <sub>4</sub>				
		1				
		2				
		3				
	II	CoSO <sub>4</sub>				
		1				
		2				
		3				
Сумма красящих веществ	I + II					

**Содержание красящих веществ в соках первого и второго отжимов,  
полученных из замороженного сырья**

Исследуемое сырье	№ отжима сока	№ пробы	$D_1, D_2,$ отн. ед.	$X_i$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta \bar{X}$
				г/л		
Замороженное	I	CoSO <sub>4</sub>				
		1				
		2				
		3				
	II	CoSO <sub>4</sub>				
		1				
		2				
		3				
Сумма красящих веществ	I + II					

### 5. Оформление работы

Отчет о работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание методики эксперимента.
3. Необходимые расчеты.
4. Отчетные таблицы.
5. Расчет погрешности определения содержания красящих веществ.
6. Анализ данных и выводы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖИРОРАСТВОРИМЫХ ПИГМЕНТОВ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ

### 1. Теоретические положения

Все красящие вещества растений можно разделить на жирорастворимые пигменты и вещества фенольной природы – флавоноидные пигменты.

Жирорастворимые пигменты – группа веществ, регулирующих жизненно важные физиологические функции растительных организмов, обуславливающих изменение окраски плодов и овощей, особенно наружных зон и покровных тканей. Наиболее распространены хлорофиллы и каротиноиды, которые находятся в специфических органоидах растительных клеток – пластидах.

Хлорофилл сосредоточен в хлоропластах листьев и обуславливает их зеленый цвет. В хлоропластах происходит фотосинтез – образование органического вещества из углекислого газа и воды при участии световой энергии.

Зеленый пигмент не является химически индивидуальным веществом, у большинства растений он состоит из двух соединений: синезеленого хлорофилла *a* ( $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ ) и желто-зеленого *b* ( $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ ), отличающихся различной степенью окисления, окраской и другими свойствами. Строение хлорофиллов *a* и *b* сходно – это магниевые соли тетрапиррола. Их соотношение в растении примерно 3:1.

Основу структуры молекулы хлорофилла составляет магниевый комплекс порфиринового цикла, в котором атомы азота оказываются внутри и связаны с магнием, расположенным в центре молекулы.

К четвертому пиррольному кольцу присоединен высокомолекулярный спирт фитол  $C_{20}H_{39}OH$ , который придает хлорофиллу способность встраиваться в липидный слой мембран хлоропластов. В молекулах хлорофилла фитольный конец липофилен, то есть хорошо растворяется в жироподобных веществах и имеет к ним сродство (липиды, галактолипиды, каротиноиды, терпены, некоторые органические кислоты), а порфинные кольца гидрофильны, то есть обладают сильным сродством к воде и хорошо в ней растворяются.

В растениях содержание хлорофилла составляет от 0,008 до 0,8 % на сырое вещество: у зеленой водоросли ульва – 0,008...0,07, в листьях подсолнечника – 0,16, земляники – около 0,18, дуба – 0,25, липы – 0,28, клена – 0,45, дерева какао – 0,79 %.

При старении листьев, по мере созревания плодов наблюдаются возрастные изменения хлоропластов, которые выражаются в распаде их тонкой структуры – распаде мембран хлоропластов и входящих в их состав белков и липидов, в результате листья и плоды приобретают желтую окраску от находящихся в хлоропластах желтых пигментов – каротиноидов. Таким образом, потеря хлорофилла с одновременным увеличением содержания каротиноидных пигментов приводит к превращению зеленых хлоропластов в желтые или красные хромофоры, следовательно, хромопласты – это пластиды, которые дегенерировали путем липофанероза – жирового перерождения, и обратное превращение хромопластов в хлоропласты невозможно.

Каротиноиды – большая группа красящих веществ, относящихся к липохромам – пигментам, которые растворяются в жирах окрашивая при этом растворы в желтый, оранжевый и красный цвета.

Термин «каротиноиды» ввел в науку М. С. Цвет для желтых спутников хлорофилла, т.е. веществ, сопровождающих хлорофилл в пластидах. Каротиноидов хлоропластах обычно в три раза меньше, чем хлорофиллов: отношение хлорофиллов к каротиноидам равно 3. Сейчас этот термин относится и ко многим другим окрашенным пигментам, растворимых в жирах, а также в жировых растворителях. Все они по своей структуре близки к  $\beta$ -каротину.

Выделяют следующие группы каротиноидов:

- соединения с открытой цепью – ациклические (например, ликопин) и содержащие в своей молекуле один или два цикла ( $\alpha$ -,  $\beta$ -каротин);
- по химическому строению каротиноиды делятся на бескислородные каротины – ненасыщенные углеводороды, содержащие только углерод и водород (их называют также полиеновыми красящими веществами), имеющие элементарную формулу  $C_{40}H_{56}$ , и окисленные, которые кроме углерода и водорода содержат еще и кислород. К первой относятся  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -каротины, содержащиеся в корнеплодах моркови; ликопин, содержащийся в плодах помидоров, ягодах паслена и ландыша, цветках календулы; лепротин, выделенный из бактерий *Sarcina aurantiaca*. Ко второй группе относятся ксантофиллы,

а именно: лютеин или дигидроксикаротин – постоянный спутник Аротина; криптоксантин – пигмент желтых зерен кукурузы, содержащийся в кожуре мандаринов, плодах дынного дерева и зародышах пшеницы; зеаксантин – желтый пигмент семян кукурузы; рубиксантин, содержащийся в плодах шиповника; капсорубин и капсантин – важнейшие пигменты стручкового перца. Считают, все природные каротиноиды являются производными ликопина – пигмента, который содержится в больших количествах в плодах томатов. Бесцветный предшественник каротиноидов, состоящих из 40 углеродных атомов, – фитоин. Многие бескаротиноидные мутанты микроорганизмов и высших растений накапливают фитоин, который при дегидрировании превращается в ликопин;

- подразделяются еще на группы по количеству углеродных атомов: с 40 атомами и меньше. К последним относятся оксисоединения: витамин А,  $C_{20}H_{30}O$ ; кроцетин ( $C_{20}H_{24}O_4$ ) – желтое красящее вещество шафрана (*Crocus L.*), обнаруженное в рыльцах; норбиксин и биксин – ( $C_{25}H_{30}O_4$ ), обнаруженные в оболочке семян биксы аннатовой (*Bixa orellana L.*), биксин (основа краски орлеан) – пигмент красного цвета; азафрин, найденный в стеблях тропических растений эскобедии жестколистной (*Escobedia scabrifolia Ruiz.*) и эскобедии линейной (*E. linearis Schlecht.*).

Основная часть молекул всех каротиноидов – восемь соединенных между собой остатков изопрена:  $CH_2=C-CH=CH_2$ , образующих



цепь.

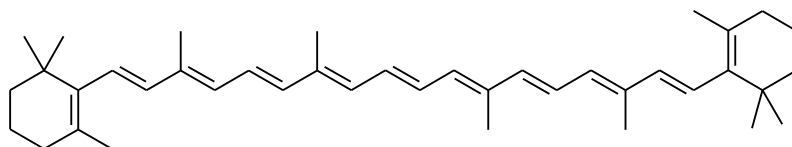
В химическом отношении молекулы каротиноидов характеризуются большим числом сопряженных двойных связей, являющихся главными хромофорными группами.

Имеющиеся у отдельных каротиноидов карбонильные ( $=C=O$ ) и карбоксильные ( $-COOH$ ) группы в сочетании с системой сопряженных двойных связей вызывают усиление основной окраски вещества. Характерная окраска и связана в основном с наличием двойных связей.

Основными представителями каротиноидов у высших растений являются два пигмента:  $\beta$ -каротин (оранжевый)  $C_{40}H_{56}$  и ксантофилл (желтый)  $C_{40}H_{56}O_2$ .

Каротины и ксантофиллы (лютеин, виолаксантин и неоксантин) – основные каротиноиды пластид высших растений, обеспечивающие появление желтой, оранжевой и красной окраски в онтогенезе листьев и плодов.

*Каротины* – основные каротиноиды высших растений, одни из наиболее изученных и характерных представителей желтых пигментов. В растениях обычно встречается смесь изомеров каротина –  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -каротины.  $\beta$ -каротин – наиболее распространенная форма. Оранжевая окраска моркови, абрикосов, персиков обусловлена в значительной степени наличием именно  $\beta$ -каротина. Он содержится также в листовых овощах, где его присутствие маскируется хлорофиллом. Установлены еще два изомера каротина:  $\delta$ -каротин, содержащийся в томатах, и  $\epsilon_1$ -каротин.



$\beta$ -каротин

Изомеры каротина обладают различной способностью образовывать в организме человека витамин А. Считается, что 1 мг  $\beta$ -каротина по эффективности соответствует 0,17 мг витамина А.  $\beta$ -каротин вдвое активнее, чем его  $\alpha$ - и  $\gamma$ -изомеры. В животном организме  $\beta$ -каротин распадается с образованием двух молекул витамина А, а из  $\alpha$ - и  $\gamma$ -каротина образуется по одной молекуле.

Из растительных продуктов  $\beta$ -каротина (в мг/100 г съедобной части) больше всего в красной моркови – 9, ягодах рябины – 9 и морошки – 7,9, зелени петрушки – 5,7 и сельдерея – 4,5, зеленом луке и красном перце – 2, абрикосах – 1,6, тыкве – 1,5, томатах – 1.

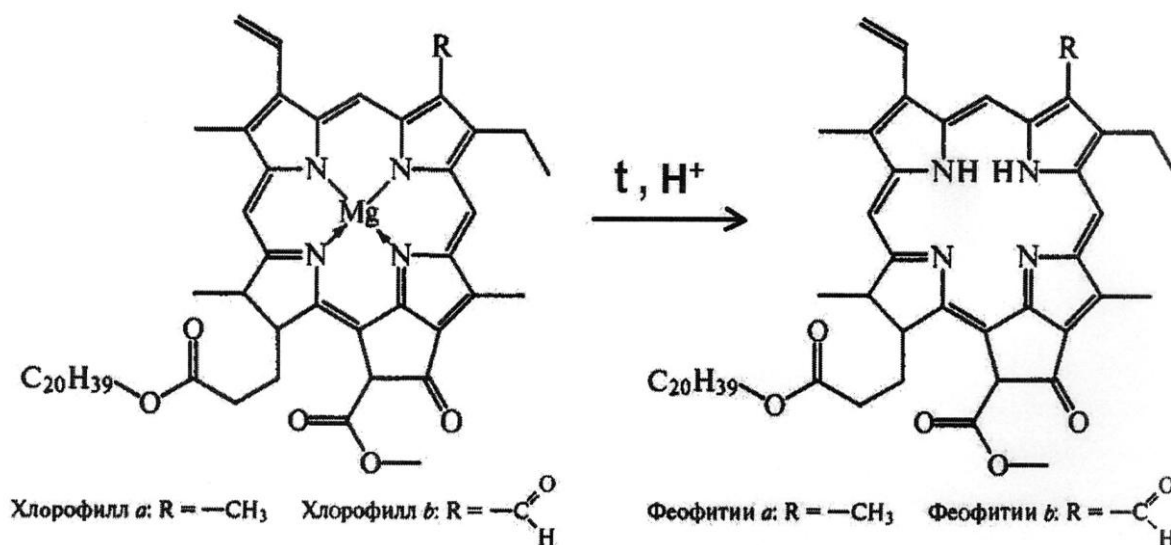
В моркови  $\beta$ -каротин составляет около 85 % общего количества каротина, причем особенно много его в Нантской 35 (88,5 %) и Шантене 27 (87,6 %), то есть в сортах с сильно окрашенными в оранжево-красный цвет мякотью и сердцевинной.

Однако оранжевая окраска плодов не всегда характеризует высокое содержание каротина. Примером являются апельсины и мандарины, оранжевая окраска которых обусловлена криптоксантином.

Кроме того, высокое содержание каротина может быть замаскировано другими пигментами, например, хлорофиллом, что наблюдается в зеленых овощах (шпинате, щавеле, петрушке и др.).

**Цель работы:** оценить изменение содержания хлорофилла и  $\beta$ -каротина в зависимости от различных видов обработки растительного сырья.

Плоды и овощи, имеющие зеленую окраску, при различных видах консервирования и кулинарной обработки изменяют окраску, связанную с превращением хлорофилла. При этом магний хлорофилла замещается водородом и образуется феофитин, а окраска переходит из зеленой в зелено-бурую. Это наблюдается, например, при бланшировании зеленого горошка, варке листовых овощей, консервировании огурцов и др. В присутствии ионов металлов цвет хлорофилла изменяется в результате замещения ими магния: в присутствии железа появляется коричневая окраска, олова и алюминия – серая, меди – ярко-зеленая. Соли меди добавляют в растворы для фиксации зеленой окраски при изготовлении демонстрационных образцов.



