

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанская государственная академия ветеринарной медицины
имени Н.Э. Баумана»

Кафедра биологической и органической химии

Алимов А.М., Закирова Л.А.

ХИМИЯ ПИЩИ

Учебное пособие для студентов

Казань – 2018

УДК 541.18.075.5

ББК 24.5 24.6я73

Л 69

Одобрено решением Ученого Совета факультета биотехнологии и стандартизации ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ протокол №9 от «24» мая 2017 г.

Рецензенты:

д.в.н., зав. кафедрой технологии животноводства ФГБОУ ВО КГАВМ,
профессор Г.Ф. Кабиров

к.б.н., с.н.с. НИЛ Комбинаторной химии и нейробиологии
Института фундаментальной медицины и биологии К(П)ФУ,
в.н.с. лаб.биохимии и молекулярно-генетического анализа ФГБНУ
«ФЦТРБ-ВНИВИ» Н.М. Александрова

ХИМИЯ ПИЩИ

Алимов А.М., Закирова Л.А. – Казань: ФГБОУ ВО КГАВМ, 2018. – 55 с.

Содержание:

1. Введение	4
2. Характеристика и классификация пищевых веществ	5
3. Белки пищевого сырья	6
4. Углеводы пищевых продуктов	8
5. Липиды	10
6. Витамины	10
7. Минеральные вещества	11
8. Ферменты в пищевых технологиях	11
9. Пищевые добавки	13
10. Биологическая ценность пищевых продуктов	15
11. Анализ химического состава сырья животного происхождения	
11.1. Определение содержания влаги	22
11.2. Определение содержания минеральных веществ (золы)	24
11.3. Определение содержания жира рефрактометрическим методом	25
11.4. Методы выделения белковых фракций мышечной ткани	26
11.5. Определение экстрактивных веществ мышечной ткани	29
12. Исследование автолитических процессов мяса животных	
12.1. Определение содержания продуктов гидролиза белков и пептидов	31
12.2. Оценка органолептических показателей мясного бульона и продуктов распада белков	33
12.3. Определение свежести мяса	46
12.4. Определение рН мяса	40
13. Определение продуктов распада белковых веществ в замороженной рыбе	41
14. Темы рефератов	43
15. Вопросы для выполнения контрольных работ	44
16. Вопросы для подготовки к зачету	47
17. Задания для выполнения контрольной работы	50
18. Список литературы	52

1. Введение

Пищевые продукты, употребляемые человеком, характеризуются большим разнообразием химической природы и состава.

Пищевая химия является одним из разделов химической науки.

Пищевая химия – наука о химическом составе пищевых систем (сырье, полупродукты, готовые пищевые продукты), его изменениях в процессе технологического потока под влиянием различных физических, химических и биохимических факторов. Она изучает взаимосвязи структуры свойств пищевых веществ и пищевую ценность продуктов питания. Эта наука разрабатывает новые принципы и методы анализа пищевых систем, а так же системы управления качеством.

Учебное пособие разработано для студентов, изучающих пищевую химию по направлениям подготовки 35.03.01 – «Ветеринарно-санитарная экспертиза», 35.03.07 – «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», 27.03.01 – «Стандартизация и метрология» при проведении лабораторно-практических занятий и подготовке контрольных и реферативных работ по дисциплине «Химия пищи».

2. Характеристика и классификация пищевых веществ

Продовольственное сырье – объекты растительного, животного, микробиологического и минерального происхождения, используемые для изготовления пищевых продуктов.

Пищевые вещества – это