Для сохранения каротина применяется технология изготовления соков из богатых им плодов и овощей. Так как каротин содержится в основном в мякоти овощей и плодов, то эти соки, как правило, не осветляют, а выпускают соки с мякотью, обладающие высокой питательной и физиологической ценностью. Например, ввиду высокого содержания каротина из моркови получают только соки с мякотью:

натуральные или с сахаром. Среди овощных соков доминирующее положение занимают томатный, морковный, тыквенный.

Содержание  $\beta$ -каротина изменяется при сушке, а также стерилизации плодов и овощей. При нагревании А-витаминная активность понижается за счет изомеризации и превращения части  $\beta$ -каротина в менее активные формы на 15...20 % в зеленых овощах, которые содержат главным образом  $\beta$ -каротин, и на 30...35 % – в овощах с желтым цветом, содержащих преимущественно  $\alpha$ -каротин. Увеличение продолжительности нагрева увеличивает потери.

Бланширование и замораживание почти не влияют на величину А-витаминной активности.

Сущность метода определения содержания хлорофиллов и каротиноидов заключается в извлечении их из растительного материала растворителем с последующим определением оптической плотности полученных фильтратов на фотоэлектроколориметре или спектрофотометре. Количественное определение пигментов основано на их способности поглощать лучи определенной длины волны.

## **2. Материалы и оборудование**

1. Растительное сырье: зеленные овощи (листья петрушки, сельдерея, укропа), корнеплоды моркови, плоды рябины и шиповника, мякоть тыквы.
2. Пластмассовые терки.
3. Ножи.
4. Разделочные доски.
5. Кастрюли.
6. Ступки с пестиками.
7. Колбы Бунзена с воронками Бюхнера.
8. Стеклянные стаканчики на 50 мл.
9. Мерные колбы на 50 мл.
10. Стеклянные палочки.
11. Колбы с притертыми пробками на 250 мл.
12. Бумажные фильтры.
13. Фотоэлектроколориметр (ФЭК) или спектрофотометр (СФ).
14. Насос вакуумный.



## *Реактивы*

1. Ацетон 80 %-ный раствор.
2. Гексан.
3. Карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$  безводный.
4. Карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  безводный.
5. Сульфат натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  безводный.

### **3. Порядок выполнения работы**

Лабораторная работа выполняется фронтальным методом тремя группами студентов по 3...4 человека. Задания для групп различаются видами обработки растительного сырья:

I группа – свежие листья зеленных культур (масса растительного материала 50 г) и корнеплоды моркови (3 шт.);

II группа – бланшированные листья (масса растительного материала 50 г) и мякоть тыквы;

III группа – замороженные листья (масса растительного материала 50 г) и плоды рябины шиповника.

1. Подготовка растительного материала к исследованию содержания хлорофиллов

I группа: листья моют, обсушивают фильтровальной бумагой и измельчают ножом. Корнеплоды моркови моют, обсушивают фильтровальной бумагой, очищают от кожицы, натирают на пластмассовой терке.

II группа: листья моют, бланшируют в кипящей воде в течение 1 мин, охлаждают холодной водой, обсушивают фильтровальной бумагой и измельчают ножом. Корнеплоды моркови моют, очищают от кожицы, нарезают на кубики размером 10x10 мм, бланшируют в кипящей воде в течение 1 мин, охлаждают, обсушивают фильтровальной бумагой и натирают на пластмассовой терке.

III группа: замороженные листья размораживают ополаскивая холодной водой, обсушивают фильтровальной бумагой и измельчают ножом. Предварительно размороженные кубики моркови обсушивают фильтровальной бумагой и натирают на пластмассовой терке.

2. Спектрофотометрическое определение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях.

Каждая группа студентов в стеклянный стаканчик объемом 50 мл на технических весах берет навеску измельченных листьев массой  $1 \pm 0,01$  г.

Навеску помещают в ступку, добавляют на кончике ножа безводный  $\text{CaCO}_3$  и 4...5 мл 80 %-ного ацетона, тщательно растирают.

Затем навеску переносят на воронку Бюхнера. Колбу Бунзена подсоединяют к насосу и проводят фильтрование растительного материала добавляя ацетон до полного обесцвечивания навески.

По окончании фильтрования фильтрат из колбы Бунзена переносят в мерную колбу на 50 мл, колбу Бунзена несколько раз ополаскивают ацетоном, сливая раствор в мерную колбу, содержимое колбы доводят ацетоном до метки.

Определяют содержание хлорофиллов  $a$  и  $b$  и каротиноидов на СФ при следующих длинах волн:

хлорофилл  $a - \lambda = 663$  нм;

хлорофилл  $b - \lambda = 646$  нм;

каротиноиды  $- \lambda = 470$  нм.

Определение содержания пигментов проводят троекратно.

### 3. Расчет содержания пигментов

Расчет содержания пигментов ведут по следующим формулам:

$$X_1 = 12,21D_1 - 2,81D_2,$$

где  $X_1$  – содержание хлорофилла  $a$ , мг/л;  $D_1$  – оптическая плотность раствора, измеренная при  $\lambda = 663$  нм;  $D_2$  – оптическая плотность раствора, измеренная при  $\lambda = 646$  нм;

$$X_2 = 20,13D_2 - 5,03D_1,$$

где  $X_2$  – содержание хлорофилла  $a$ , мг/л;

$$X_3 = \frac{1000D_3 - 3,27X_1 - 100X_2}{229},$$

где  $X_3$  – содержание каротиноидов, мг/л;  $D_3$  – оптическая плотность раствора, измеренная при  $\lambda = 470$  нм.

Затем результаты пересчитывают из мг/л в мг/1 г сырой массы по формуле

$$X_i = \frac{CV}{1000m},$$

где  $X_i$  – количество пигмента, мг/1 г сырой массы;  $C$  – концентрация пигмента ( $X_1, X_2, X_3$ ), мг/л;  $V$  – объем исходной вытяжки, мл (50 мл);  $m$  – навеска, г.

Полученные результаты заносят в табл. 1...3.

4. Подготовка растительного материала к исследованию содержания  $\beta$ -каротина

I группа: 3 корнеплода моркови моют, обсушивают фильтровальной бумагой, очищают от кожицы, нарезают вдоль. Половинку каждого корнеплода натирают на терке и тщательно перемешивают.

II группа: мякоть тыквы моют, обсушивают фильтровальной бумагой, очищают от кожицы, натирают на терке и тщательно перемешивают.

III группа: ягоды рябины (плоды шиповника) моют, обсушивают фильтровальной бумагой, растирают в фарфоровой ступке до получения кашицеобразной массы и тщательно перемешивают.

5. Фотометрическое определение содержания  $\beta$ -каротина

Определение содержания  $\beta$ -каротина проводится в 3-кратной повторности.

Каждая группа студентов берет в 3 стеклянных стаканчика объемом 50 мл навески исследуемого растительного сырья массой 3 г с точностью до 0,01 г.

Навески переносят в фарфоровые ступки и растирают с небольшим количеством песка в течение 3...5 мин, добавляют немного  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , затем  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и растирают все не более 15 мин до достижения сухого состояния.

Ступки с растертыми навесками помещают в темное место на 30 мин.

В воронку Бюхнера помещают бумажный фильтр и закрепляют ее в колбе Бунзена. Всю навеску из ступки выкладывают на бумажный фильтр, ополаскивают ступку небольшим количеством гексана и

выливают на фильтр. Чистым гексаном заливают фильтр так, чтобы закрыть навеску. Навеска должна пропитаться гексаном.

Вакуумным насосом проводят отсасывание гексана, постоянно добавляя небольшое количество гексана в воронку, чтобы навеска была закрыта слоем растворителя. Добиться, чтобы через фильтр проходил чистый гексан.

Количество полученного раствора измеряют стеклянным цилиндром (общее количество раствора не должно превышать 200 мл).

Определяют оптическую плотность полученных растворов на ФЭК или СФ при длине волны  $\lambda = 440$  нм, используя кювету толщиной 10 мм.

В качестве стандартного раствора используется чистый гексан.

Рассчитывают содержание  $\beta$ -каротина в полученных растворах по формуле:

$$X = \frac{0,626VE}{a},$$

где  $X$  – содержание  $\beta$ -каротина в полученном растворе, мг/100 г съедобной части;  $V$  – объем полученного раствора, мл;  $E$  – показания ФЭК или СФ, отн. ед.;  $a$  – навеска растительного продукта, г; 0,626 – коэффициент пересчета.

Результаты исследования содержания  $\beta$ -каротина в растительных объектах заносятся в табл. 4.

Таблица 1

**Определение содержания хлорофиллов и каротиноидов  
в свежих листовых овощных культурах**

№ пробы	$D_1, D_2, D_3$ , отн. ед.	Содержание пигментов		$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
		$X_1, X_2, X_3$ , мг/л	$X_i$ , мг/1 г сырой массы		
1					
2					
3					

Таблица 2

**Определение содержания хлорофиллов и каротиноидов  
в бланшированных листовых овощных культурах**

№ пробы	$D_1, D_2, D_3,$ отн. ед.	Содержание пигментов		$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
		$X_1, X_2, X_3,$ мг/л	$X_i$ мг/1 г сырой массы	мг/1 г сырой массы	
1					
2					
3					

Таблица 3

**Определение содержания хлорофиллов и каротиноидов  
в замороженных листовых овощных культурах**

№ пробы	$D_1, D_2, D_3,$ отн. ед.	Содержание пигментов		$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
		$X_1, X_2, X_3,$ мг/л	$X_i$ мг/1 г сырой массы	мг/1 г сырой массы	
1					
2					
3					

### Определение содержания $\beta$ -каротина в растительном сырье

Исследуемое сырье	№ пробы	Объем раствора, мл	$E$ , отн. ед.	$X_i$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
				мг/100 г		
Морковь	1					
	2					
	3					
Тыква	1					
	2					
	3					
Ягоды рябины или плоды шиповника	1					
	2					
	3					

## 4. Математическая обработка результатов измерений

4.1. Рассчитать среднее арифметическое значение содержания жирорастворимых пигментов  $\bar{X}$  в исследуемых образцах:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i,$$

где  $n$  – число измерений.

4.2. Найти среднее квадратическое отклонение результата измерения:

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

4.3. Определить доверительный интервал при вероятности  $\alpha = 0,95$ :

$$\Delta\bar{X} = t_{\alpha,n} \cdot S_{\bar{X}},$$

где  $t_{\alpha,n}$  – коэффициент Стьюдента:

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{\alpha,n}$	12,7	4,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3

4.4. Округлить результаты определения содержания красящих веществ  $\bar{X}$  в соответствии с полученной величиной  $\Delta\bar{X}$  и занести их значения в таблицу.

4.5. Найти относительную погрешность измерения  $\varepsilon_{\bar{X}}$  (%):

$$\varepsilon_{\bar{X}} = \frac{\Delta\bar{X}}{\bar{X}} 100.$$

## 5. Оформление работы

Отчет о работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание методики эксперимента.
3. Необходимые расчеты.
4. Отчетные таблицы.
5. Расчет погрешности определения содержания красящих веществ.
6. Анализ данных и выводы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТИВНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ВКУСА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

### 1. Теоретические положения

Соотношение сахаров и кислот в значительной степени определяет вкус плодов и ягод. Для количественного определения этого показателя введено понятие объективного показателя вкуса.

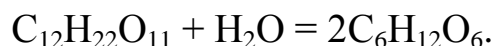
Объективный показатель вкуса (сахарокислотный индекс) – это отношение общего количества моно- и дисахаридов, содержащихся в растительном сырье или продуктах питания, к общему содержанию органических кислот.

Среди моносахаридов в растительном сырье наиболее распространены глюкоза (виноградный сахар) и фруктоза (фруктовый сахар), имеющие одинаковую эмпирическую формулу  $C_6H_{12}O_6$ , но различающиеся строением молекулы. Из олигосахаридов наибольшее значение имеют дисахариды – сахароза, мальтоза и лактоза –  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . В плодах и ягодах дисахариды представлены сахарозой (свекловичный или тростниковый сахар). В состав овощей углеводы входят в виде полисахарида крахмала  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , моно- и дисахаридов.

Количество и вид моносахаридов зависит от вида и сорта продукта, почвенно-климатических условий выращивания растений, агротехники, условий полива, уборки, степени зрелости, сроков хранения и других факторов. В семечковых плодах (яблоко, груша, айва) в основном преобладает фруктоза, мало глюкозы и еще меньше сахарозы. В таких косточковых, как слива, абрикос, персик, а также в бананах и ананасах больше сахарозы. В плодах вишни и черешни, ягодах винограда глюкоза и фруктоза содержатся примерно в равных соотношениях, а сахароза – в минимальном количестве. В больших количествах сахароза находится в сахарной свекле и сахарном тростнике. В процессе хранения растительной продукции качественный состав углеводов изменяется. В яблоках, например, в процессе их созревания количество крахмала увеличивается, а при хранении снижается. Это вызвано тем, что при дозревании во время хранения крахмал переходит в сахар.



Моно- и дисахариды различаются степенью усвоения организмом человека. Сахароза в организме непосредственно не усваивается. Она гидролитически распадается на глюкозу и фруктозу по схеме:



Этот процесс называется инверсией. Непосредственному окислению подвергаются образовавшиеся глюкоза и фруктоза.

Фруктоза – ценный, легко усваиваемый сахар. Она медленнее усваивается в кишечнике, чем глюкоза, и, поступая в кровь, быстро выходит из нее, не вызывая перенасыщения сахаром, что важно для профилактики сахарного диабета. До 70...80 % фруктозы задерживается в печени. По сравнению с глюкозой она легче превращается в гликоген (животный крахмал). Фруктоза в 2 раза слаще сахарозы и в 3 раза слаще глюкозы. Чем богаче ею плоды, тем они слаще. Высокое содержание фруктозы позволяет уменьшить количество сахара при приготовлении блюд и напитков, что немаловажно для составления пищевых рационов ограниченной калорийности. Моносахариды необходимы организму человека для питания тканей мозга, работы мышц, в том числе сердечной, поддержания необходимого уровня сахара в крови, создания запасов гликогена в печени. Доказана прямая зависимость выносливости и работоспособности человека от их содержания в мышцах и печени.

Содержание моно- и дисахаридов необходимо учитывать при переработке растительного сырья, так как свойства сахаров неодинаковы.

Сахара хорошо растворимы в воде, причем растворимость их значительно увеличивается с повышением температуры. Этот необходимо учитывать при мойке и обработке сырья в горячей воде (бланшировании), поскольку возможно потери всех растворимых веществ, в том числе и сахаров.

Сахара очень гигроскопичны. В помещении, насыщенном парами воды, фруктоза поглощает до 30 % влаги (от массы продукта), глюкоза 15, сахароза 13 %. Следовательно, сушеные фрукты с высоким содержанием фруктозы необходимо герметически упаковывать и хранить в помещениях с низкой влажностью воздуха.

При сильном и продолжительном нагревании сахара могут подвергаться карамелизации и другим изменениям, что необходимо учи-

тывать при выборе режимов термической обработки растительного сырья. Особенно неустойчива к нагреванию фруктоза, температура плавления которой составляет 102 °С; температуры плавления глюкозы и сахарозы 146 и 186 °С соответственно.

Органические кислоты содержатся в растениях в свободном состоянии (плодах, ягодах) или в виде кислых и нейтральных солей (листьях, особенно бобовых культур – до 15...20 % сухого вещества). Однако в некоторых растениях (щавель, ревень, бегония, кактусы и другие суккуленты) много свободных кислот и в листьях, поэтому кислотность клеточного сока этих растений высока.

Накопление в растении той или иной кислоты тесно связано со всем комплексом превращений органических кислот во время развития растения, с типом обмена веществ вообще и его зависимостью от условий внешней среды. Различия в содержании отдельных органических кислот в данном растении – следствие различий в соотношении скоростей ферментативных реакций, лежащих в основе образования и превращения комплекса органических кислот. Очень большое влияние на накопление органических кислот оказывает характер азотистого питания: питание физиологически кислыми аммонийными солями приводит к значительному понижению накопления органических кислот, в то время как нитраты оказывают обратное действие. По-видимому, стимулирующее действие нитратов на образование органических кислот связано с тем, что накапливающиеся в тканях катионы, остающиеся в избытке после усвоения растением иона азотной кислоты, нейтрализуя органические кислоты, способствуют накоплению их в растении.

Наиболее распространенными кислотами являются яблочная, лимонная и винная. Их называют фруктовыми. В меньших количествах встречаются щавелевая, салициловая, муравьиная, янтарная, бензойная и др. В плодах органических кислот больше, чем в овощах. Плоды в среднем содержат 0,5...1,5 % органических кислот, овощи – 0,1...0,7 %.

Разные растения различаются по составу накапливаемых в них кислот. Например, в яблоках, грушах, айве, вишне, сливе, абрикосах, рябине, барбарисе, томатах преобладает яблочная кислота; в клюкве, лимонах и других цитрусовых – лимонная; в винограде – винная; в щавеле, ревене, шпинате – щавелевая.

В некоторых овощах и плодах содержится небольшое количество янтарной, щавелевой, муравьиной, бензойной и салициловой кислот. Янтарная кислота обнаружена в незрелых плодах, крыжовнике, смородине и винограде, салициловая – в малине, клюкве, землянике и вишне. Сильными бактерицидными свойствами обладает бензойная кислота, содержание которой в бруснике и клюкве достигает 0,5...2 г на 1 кг продукта; ее используют в консервной промышленности как химический антисептик для предупреждения порчи плодов и овощей.

В свежих плодах и овощах уксусная и молочная кислоты находятся в небольшом количестве, но играют важную роль как консервирующие и ароматические вещества при некоторых видах переработки плодов и овощей. Уксусную кислоту добавляют в маринады (0,2...0,9 %), что предохраняет их от порчи и придает специфический кисло-острый вкус. В значительном количестве уксусная кислота образуется при прокисании столовых вин и пива, что свидетельствует о порче названных продуктов. По количеству уксусной (и других так называемых летучих кислот) судят о степени качества продукта. В доброкачественных винах их содержание не должно превышать 0,1 %.

Молочная кислота образуется в результате молочнокислого брожения при изготовлении солено-квашеной овощной продукции (квашеная капуста; соленые огурцы, томаты; моченые яблоки и др.). Придает продукту приятный специфический вкус и предохраняет его от порчи (при пониженной температуре хранения).

От кислотности плодов и овощей зависит выбор режима стерилизации их при консервировании. Так как микроорганизмы быстрее гибнут в кислой среде, для стерилизации плодов и ягод достаточно температура 80...85 °С (пастеризация), для стерилизации малокислотных овощей необходима более высокая температура (110 °С и выше).

Общее содержание кислот не совсем точно характеризует степень кислого вкуса продукта. Кислый вкус зависит от степени диссоциации отдельных кислот, то есть от концентрации водородных ионов в их растворах (рН). Сильные кислоты, например соляная, диссоциируют в очень высокой степени, и поэтому их растворы ощущаются более кислыми, чем растворы фруктовых кислот, диссоциирующих значительно слабее.

При определении объективного показателя вкуса процентное содержание сахаров делят на процентное содержание кислот. Например, для яблок с содержанием сахаров 9 % и кислот 0,7 % этот показатель составит  $9/0,7 = 12,9$ .

Физиологическая компенсация сладкого и кислого вкуса приблизительно может быть вычислена отношением минимальных концентраций сахаров и кислот, которые ощущаются на вкус (порог ощущений). Для различных кислот порог ощущения кислого вкуса (г на 100 мл раствора) составляет: лимонной 0,0154, яблочной 0,0107, винной 0,0075.

Например, сахароза начинает ощущаться при концентрации 0,38 %, лимонная кислота – при 0,015 %. Компенсация кислого вкуса будет достигнута при соотношении сахара к кислоте  $0,38/0,015 = 25,3$ .

Так порог ощущений кислого вкуса различных сахаров и кислот неодинаков, а содержание их в плодах и ягодах изменчиво, точно рассчитать точку компенсации вкуса затруднительно. Различие вкуса плодов можно охарактеризовать отношением сахаров к кислотам:

25...30 – кислотность не ощущается (груша);

10...20 – слабокислый вкус (яблоки, апельсины);

5...10 – кислый (вишня);

менее 5 – сильнокислый (лимон).

Таким образом, на основании определения объективного показателя вкуса можно характеризовать пищевой продукт как сладкий, кисло-сладкий, кислый и т.д. Например, плоды вишни и черешни незначительно отличаются по содержанию сахаров, но существенно отличаются по содержанию органических кислот, отсюда вкус вишни кисло-сладкий, а черешни – более пресный.

**Цель работы:** установить объективный показатель вкуса в различном растительном сырье и продуктах питания на основании определения суммы моно- и дисахаридов и титруемой кислотности.

Моносахариды, окисляясь в щелочной среде, восстанавливают соли окиси меди в закись, соли окиси висмута – до металлического висмута, соли серебра – до металлического серебра. Это свойство моносахаридов используется для количественного определения так называемых восстанавливающих (или редуцирующих) моносахаридов, молекула которых содержит карбонильную группу.

В лабораторной работе количественное содержание моно- и дисахаридов определяется либо феррицианидным либо рефрактометрическим методами.

Феррицианидный метод основан на способности редуцирующих сахаров (глюкоза, фруктоза) восстанавливать в процессе титрования щелочной раствор железосинеродистого калия  $K_3Fe(CN)_6$  (красная кровяная соль) в железистосинеродистый калий  $K_4Fe(CN)_6$  (желтая кровяная соль) по реакции:



Глюкоза при этом окисляется до глюконовой кислоты. Сахара, оставшиеся в небольшом избытке после восстановления красной кровяной соли в желтую, реагируют с метиленовой синью, восстанавливая ее в бесцветное соединение (лейкосоединение).

Определение содержания редуцирующих сахаров проводится в приготовленном фильтрате. Хотя сахароза тоже переходит в фильтрат, для количественного определения ее подвергают гидролитическому расщеплению – инверсии.

Рефрактометрический метод определения сахаров основан на определении с помощью рефрактометра количества сухих веществ в растительном сырье и продуктах их переработки, а поскольку основную долю сухих веществ составляют сахара, то их количество можно определить с помощью переводных коэффициентов.

## **2. Определение содержания сахаров феррицианидным методом**

### **2.1. Материалы и оборудование**

1. Растительное сырье: яблоки, черная смородина, малина и др.
2. Фотоэлектроколориметр (ФЭК).
3. Весы.
4. Водяная баня.
5. Электрические плитки с асбестовыми сетками.
6. Пластмассовые терки.
7. Фарфоровые ступки с пестиками.
8. Ножи.

9. Тарелки.
10. Стекланный термометр до 100 °С.
11. Пинцет.
12. Стекланные стаканчики на 50 и 150 мл.
13. Мерные колбы на 250 и 100 мл.
14. Круглодонные или конические колбы на 250 и 100 мл.
15. Воронки большого и среднего диаметров.
16. Стекланные пипетки на 2, 5 и 10 мл.
17. Стекланные цилиндры на 25, 50 и 250 мл.
18. Стекланные палочки.
19. Марлевые и бумажные фильтры.
20. Индикаторная бумага универсальная.

### *Реактивы*

1. Калий железосинеродистый  $K_3Fe(CN)_6$  (красная кровяная соль), 1%-ный раствор.
2. Гранулированный гидроксид калия KOH.
3. Гидроксид калия KOH, 1 н. раствор.
4. Гидроксид калия KOH, 2,5 н. раствор.
5. Гидроксид натрия NaOH, 1 н. раствор.
6. Уксуснокислый свинец  $Pb(CH_3COO)_2$ , 30%-ный раствор.
7. Сульфат цинка  $ZnSO_4$ , 1 н. раствор.
8. Сульфат цинка  $ZnSO_4$ , 1 н. раствор.
9. Соляная кислота HCl, концентрированная.
10. Метиленовая синь, 1%-ный раствор.
- 11 Метилоранж.
12. Вода дистиллированная.

## 2.2. Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется фронтальным методом тремя группами студентов по 3...4 человека. Задания для групп различаются видами растительного сырья:

- I группа: яблоки или другие плоды;
- II группа: плоды черной смородины;
- III группа: плоды малины.

## ***Определение содержания моносахаридов и сахарозы в растительных объектах титрованием раствора красной кровяной соли полученными фильтрами***

### **1. Подготовка средней пробы растительного материала**

I группа студентов моет яблоки (масса плодов не менее 300 г) проточной холодной водой, обсушивает фильтровальной бумагой, удаляет семенные гнезда, очищает от кожицы, натирает на пластмассовой терке, перемешивает.

II группа студентов ополаскивает плоды черной смородины (масса плодов не менее 300 г) проточной холодной водой, обсушивает фильтровальной бумагой и растирает в фарфоровой ступке до получения гомогенной массы.

III группа студентов ополаскивает плоды малины (масса плодов не менее 300 г) проточной холодной водой, обсушивает фильтровальной бумагой и растирает в фарфоровой ступке до получения гомогенной массы.

В стеклянный стаканчик емкостью 50 мл берут навеску растительного материала: яблоки – 35 г, черная смородина – 40 г, малина – 35 г.

Масса навески зависит от количества содержащихся в продукте сахаров: чем больше сахаров содержит продукт, тем навеска меньше.

Навеску количественно переносят в мерную колбу на 250 мл, добавляя дистиллированную воду до 2/3 объема колбы, содержимое хорошо перемешивают.

### **2. Подготовка фильтратов**

Колбы ставят на водяную баню с температурой 80 °С так, чтобы вода доходила до уровня содержимого в колбе. Продолжительность нагрева 30 мин. Содержимое колб периодически перемешивают. По окончании нагрева колбы охлаждают до комнатной температуры под струей холодной воды.

В каждую колбу приливают по 5 мл 30%-ного раствора  $Pb(CH_3COO)_2$  для осаждения белков, содержимое хорошо перемешивают и выдерживают при комнатной температуре в течение 20 мин. По окончании выдержки содержимое колб доводят до метки дистиллированной водой.

Содержимое мерных колб отфильтровывают через марлевый фильтр в круглодонные (конические) колбы на 250 мл; аккуратно отжимают содержимое марлевого фильтра в колбу. Измеряют объем полученного фильтрата (фильтрат № 1) с помощью цилиндра. Фильтрат № 1 используют для определения содержания моносахаридов в исследуемом продукте.

Для проведения инверсии сахарозы, перешедшей в фильтрат № 1, в мерные колбы на 100 мл наливают по 50 мл фильтрата № 1, добавляют по 5 мл концентрированной HCl; ставят колбы на водяную баню с температурой 70 °С на 8 мин; содержимое колб периодически перемешивают. По окончании инверсии колбы охлаждают под струей холодной воды комнатной температуры.

Нейтрализацию HCl в колбах проводят добавлением (пользоваться пинцетом!) гранулированного КОН до посинения индикаторной бумажки (рН около 8,0). Колбы охлаждают под струей холодной воды до комнатной температуры.

Содержимое колб доводят до метки дистиллированной водой и фильтруют через складчатый бумажный фильтр в чистую сухую колбу на 100 мл. Полученный фильтрат № 2 используют для определения количества сахарозы в исследуемом продукте.

### 3. Титрование фильтратов

Титрование каждого полученного фильтрата осуществляют в 3-кратной повторности.

В 3 конические колбы на 100 мл наливают по 2,5 мл 2,5 н. раствора КОН и по 10 мл раствора красной кровяной соли.

Коническую колбу ставят на плитку с асбестовой сеткой и доводят жидкость до кипения.

В кипящую жидкость (колба на плитке) добавляют 1 каплю 1%-ного раствора метиленовой сини и оттитровывают содержимое колбы фильтратом № 1 до обесцвечивания раствора в колбе. Замечают объем фильтрата, пошедший на титрование. Заносят полученные результаты в табл. 1.

Титрование фильтрата № 2 проводят аналогично. Полученные результаты заносят в табл. 2.

### 4. Расчет количества сахаров

Расчет количества сахаров ( $X$ , %) проводят по формуле



$$X = \frac{k \cdot 10,05 + 0,0175V \cdot a}{10V},$$

где  $X$  – количество сахаров, %;  $k$  – поправка на точно 1%-ный раствор красной кровяной соли;  $V$  – объем раствора фильтрата (№ 1 или № 2), пошедший на восстановление 10 мл 1%-ного раствора красной кровяной соли, мл;  $a$  – разбавление испытуемого раствора: фильтрат № 1  $a = 1$ , фильтрат № 2  $a = 2$ ; 10,05 и 0,0175 – поправочные коэффициенты, установленные эмпирическим путем.

### 5. Пример расчета содержания моносахаридов и сахарозы

Навеска растительного продукта – 40 г. Объем исследуемого раствора – 240 мл. На восстановление 10 мл 1%-ного раствора красной кровяной соли пошло 6,1 мл фильтрата № 1, на восстановление такого же количества красной кровяной соли пошло 10,4 мл фильтрата № 2.  $k = 0,96$ .

Определим содержание моносахаридов ( $X_1$ , %) в 1 мл фильтрата № 1

$$X_1 = \frac{0,96(10,05 + 0,0175 \cdot 6,1)1}{10 \cdot 6,1} = 0,1598 \% = 0,1598 \cdot 10^{-2} \text{ долей единицы.}$$

Определим содержание моносахаридов ( $X_2$ ) в 240 мл фильтрата № 1

$$X_2 = 0,1598 \cdot 10^{-2} \cdot 240 = 0,3835 \text{ долей единицы.}$$

Определим содержание моносахаридов ( $X_3$ ) в 1 г навески

$$X_3 = 0,3835 \div 40 = 0,009588 = 0,0096 \text{ долей единицы.}$$

Определим содержание моносахаридов ( $X$ , г) в 100 г съедобной части продукта

$$X = 0,0096 \cdot 100 = 0,96 \text{ г.}$$

Определим содержание моносахаридов ( $X_4$ , %) в 1 мл фильтрата № 2

$$X_4 = \frac{0,96 \cdot 10,05 + 0,0175 \cdot 10,4 \cdot 2}{10 \cdot 10,4} = 0,1889 \% = 0,1889 \cdot 10^{-2} \text{ долей единицы.}$$

Определим содержание сахарозы ( $Y_1$ ) в 1 мл фильтрата № 1

$$Y_1 = (0,1889 \cdot 10^{-2} - 0,1598 \cdot 10^{-2}) \cdot 0,95 = 0,028 \cdot 10^{-2} \text{ долей единицы.}$$

Определим содержание сахарозы ( $Y_2$ ) в 240 мл фильтрата № 1

$$Y_2 = 0,028 \cdot 10^{-2} \cdot 240 = 0,067 \text{ долей единицы.}$$

Определим содержание сахарозы ( $Y_3$ ) в 1 г навески

$$Y_3 = 0,067 \div 240 = 0,00028 \text{ долей единицы.}$$

Определим содержание сахарозы ( $Y$ , г) в 100 г съедобной части продукта

$$Y = 0,00028 \cdot 100 = 0,028 = 0,03 \text{ г.}$$

В 100 г съедобной части продукта содержится 0,96 г моносахаридов и 0,03 г сахарозы. Таким образом, общее количество сахаров составляет 0,99 г/100 г съедобной части.

Таблица 1

**Содержание моносахаридов в растительном сырье**

Исследуемое сырье	Количество фильтрата № 1, пошедшее на титрование, мл	Содержание моносахаридов $X_i$ , г/100 г съед. части	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta \bar{X}$
			г/100 г съедобной части	
Яблоки				
Черная смородина				
Малина				

### Содержание сахарозы в растительном сырье

Исследуемое сырье	Количество фильтрата № 2, пошедшее на титрование, мл	Содержание сахарозы $X_i$ , г/100 г съед. части	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
			г/100 г съедобной части	
Яблоки				
Черная смородина				
Малина				

### *Определение содержания редуцирующих сахаров и сахарозы в растительных объектах оптическим методом*

#### 1. Подготовка средней пробы растительного материала

Среднюю пробу растительного материала каждая группа студентов готовит согласно п.1 определения содержания моносахаридов и сахарозы в растительных объектах титрованием раствора красной кровяной соли полученными фильтрами.

Навеску количественно переносят в мерную колбу на 200 мл, добавляя дистиллированную воду до половины объема колбы, содержимое хорошо перемешивают.

#### 2. Подготовка фильтратов

Колбы ставят на водяную баню с температурой 60 °С так, чтобы вода доходила до уровня содержимого в колбе. Продолжительность нагрева 15 мин. Содержимое колб периодически перемешивают. По окончании нагрева колбы охлаждают до комнатной температуры под струей холодной воды.

Для осаждения несхаров в каждую колбу прилить 10 мл 1 н. раствора  $ZnSO_4$  и 10 мл 1 н. раствора  $NaOH$ , содержимое хорошо перемешивают, содержимое колб довести до метки дистиллированной водой.

Содержимое мерных колб отфильтровывают в круглодонные (конические) колбы на 250 мл. Прозрачный фильтрат № 1 используют для колориметрического определения редуцирующих сахаров.

Для определения общего содержания сахаров 50 мл фильтрата № 1 переносят в мерную колбу на 100 мл, добавляют 3 мл концентрированной HCl, ставят колбу на водяную баню с температурой 80 °С. В течение 2...3 мин температуру раствора в колбе доводят до 67...70 °С и выдерживают при этой температуре 5 мин. По окончании инверсии колбы охлаждают под струей холодной воды комнатной температуры.

Раствор инертного сахара нейтрализуют 1 н. раствором гидроксида калия, добавив 1 каплю метилоранжа, и доводят до метки дистиллированной водой.

Полученный фильтрат № 2 используется для определения общего сахара в исследуемом продукте.

### 3. Колориметрирование полученных фильтратов

Колориметрирование фильтрата № 1 проводится в 3-кратной повторности.

В 3 конические колбы на 250 мл наливают по 25 мл щелочного раствора калия железосинеродистый  $K_3Fe(CN)_6$ , по 8 мл фильтрата № 1 и по 2 мл дистиллированной воды.

Коническую колбу ставят на плитку и доводят жидкость до кипения, кипятят точно 1 мин, содержимое колбы охлаждают.

Охлажденным фильтратом № 1 заполняют кювету ФЭКа с расстоянием между рабочими гранями 5 мм. Колориметрируют при длине волны 400...440 нм (синий светофильтр) против воды.

Полученные значения оптической плотности занести в табл. 3. С их помощью по калибровочной кривой определяют количество инвертного сахара, результаты также занести в табл. 3.

Колориметрирование полученного фильтрата № 2 проводится в 3-кратной повторности аналогично колориметрированию фильтрата № 1.

### 4. Расчет содержания сахаров

Количество редуцирующих сахаров  $X$  (в %) рассчитывают по формуле

$$X = \frac{aV}{10Cm} K ,$$

где  $a$  – количество инвертного сахара, найденное по калибровочной кривой, мг;  $V$  – объем колбы, в которой растворена навеска, мл;  $C$  – объем исследуемого раствора для колориметрического определения, мл;  $m$  – навеска, г;  $K$  – поправочный коэффициент, учитывающий окисление сахарозы, которая содержится в исследуемом объеме.

Содержание редуцирующих веществ, % к общему сахару	Поправочный коэффициент $K$
5...10	0,91
10...15	0,93
15...20	0,94
20...30	0,95
30...40	0,97
40...60	0,98

Полученные результаты заносят в табл. 3.

Содержание общего сахара  $X_1$ , выраженное в инвертном, рассчитывают по формуле

$$X_1 = \frac{aV}{5Cm},$$

где  $X_1$  – количество общего сахара в пересчете на инвертный, %;  $V$  – объем мерной колбы, в которой растворена навеска, мл;  $a$  – количество редуцирующих сахаров, найденное по калибровочной кривой, мг;  $C$  – объем исследуемого раствора для колориметрического определения, мл;  $m$  – навеска, г.

Содержание сахарозы  $S$  (в процентах) вычисляют по формуле

$$S = 0,95 (X_1 - X).$$

Содержание общего сахара в растительном сырье – табл. 4

Таблица 3

**Содержание редуцирующих сахаров в растительном сырье**

Сырье	Оптическая плотность фильтрата № 1, ед. опт. пл.	Содержание редуцирующих сахаров		$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
		найденное по калибровочной кривой, мг	в сырье $X_i$ , %	%	
Яблоки					
Черная смородина					
Малина					

Таблица 4

**Содержание общего сахара в растительном сырье**

Сырье	Оптическая плотность фильтрата №2, ед. опт. пл.	Содержание общего сахара		$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
		найденное по калибровочной кривой, мг	в сырье $X_i$ , %	%	
Яблоки					
Черная смородина					
Малина					

### **3. Определение содержания сахаров рефрактометрическим методом**

#### **3.1. Материалы и оборудование**

1. Растительное сырье: яблоки, плоды вишни, черной смородины, малины, земляники и др.
2. Пластмассовые терки.
3. Ножи.
3. Тарелки.
4. Ступки с пестиками.
5. Стеклянные стаканчики на 50 и 150 мл.
6. Воронки большого и среднего диаметров.
7. Стеклянные палочки.
8. Пластмассовые шпатели.
9. Марлевые и бумажные фильтры.
10. Рефрактометр.
11. Дистиллированная вода.

#### **3.2. Порядок выполнения работы**

Работа выполняется фронтальным методом тремя группами студентов по 3...4 человека. Задания для групп различаются видами растительного сырья:

- I группа: яблоки;
- II группа: плоды черной смородины;
- III группа: плоды малины.

##### **1. Подготовка пробы растительного материала**

Среднюю пробу растительного материала каждая группа студентов готовит согласно п.1 определения содержания моносахаридов и сахарозы в растительных объектах титрованием раствора красной кровяной соли полученными фильтрами.

##### **2. Получение сока**

Каждая группа студентов от полученной пробы растительного материала отделяет 40...50 г мезги, переносит на двойной или трой-

ной слой марли и отжимает сок в чистый сухой стаканчик на 50 мл. Свежеотжатый сок перемешивают.

### 3. Подготовка рефрактометра к работе

Перед началом работы призмы рефрактометра протирают марлей или ватой, смоченной дистиллированной водой или спиртом, сушат и проверяют установку нуля-пункта по дистиллированной воде при температуре  $(20,0 \pm 0,1)$  °С согласно инструкции по эксплуатации прибора. Если прибор отрегулирован правильно, то граница светотени и три пунктира должны совмещаться с нулевым делением шкалы сухих веществ, а показатель преломления равен 1,3330.

Испытания должны при температуре 15...25 °С при использовании шкалы, градуированной в единицах показателя преломления. Во время определений температура должна поддерживаться постоянной в пределах  $\pm 0,5$  °С. Если необходимо, включают систему термостатирования призм рефрактометра и регулируют подачу воды так, чтобы выполнялись указанные выше условия. Температуру испытуемого раствора доводят до значения, отличающегося от температуры призма рефрактометра не более чем на  $\pm 2$  °С.

### 4. Определение содержания растворимых сухих веществ

Для определения сухих растворимых веществ 2...3 капли исследуемого свежеотжатого с помощью стеклянной палочки или пластмассового шпателя помещают на рабочую неподвижную призму рефрактометра и сразу же накрывают подвижной призмой, чтобы избежать завышения результата из-за возможного испарения части воды. Хорошо осветив поле зрения, с помощью регулировочного винта переводят линию, разделяющую темное и светлое поле в окуляре, точно на перекрестье в окошке окуляра и считывают показания прибора. Если поле зрения нечеткое (виден спектр), то его устраняют вращением винта компенсатора. Проводят три параллельных определения, каждый раз хорошо перемешивая сок.

Рефрактометр градуирован при 20 °С, поэтому и содержание растворимых сухих веществ желательно определять при этой температуре. Если анализ проводили при температуре выше или ниже 20 °С, то, пользуясь табл. 5, вносят поправку на температуру. Полученные результаты заносят в табл. 7.



Например, содержание сухих веществ, определенное в яблочном соке при температуре 18 °С, составило 12,2 %. По данным табл. 5 поправка составляет 0,1 %. Следовательно, фактическое содержание растворимых сухих веществ будет  $12,2 - 0,1 = 12,1$  %.

5. Определение содержания общего количества сухих веществ и сахаров в плодах и ягодах

Для определения содержания общего количества сухих веществ и сахаров в плодах и ягодах показатель, полученный на рефрактометре, умножают на соответствующий коэффициент (табл. 6).

Например, рефрактометром определено содержание сухих растворимых веществ в соке малины 9,5 %. Примерное содержание сахаров составит  $9,5 \cdot 0,58 = 5,5$  %, а общее количество сухих веществ –  $9,5 \cdot 1,48 = 14,1$  %.

Таблица 5

#### Температурные поправки для рефрактометра

Температура при отсчете, °С	Содержание растворимых сухих веществ, %		
	до 10	от 11 до 20	от 21 до 30
вычитать из найденного содержания сухих веществ, %			
10	0,6	0,6	0,7
11	0,5	0,6	0,6
12	0,5	0,5	0,5
13	0,4	0,5	0,5
14	0,4	0,4	0,4
15	0,3	0,3	0,3
16	0,2	0,3	0,3
17	0,2	0,2	0,2
18	0,1	0,1	0,1
19	0,1	0,1	0,1
прибавить к найденному содержанию сухих веществ, %			
21	0,1	0,1	0,1
22	0,1	0,1	0,2
23	0,2	0,2	0,2
24	0,3	0,3	0,3
25	0,4	0,4	0,4
26	0,4	0,4	0,5
27	0,5	0,5	0,6
28	0,6	0,6	0,6
29	0,7	0,7	0,7
30	0,7	0,8	0,8

Таблица 6

**Коэффициенты для перехода от показаний рефрактометра  
к оценке качества плодов и ягод**

Исследуемое сырье	Для сухих веществ мякоти	Для суммы сахаров
Вишня (без косточек)	1,01	0,62
Земляника	1,15	0,68
Крыжовник	1,18	0,72
Малина	1,48	0,58
Черная смородина	1,30	0,56
Яблоки (без семенного гнезда)	1,14	0,80

Таблица 7

**Общее количество сухих веществ и сахаров в плодах и ягодах**

Сырье	Содержание растворимых сухих веществ, %		Общее количество сухих веществ, %	Сумма сахаров, $X_i, %$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta \bar{X}$
	показания рефрактометра	с учетом поправки				
Яблоки						
Черная смородина						
Малина						

#### 4. Определение титруемой кислотности

В лабораторной работе титруемая кислотность исследуемых растительных объектов определяется потенциометрическим и визуальным методами. Визуальный метод применяется при исследовании неокрашенных и слабоокрашенных продуктов, потенциометрический – для всех продуктов.

## 4.1. Материалы и оборудование

1. Растительное сырье: яблоки, плоды вишни, черной смородины, малины, земляники и др.
2. Пластмассовые терки.
3. Ножи.
3. Тарелки.
4. Ступки с пестиками.
5. Стеклянные стаканчики на 50 и 200 мл.
6. Мерные колбы на 100 мл.
7. Круглодонные или конические колбы на 250 и 100 мл.
8. Воронки большого и среднего диаметров.
9. Стеклянные пипетки на 2, 5 и 10 мл.
10. Бюретки на 25 мл
11. Стеклянные цилиндры на 50 и 100 мл.
12. Стеклянные палочки.
13. Пластмассовые шпатели.
14. Марлевые и бумажные фильтры.
15. Стеклянный термометр до 100 °С.
16. Весы лабораторные.
17. Водяная баня.
18. рН-метр.

### *Реактивы*

1. Гидроксид натрия NaOH, 0,1 н. раствор.
2. Фенолфталеин, 1%-ный спиртовой раствор.
3. Растворы буферные с рН 4,01 и 9,18
4. Вода дистиллированная.

## 4.2. Порядок выполнения работы

1. Подготовка пробы растительного материала

Среднюю пробу растительного материала каждая группа студентов готовит согласно п.1 определения содержания моносахаридов и сахарозы в растительных объектах титрованием раствора красной кровяной соли полученными фильтратами.

## 2. Приготовление фильтратов

Каждая группа студентов на лабораторных весах в стеклянный стаканчик на 50 мл берет навеску измельченного растительного материала массой 10 г и количественно переносит ее в мерную колбу на 100 мл. Стаканчик несколько раз ополаскивают дистиллированной водой, каждую порцию выливают в мерную колбу с навеской растительного материала. Затем колбу заполняют на  $\frac{3}{4}$  дистиллированной водой и хорошо перемешивают содержимое.

Мерные колбы устанавливают на водяную баню и нагревают их содержимое до 80 °С (температуру содержимого мерной колбы контролируют с помощью стеклянного термометра).

По окончании нагревания мерные колбы извлекают из водяной бани и оставляют охлаждаться на воздухе в течение 30 мин, периодически перемешивая их содержимое. После чего колбы аккуратно охлаждают под струей холодной воды до комнатной температуры.

Содержимое колб доводят до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивают и отфильтровывают через сухой складчатый фильтр в круглодонные или конические колбы на 250 мл.

Полученные фильтраты используют для визуального или потенциометрического титрования.

## 3. Визуальное титрование

Титрование проводят в 3-кратной повторности.

Каждая группа студентов в 3 колбы вместимостью 100 мл вносит по 10 мл исследуемого фильтрата. В каждую колбу добавляют 20...40 (30) мл дистиллированной воды и 3...5 капель 1%-ного раствора фенолфталеина, содержимое колб перемешивают.

Титруют содержимое колб раствором гидроксида натрия при непрерывном перемешивании до получения розовой окраски, не исчезающей в течение 30 с.

Полученные результаты заносят в табл. 8.

## 4. Потенциометрическое титрование

Перед проведением испытаний правильность показаний рН-метра проверяют на соответствующих буферных растворах.

Титрование проводят в 3-кратной повторности.

Каждая группа студентов в 3 химических стаканчика вместимостью 200 мл отбирает с помощью цилиндра от 25 до 100 мл получен-

ного фильтрата. Подбирают такое количество фильтрата, чтобы на титрование расходовалось не менее 6 мл раствора гидроксида натрия.

В стаканчик с фильтратом помещают электроды рН-метра. Титрование проводят при непрерывном перемешивании раствором гидроксида натрия сначала довольно быстро – до рН 6,0, а затем несколько медленнее – до рН 7,0.

После этого титрование проводят следующим образом: одновременно приливают по 4 капли титранта, отмечая расходуемое количество и значение рН.

Титрование заканчивают добавлением не менее 4 капель раствора гидроксида натрия после достижения рН 8,1.

Количество раствора гидроксида натрия, соответствующее точно рН 8,1, находят путем интерполяции данных титрования. Значения рН, применяемые для интерполяции, должны находиться в пределах  $8,1 \pm 0,2$ .

## 5. Расчет титруемой кислотности

Титруемую кислотность в расчете на преобладающую кислоту вычисляют по формуле

$$X = \frac{aKV_1 \cdot 100}{mV_2},$$

где  $X$  – титруемая кислотность в пересчете на преобладающую кислоту, %;  $a$  – количество точно 0,1 н. раствора NaOH, пошедшего на титрование, мл;  $K$  – коэффициент пересчета на преобладающую кислоту;  $V_1$  – объем, до которого доведена навеска, мл;  $m$  – масса навески исследуемого сырья, г;  $V_2$  – объем фильтрата, взятого для титрования, мл; 100 – пересчет в процентах.

Величина коэффициента  $K$  для различных кислот соответствует следующим значениям:

– яблочная  $K = 0,0067$  (для свежих семечковых и косточковых плодов и продуктов их переработки, кроме маринадов);

– лимонная  $K = 0,0064$  (для свежих ягод, кроме винограда, цитрусовых плодов и продуктов их переработки);

– щавелевая  $K = 0,0063$  (для свежих ревеня, щавеля, шпината и продуктов из них);

– уксусная  $K = 0,0060$  (для маринадов);

- винная  $K = 0,0075$  (для свежего винограда и продуктов из него, кроме маринадов);
- молочная  $K = 0,0090$  (для соленых, квашеных и моченых плодов, ягод и овощей).

Таблица 8

### Титруемая кислотность исследуемого сырья

Исследуемое сырье	Количество 0,1 н. NaOH, пошедшее на титрование, мл	Титруемая кислотность, в расчете на преобладающую кислоту $X_i$ , %	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta \bar{X}$
			%	
Яблоки				
Черная смородина				
Малина				

## 5. Определение объективного показателя вкуса

Каждая группа студентов на основании определения суммарного количества моно- и дисахаридов и титруемой кислотности в расчете на преобладающую кислоту рассчитывает объективный показатель вкуса (ОПВ) для исследуемого сырья по формуле

$$ОПВ = \frac{X_0}{X},$$

где  $X_0$  – суммарное количество моно- и дисахаридов в исследуемом сырье, %;  $X$  – титруемая кислотность исследуемого сырья в расчете на преобладающую кислоту, %.

Результаты заносят в табл. 9.

Таблица 9

**Объективный показатель вкуса исследуемого растительного сырья**

Исследуемое сырье	Суммарное содержание моно- и дисахаридов, %	Титруемая кислотность в расчете на преобладающую кислоту, %	Объективный показатель вкуса
Яблоки			
Черная смородина			
Малина			

**6. Математическая обработка результатов измерений**

6.1. Рассчитать среднее арифметическое значение содержания компонентов химического состава (моносахаридов, сахарозы, титруемой кислотности)  $\bar{X}$  в исследуемых образцах:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i,$$

где  $n$  – число измерений.

6.2. Найти среднее квадратическое отклонение результата измерения:

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

6.3. Определить доверительный интервал при вероятности  $\alpha = 0,95$ :

$$\Delta \bar{X} = t_{\alpha, n} S_{\bar{X}},$$

где  $t_{\alpha, n}$  – коэффициент Стьюдента:

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{\alpha,n}$	12,7	4,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3

6.4. Округлить результаты определения содержания компонентов химического состава (моносахаридов, сахарозы, титруемой кислотности)  $\bar{X}$  в соответствии с полученной величиной  $\Delta\bar{X}$  и занести их значения в таблицу.

6.5. Найти относительную погрешность измерения  $\varepsilon_{\bar{X}}$  (%):

$$\varepsilon_{\bar{X}} = \frac{\Delta\bar{X}}{\bar{X}} 100.$$

## 7. Оформление работы

Отчет о работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание методики эксперимента.
3. Необходимые расчеты.
4. Отчетные таблицы.
5. Расчет погрешности определения содержания моносахаридов, сахарозы, титруемой кислотности.
6. Анализ данных и выводы.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО И НЕФЕРМЕНТАТИВНОГО ПОТЕМНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

### 1. Теоретические положения

Важными факторами изменения растительного сырья и изготовленных из них пищевых продуктов являются ферментативное и неферментативное (химическое) потемнение. Эти явления объясняются тем, что и сырье и пищевые продукты в химическом отношении нестабильны, в них протекают химические процессы до момента обработки, во время обработки и при хранении.

*Ферментативное потемнение* является причиной накопления химических веществ, окрашенных в различные цвета от розового до коричневого и сине-черного. В результате этого ухудшается внешний вид пищевого продукта. Одновременно понижается и биологическая ценность продукта. Так, например, если ферменты зеленого горошка не инактивированы перед его замораживанием, то через 3...4 недели хранения в замороженном состоянии продукт на основании комплексной оценки вкуса и цвета становится непригодным для потребления.

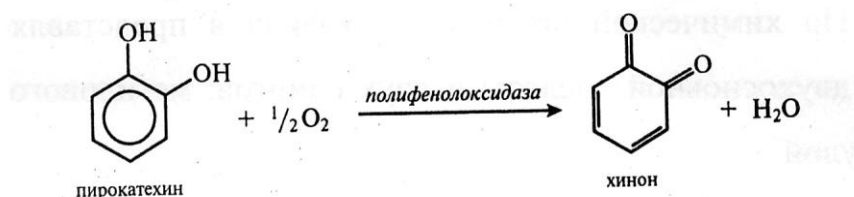
Ферментативное потемнение – процесс, протекающий во многих плодах и овощах при их очистке и резке, при заболевании и после механических повреждений.

Для его протекания необходимо наличие фермента, субстрата и кислорода воздуха. Реакция потемнения протекает очень интенсивно и выражается в окислении некоторых фенольных соединений до охинонов, а затем до коричневых меланинов.

Ферментом, катализирующим окисление моно-, ди- и полифенолов, является полифенолоксидаза (ПФО, Н.Ф.1.14.18.1). Он известен под различными тривиальными названиями: о-дифенолоксидаза, тирозиназа, фенолаза, катехолаза и др. Молекула ПФО обладает четвертичной структурой и имеет молекулярную массу около 34000 Да. ПФО – купропротеид, содержание меди составляет 0,2 % или 1 атом Cu на 1 молекулу фермента. Зона оптимальной активности лежит между рН 5,0...7,0.

В зависимости от источника выделения фермента способность его к окислению различных фенолов различна. Более того, даже в одном и том же объекте ПФО может содержаться в виде различных молекулярных форм, отличающихся по способности к окислению различных фенолов.

Типичная реакция, катализируемая ПФО, имеет вид

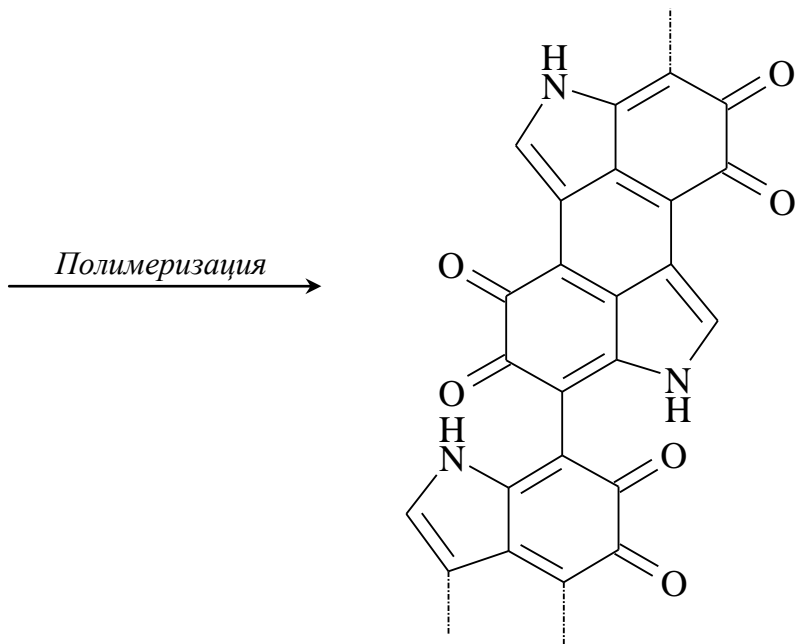
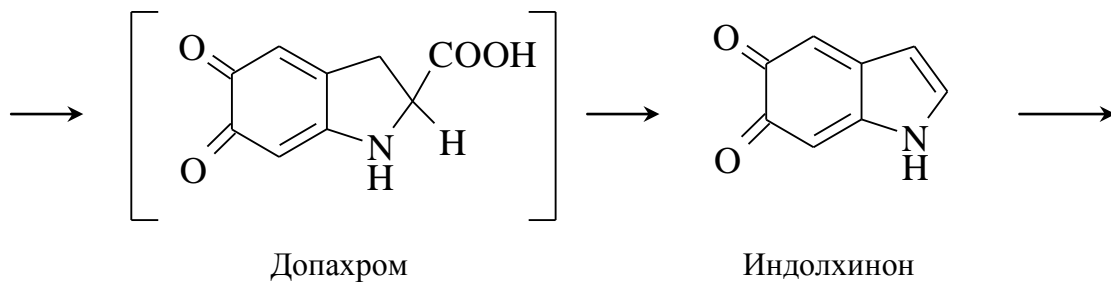
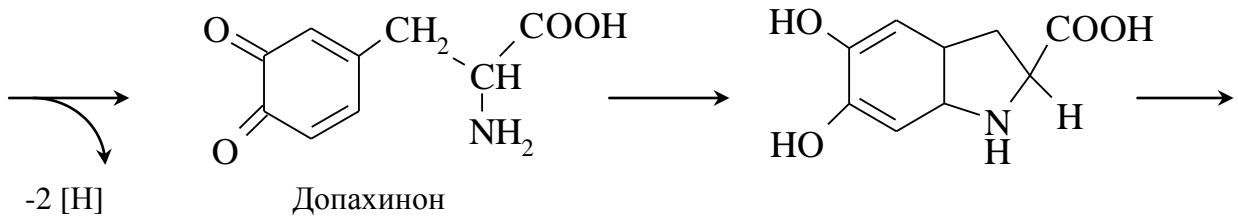
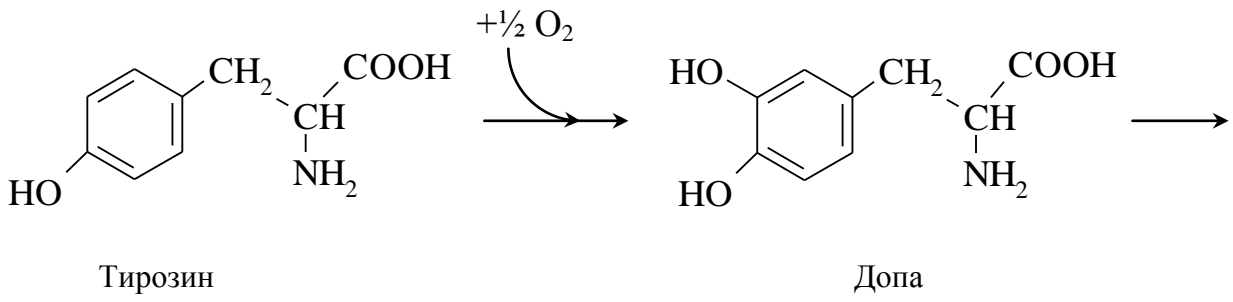


В опытах с конденсированными танинами установлено, что при окислении катехинов полифенолоксидазой образуется хинон, который конденсируется танином и образует окрашенный в красный цвет продукт, названный флобафеном. Его максимальная абсорбция наблюдается при длинах волн 270 и 410 нм, а при 500 нм спектральная кривая имеет хорошо выраженное плечо. Установлено, что склонность к подобной конденсации зависит от типа хинона, в том числе от типа фенола, из которого получен хинон.

При специфических способах полимеризации образуются темноокрашенные высокомолекулярные полимеры, названные меланинами, на базе хинона, образованного аминокислотой тирозином. Меланины посредством своих реактивных групп могут связываться с протеинами и образовывать темноокрашенные соединения.

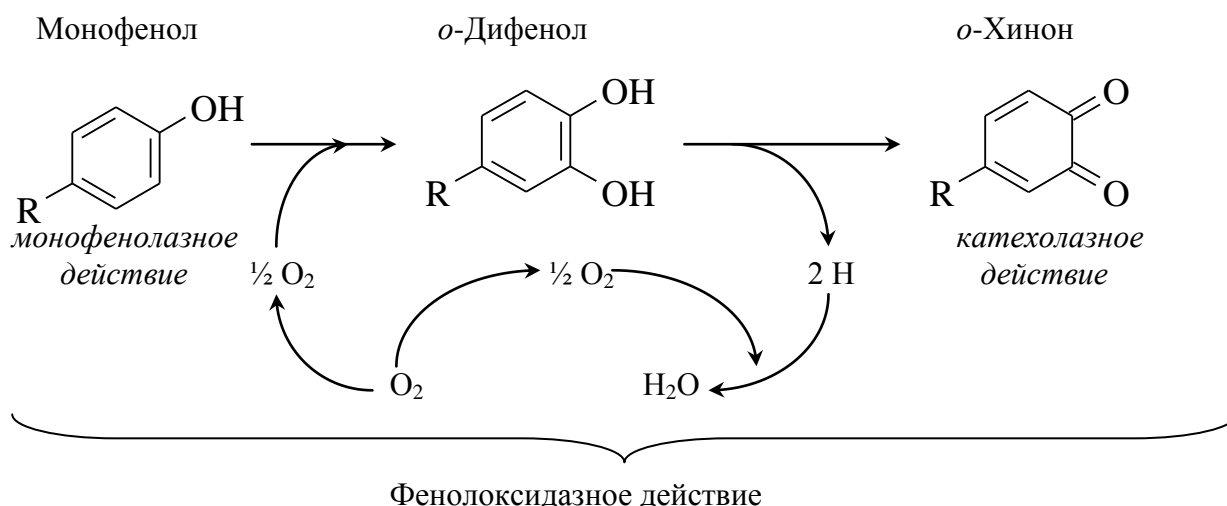
Так, именно с наличием тирозина связывают предрасположенность к ферментативному потемнению мякоти картофеля, а также с уровнем содержания лизина, триптофана и аргинина.

Молекула тирозина ( $\alpha$ -амино- $\beta$ -оксифенолпропионовая кислота) сочетает в себе свойства фенола и аминокислоты и является субстратом для фермента полифенолоксидазы. Конечными продуктами окисления являются темноокрашенные соединения (флобафены и меланины), образование которых из тирозина протекает по следующей схеме:



Флобафены и меланины (темное окрашивание)

При окислении монофенола фермент действует бифункцио-нально. Во-первых, происходит связывание атома кислорода с арома-тическим кольцом с образованием *o*-дифенола (монофенолазное дей-ствие); кроме того, от *o*-дифенола отнимаются два атома водорода, которые переносятся на кислород с образованием воды (катехолазное действие, поскольку окисляются производные пирокатехина). Боль-шинство фенолоксидаз способны окислять дифенолы без сопряжения с окислением монофенолов. Темноокрашенные продукты (флобафе-ны, меланины), возникающие как следствие действия фермента, обра-зуются в результате чисто химической реакции конденсации двух об-разовавшихся хинонов:



Наряду с тирозином темноокрашенные соединения при окисле-нии полифенолоксидазой дает и хлорогеновая кислота, которая со-держится в клубнях в больших количествах, чем тирозин. Однако многочисленные данные говорят о том, что хлорогеновая кислота хо-тя и быстро окисляется полифенолоксидазой, но не дает такой темной окраски, которую приобретают ткани картофеля за счет окисления тирозина. Тирозин окисляется гораздо медленнее, но обуславливает появление характерной черной окраски сердцевины клубня.

Субстратами при ферментативном потемнении являются *o*-дифенолы, ли, в наиболее общем виде, *o*-дигидроксипроизводные мо-нофенолов, флавоноидов (кварцетин, рутин и др.), танины, катехины и лейкоантоцианиды. К *o*-дигидроксипроизводным относятся, кроме катехола, кофейная, пирокатехиновая, хлорогеновая и другие кисло-

ты. Хлорогеновая кислота играет главную роль в потемнении картофеля после варки.

Потемнение срезов картофеля, яблок, грибов, персиков и других растительных тканей в большей степени или полностью зависит от действия ПФО. Увеличение количества редуцирующих сахаров в конце периода покоя наряду с увеличением количества свободных аминокислот создает условия для интенсивного мелаидинообразования, вызывающего потемнение мякоти картофеля и снижающего его пищевую ценность.

В пищевой промышленности основной интерес к полифенолоксидазе сосредоточен на предотвращении ферментативного потемнения, которое имеет место при сушке плодов и овощей, а также при производстве макаронных изделий из муки с повышенной активностью ПФО.

Положительная роль фермента проявляется при некоторых ферментативных процессах, например, при ферментации чая. Окисление дубильных веществ чая под действием ПФО приводит к образованию темноокрашенных и ароматических соединений, которые определяют цвет и аромат черного чая.

Существуют различные способы ингибирования процессов ферментативного потемнения: инактивация ферментов теплом, диоксидом серы, различными химическими соединениями.

На интенсивность ферментативных реакций оказывает влияние температура. При определенной критической температуре начинается денатурация белкового компонента ферментов. Для многих ферментов, в том числе и для ПФО, зависимость между скоростью денатурации и температурой представляет прямую линию, т.е. иллюстрируется аррениусовой зависимостью или параметром  $D_T$ , показывающим, сколько необходимо времени, чтобы при данной температуре  $T$  °С ферментативная активность понизилась на 90 %. Зависимость постоянной скорости инактивации ферментов от температуры представляется величиной  $Z$ , которая выражает температурный диапазон, необходимый для понижения значения  $D$  на 90 %. Подчинение процессов инактивации ферментов аррениусовой зависимости позволяет рассчитать экспериментальную энергию процесса их термической инактивации. Для полифенолоксидазы она составляет 313 кДж/м, значение величины  $Z$  при этом – 7,8 °С.

Термостойкость ферментов зависит от рН, активности воды ( $a_w$ ), вида и сорта растительного сырья.

Экспериментально установлено, что при температуре ниже 80 °С ПФО инактивируется через 10...20 мин в зависимости от вида и сорта плодов. При 100 °С инактивация фермента в черешне, персиках и абрикосах происходит за 2...3 мин, в сливе, яблоках и грушах – за 4...5 мин. Инактивация лучше всего протекает при рН 5,6. Полифенолоксидаза плодов более стойка, чем полифенолоксидаза овощей. Длительная бланшировка при более низких температурах в некоторых случаях более эффективна.

Диоксид серы может действовать путем редукции кислорода, реагирования с хинонами или другими промежуточными продуктами ферментативного потемнения и мешать образованию меланинов. Допускается и прямое инактивирование ферментов. Антоцианы не окисляются при наличии в среде  $SO_2$ .

Ингибирование ферментов химическими соединениями происходит в результате их окисления, связывания с простетической группой фермента путем комплексообразования или реакциями замещения, образования комплексов с субстратами, на которые действует ПФО.

**Неферментативное (химическое) потемнение** растительного сырья и продуктов из них возникает при термической обработке, в результате чего образуются коричневые пигменты, называемые меланоидинами. В основе неферментативного потемнения лежит реакция, получившая свое название от имени химика Л.К. Майяра, впервые описавшего ее в начале XX века при попытке воспроизведения синтеза биопротеина.

Реакция Майяра (мелаидинообразования) заключается во взаимодействии аминокрупп аминокислот протеинов или пептидных связей, или даже свободных аминокислот с альдосахарами. В результате образуются трудно- или даже нерастворимые в воде темноокрашенные соединения, не подвергающиеся гидролизу ферментами пищеварительного тракта.

На первых стадиях реакции Майяра образуются бесцветные соединения, которые затем путем комплексообразования дают коричневые пигменты. Поэтому если на первых стадиях возможна некоторая деколоризация при добавлении восстановителей (например, сульфита), то на конечном этапе это уже невозможно.

Меланоидинообразование – окислительно-восстановительный процесс, представляющий собой совокупность последовательно и параллельно идущих реакций.

Общую схему реакции Майяра можно представить следующим образом. Конденсационная реакция между альдозами и аминокислотами протекает между  $\alpha$ -аминогруппами аминокислот или протеинов и карбонильными группами редуцирующих сахаров приводит к образованию шиффовой базы и затем N-замещенного гликозиламина. Эти соединения подвергаются перегруппировке Амадори. На этом этапе образовавшиеся соединения еще бесцветны и реакция обратима. Третий этап – это деградация Штреккера, при которой теряется молекула  $\text{CO}_2$  и образуются альдегиды. Следует конденсация этих альдегидов или их конденсация с сахарными фрагментами или различными продуктами, полученными в результате деградации, протекающей в термически обработанных пищевых продуктах, что ведет к образованию коричневых пигментов – меланоидинов.

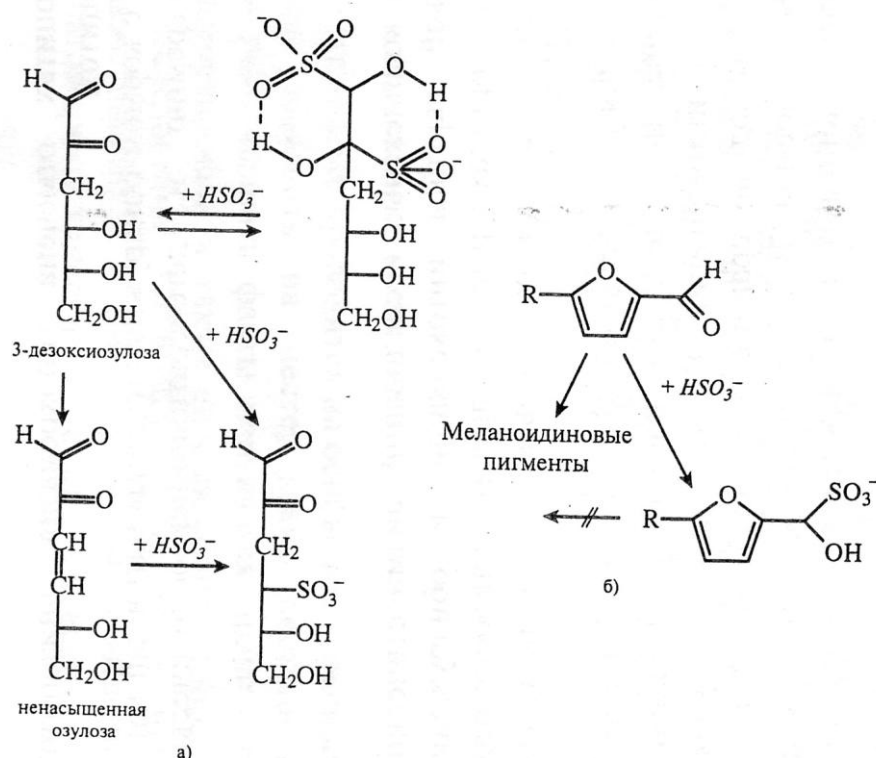
Коричневый цвет меланоидиновых пигментов объясняется невыраженностью спектра поглощения в видимом диапазоне, составленном из перекрывающихся друг друга спектров поглощения многих хромофоров. Пигменты представляют собой смесь соединений со схожей структурой, но с различной молекулярной массой. С химической точки зрения пигменты, образующиеся в модельных опытах, являются ненасыщенными поликарбоксильными кислотами с расширенной системой сопряженных связей, включающей карбоксильные группы. Кроме того, можно отметить наличие гидроксильной, енольной и аминной функций.

Установлено, что на скорость реакции Майяра влияют температура, рН среды, влагосодержание, тип участвующих веществ и их концентрация, физическое состояние продукта и т.д.

Для ингибирования реакции Майяра используют сульфиты.

Содержание сульфитов в ходе неферментативного потемнения постепенно снижается. В одних случаях (например, для глюкозы и аминокислот) потемнение прекращается полностью еще до того, как содержание сульфитов снизится почти до нуля. В других (например, для аскорбиновой кислоты и аминокислот) оно замедляется. Неодинаковая роль сульфитов объясняется различиями в промежуточных продуктах реакции, участвующих в формировании окраски. Химиче-

ский способ ингибирования реакции Майяра – использование сульфитов – представлен на схеме:



Более всего подвержены влиянию сульфитов такие промежуточные продукты, как 3-дезоксисулозы и ненасыщенные осулозы. Первые образуют с сульфитом обратимые соединения и замедляют реакцию, вторые образуют необратимое добавочное соединение, в результате чего этот промежуточный продукт стабилизируется, а процесс потемнения задерживается до тех пор, пока сульфит не будет полностью использован. Эти дополнительные продукты были фактически выделены из модельных сред и идентифицированы в пищевых продуктах.

Оксид серы ( $\text{SO}_2$ ) и его производные подавляют реакцию потемнения в пищевых продуктах, однако их применение ограничивается возможностью образования в сульфитированных пищевых продуктах слаботоксичных компонентов. Поиски других ингибиторов продолжаются, однако найденные до настоящего времени заменители (цианиды, димедон, гидроксилламин, гидразин, меркаптаны, бромин) неприемлемы из-за токсичности.

Однако этот путь защиты от потемнения не предохраняет продукты от потери аминокислот (например, лизина), поскольку реакция



с сульфит-ионами протекает на последних стадиях меланоидинообразования. Кроме того, гидросульфит-ион практически не имеет влияния на реакцию Штрекера.

Реакция меланоидинообразования играет большую роль в процессах, происходящих при переработке пищевого сырья, и существенно влияет на качество готовых продуктов. Так, с меланоидинообразованием связано потемнение сахарного сиропа при упаривании, снижение выхода спирта при переработке кукурузы низкого качества, образование цвета и аромата при «томлении» красного солода и затора в пивоварении. Образование вкусной хрустящей золотисто-коричневой корочки хлеба, его вкус и аромат также во многом связаны с меланоидинообразованием, протекающим при выпечке. Продукты, образующиеся при изготовлении вина, коньяка, шампанского в результате процесса меланоидинообразования, влияют на их цвет, вкус и аромат. С реакциями меланоидинообразования связано потемнение фруктовых соков при хранении, внешний вид, вкус и аромат готовых мясных изделий.

В заключение следует отметить важные моменты относительно реакции меланоидинообразования, которые должен знать и учитывать пищевик-технолог:

- образование меланоидиновых пигментов может быть желательно или нежелательно, так же как и развитие запаха – в зависимости от вида продукта;

- может иметь место потеря незаменимых аминокислот, т.е. потеря питательной ценности продукта. С этим особенно приходится считаться в случае лизина вследствие его высокой реакционной способности и наличия свободной ε-аминогруппы, поскольку лизин является лимитирующей аминокислотой во многих зерновых продуктах. При меланоидинообразовании может связываться до 25 % белков, витаминов, аминокислот, снижается активность ферментов и многих биологически активных соединений, тем самым снижается пищевая ценность полученных продуктов;

- есть единичные публикации, в которых указывается, что некоторые продукты реакции Майяра могут быть мутагенными. В частности, приводятся данные о мутагенности некоторых продуктов реакции D-глюкозы и D-фруктозы с L-лизином или L-глутаминовой кислотой. Эффект был продемонстрирован на примере сальмонеллы

ТА-100, однако в большинстве работ мутагенность продуктов оспаривается;

– продукты реакций карамелизации и меланоидинообразования и образование ароматических компонентов, сопутствующее этим реакциям, имеют большое значение во многих пищевых производствах для получения продуктов с красивым цветом и характерным ароматом (хлебопечение, производство безалкогольных напитков и пива, кондитерских изделий и др.). В иных случаях (например, при кислотном способе получения глюкозы) образование таких продуктов характеризуется как недостаток, поскольку ухудшает качество получаемых сиропов и ведет к определенной потере важных компонентов перерабатываемого сырья;

– промежуточные продукты реакции Майяра обладают антиоксидантной активностью. Данные, полученные на модельных средах, показывают, что продукты реакции потемнения глюкозы и глицина понижают степень поглощения кислорода и образования пероксидов из производных линоленовой кислоты. Это объясняется тем, что промежуточные продукты распада фруктозамина, соединяясь с пероксидами или свободными радикалами, замедляют окислительный процесс. Соответствующее регулирование реакции Майяра в ходе производства пищевого продукта положительно скажется на его качестве в процессе хранения;

– помимо того, что реакция Майяра сокращает содержание аминокислот, есть доказательства, что образовавшиеся продукты затрудняют усвоение белков. Влияние продуктов реакции Майяра на эффективность использования белка можно показать на следующем примере. У крыс, содержащихся на казеиновом рационе, включавшем 0,2 % смеси прореагировавших глюкозы и глицина, наблюдалось замедление роста на 40 %. Норма удерживаемого с пищей азота падала с 49 до 31 %. Промежуточные продукты реакции Майяра, приведшие к таким последствиям, идентифицированы не были.

**Цель работы:** определить уровни ферментативного и химического потемнения в картофеле разных сортов.

Как известно, сорта картофеля отличаются содержанием редуцирующих сахаров. Этот факт необходимо учитывать при выборе сортов картофеля, например, для получения замороженных полуфаб-

рикатов: предпочтение отдается сортам с низким содержанием редуцирующих сахаров, не склонным к потемнению.

В работе используется оптический метод, предложенный Л.П. Бобковой, позволяющий объективно и довольно точно определить степень потемнения картофеля. Для определения ферментативного потемнения используется нативный картофельный сок, а неферментативного – сок после кипячения, поскольку при кипячении создаются условия, сходные с условиями варки картофеля. При тепловой обработке картофельного сока освобождаются хлорогеновая и лимонная кислоты, разрушаются хелатные соединения, что приводит к развитию реакции меланоидинообразования.

Сущность метода состоит в том, что сок картофеля выдерживают для протекания реакций окисления фенольных соединений полифенолоксидазой, вызывающих ферментативное потемнение. Кипячение сока инактивирует ферментативные процессы, фиксирует полученную окраску, определение интенсивности которой позволяет установить уровень ферментативного потемнения. При дальнейшей выдержке кипяченого сока развитие потемнения связано уже не с ферментативными, а с химическими процессами, т.е. протекает реакция меланоидинообразования. Изменение окраски сока после кипячения стабилизируется через 2...3 ч, по истечении этого времени проводят оценку потемнения картофеля.

## **2. Материалы и оборудование**

1. Клубни картофеля разных сортов.
2. Пластмассовые терки.
3. Ножи.
3. Тарелки.
4. Стеклянные стаканы на 200...300 мл.
5. Колбы конические на 100 мл.
6. Колбы круглодонные на 100 мл.
7. Воронки большого и среднего диаметров.
8. Стеклянные цилиндры на 50 мл.
9. Стеклянные пипетки на 10 мл.
10. Крышки стеклянные или часовые стекла.
11. Бязевые и бумажные фильтры.
12. Электрическая плитка с закрытой спиралью.

13. Спектрофотометр (СФ) или фотоэлектроколориметр (ФЭК).
14. Бумага фильтровальная.
15. Вода дистиллированная.

### 3. Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется фронтальным методом тремя группами студентов по 3...4 человека. Задания для групп различаются сортами картофеля.

#### 1. Подготовка сырья и получение сока картофеля

Каждая группа студентов клубни картофеля в количестве 3...5 шт. тщательно моет под струей воды, очищает от кожицы и натирает на пластмассовой терке. Полученную массу переносят на бязевый фильтр (или 4-слойный марлевый), вложенный в воронку, и отжимают сок в стеклянный стакан.

#### 1. Определение уровня ферментативного потемнения

Определение потемнения проводится в 3-кратной повторности.

Из каждого стакана в 3 конические колбы отбирают по 10 мл полученного сока и выдерживают в течение часа.

Через час в каждую колбу добавляют по 10 мл дистиллированной воды и кипятят в течение 0,5...1 мин. Для предотвращения испарения влаги колбы накрывают стеклянными крышками или часовыми стеклами. При этом необходимо следить за вспениванием сока.

После кипячения содержимое каждой колбы разбавляют дистиллированной водой в соотношении 1:1 для уменьшения интенсивности окраски, затем фильтруют в горячем состоянии через бумажные фильтры в круглодонные колбы.

Определяют оптическую плотность картофельного сока на ФЭК с зеленым светофильтром в кювете с длиной хода луча 5мм или на СФ при длине волны 530...540 нм.

Оптическая плотность картофельного сока через 1 час соответствует показателю ферментативного потемнения –  $E_{\phi}$ . Показания записывают в таблицу.

#### 2. Определение уровня химического потемнения

Для определения химического потемнения этот же сок выдер-

живают в течение трех часов при комнатной температуре для развития реакции Майяра, а затем колориметрируют как при определении ферментативного потемнения.

Оптическая плотность картофельного сока через 3 часа ( $E_o$ ) соответствует сумме показателей ферментативного и химического потемнения.

Для определения уровня химического потемнения ( $E_x$ ) находят разность между вторым и первым колориметрированием  $E_x = E_o - E_\phi$ . Показания записывают в таблицу.

#### Ферментативное и химическое потемнение картофеля

Сорт	№ пробы	Оптическая плотность картофельного сока $E$ , отн. ед.						
		Ферментативное потемнение $E_\phi$			$E_o$	Химическое потемнение $E_x$		
		$X_i$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$		$X_i$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$
	1							
	2							
	3							

## 4. Математическая обработка результатов измерений

4.1. Рассчитать среднее арифметическое значение показателей ферментативного и химического потемнения  $\bar{X}$  в исследуемых образцах:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i,$$

где  $n$  – число измерений.

4.2. Найти среднее квадратическое отклонение результата измерения:

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

4.3. Определить доверительный интервал при вероятности  $\alpha = 0,95$ :

$$\Delta\bar{X} = t_{\alpha,n} S_{\bar{X}},$$

где  $t_{\alpha,n}$  – коэффициент Стьюдента:

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{\alpha,n}$	12,7	4,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3

4.4. Округлить результаты определения уровней ферментативного и химического потемнения  $\bar{X}$  в соответствии с полученной величиной  $\Delta\bar{X}$  и занести их значения в таблицу.

4.5. Найти относительную погрешность измерения  $\varepsilon_{\bar{X}}$  (%):

$$\varepsilon_{\bar{X}} = \frac{\Delta\bar{X}}{\bar{X}} 100.$$

## 5. Оформление работы

Отчет о работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание методики эксперимента.
3. Необходимые расчеты.
4. Отчетную таблицу.
5. Расчет погрешности определения уровней ферментативного и химического потемнения.
6. Анализ данных и выводы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмаши Э., Эрдели Л., Шарой Т. Быстрое замораживание пищевых продуктов. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 408 с.
2. Антонова Р.П. Технология приготовления блюд и кулинарных изделий: Справ. пособие для предприятий общественного питания. – СПб.: Профи, 2011. – 196 с.
3. Анфимова Н.А., Татарская Л.Л. Кулинария: Учеб. – 5-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2006. – 328 с.
4. Бобкова Л.П. Методика определения потемнения картофеля // Консервная и овощесушильная промышленность. 1974. № 8. С. 39–40.
5. ГОСТ 25555.0–82. Методы переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности.
6. ГОСТ 8756.13–87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров.
7. ГОСТ 28562–90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ.
8. Кретович В.Л. Биохимия растений: Учеб. для биол. фак. ун-тов. – М.: Высш. шк. 1980. – 445 с.
9. Холодильная технология пищевых продуктов. Ч. III. Биохимические и физико-химические основы: Учеб. для вузов / В.Е. Куцакова, А.В. Бараненко, Т.Е. Бурова, М.И. Кременевская. – СПб.: ГИОРД, 2011. – 272 с.
10. Лебедева Т.С., Сытник К.М. Пигменты растительного мира. – Киев: Наук. думка, 1986. – 88 с.
11. Технология продукции общественного питания: Учеб. для вузов / А.И. Мглинец, Н.А. Акимова, Г.Н. Дзюба и др. – СПб.: Изд. дом «Троицкий мост», 2010. – 736 с.
12. Метлицкий Л.В. Основы биохимии плодов и овощей. – М.: Экономика, 1976. – 349 с.
13. Парамонова Т.Н. Экспресс-методы оценки качества продовольственных товаров. – М.: Экономика, 1988. – 111 с.
14. Пищевая химия. 5-е изд., испр. и доп. / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочетков и др.; Под ред. А.П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2012. – 672 с.

15. **Плешков Б.П.** Практикум по биохимии растений. 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 255 с.
16. **Скорикова Ю.Г.** Полифенолы плодов и ягод и формирование цвета продуктов. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. – 232 с.
17. **Скрипников Ю.Г.** Производство плодово-ягодных вин и соков: Учеб. для подгот. с.-х. кадров массовых профессий. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
18. **Скрипников Ю.Г.** Технология переработки плодов и ягод. – М.: Агропромиздат, 1988. – 287 с.
19. Справочник технолога общественного питания. 3-е изд., перераб. и доп. / Л.М. Алешина, Л.В. Бабиченко, В.С. Баранов и др.; Под общ. ред. В.С. Баранова и Г.Н. Ловачевой. – М.: Экономика, 1984. – 336 с.
20. Технология производства продуктов общественного питания. Учеб. пособие для технол. фак. торг. вузов. – М.: Экономика, 1975. – 460 с.
21. **Флауменбаум Б.Л., Танчев С.С., Гришин М.А.** Основы консервирования пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 494 с.
22. Функциональные продукты питания: Учеб. пособие / Коллектив авторов. – М.: КНОРУС, 2012. – 304 с.
23. **Шапиро М.С., Трайнина Г.Г.** Лабораторный контроль в предприятиях общественного питания. – Л.: Госторгиздат, 1962. – 392 с.
24. **Шобингер У.** Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии / Пер. с нем. под общ. науч. ред. А.Ю. Колеснова, Н.Ф. Берестеня и А.В. Орещенко. – СПб.: Профессия, 2004. – 640 с.
25. **Щеглов Н.Г.** Технология консервирования плодов и овощей: Учеб.-практ. пособие. – М.: Изд-во «Палеотип»: Изд.-торг. корпорация «Дашков и К°», 2002. – 380 с.
26. **Якушкина Н.И.** Физиология растений: Учеб. пособие для студентов биол. спец. высш. пед. учеб. заведений. 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1993. – 335 с.



## СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	
МЕХАНИЧЕСКАЯ КУЛИНАРНАЯ ОБРАБОТКА	
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	3
1. Теоретические положения.....	3
2. Материалы и оборудование.....	15
3. Порядок выполнения работы.....	15
4. Оформление работы.....	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КРАСЯЩИХ ВЕЩЕСТВ	
ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ.....	18
1. Теоретические положения.....	18
2. Материалы и оборудование.....	21
3. Порядок выполнения работы.....	22
4. Математическая обработка результатов измерений.....	24
5. Оформление работы.....	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖИРОРАСТВОРИМЫХ	
ПИГМЕНТОВ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ.....	27
1. Теоретические положения.....	27
2. Материалы и оборудование.....	32
3. Порядок выполнения работы.....	33
4. Математическая обработка результатов измерений.....	38
5. Оформление работы.....	39
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТИВНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ВКУСА	
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	40
1. Теоретические положения.....	40
2. Определение содержания сахаров	
феррицианидным методом.....	45
2.1. Материалы и оборудование.....	45
2.2. Порядок выполнения работы.....	46
Определение содержания моносахаридов	
и сахарозы в растительных объектах титрованием	
раствора красной кровяной соли полученными	
фильтратами.....	47

Определение содержания редуцирующих сахаров и сахарозы в растительных объектах оптическим методом.....	51
3. Определение содержания сахаров рефрактометрическим методом.....	55
3.1. Материалы и оборудование.....	55
3.2. Порядок выполнения работы.....	55
4. Определение титруемой кислотности.....	58
4.1. Материалы и оборудование.....	59
4.2. Порядок выполнения работы.....	59
5. Определение объективного показателя вкуса.....	62
6. Математическая обработка результатов измерений.....	63
7. Оформление работы.....	64
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5</b>	
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО И НЕФЕРМЕНТАТИВНОГО ПОТЕМНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....</b>	<b>65</b>
1. Теоретические положения.....	65
2. Материалы и оборудование.....	75
3. Порядок выполнения работы.....	76
4. Математическая обработка результатов измерений.....	77
5. Оформление работы.....	78
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>79</b>

Бурова Татьяна Евгеньевна

# **ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Учебно-методическое пособие

*Ответственный редактор*

Т.Г. Смирнова

*Титульный редактор*

Е.О. Трусова

*Компьютерная верстка*

И.В. Гришко

*Дизайн обложки*

Н.А. Потехина

*Печатается*

*в авторской редакции*

---

Подписано в печать 24.01.2014 Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 5,12 Печ. л. 5,5 Уч.-изд. л. 5,25

Тираж 55 экз. Заказ № С 2а

---

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49  
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9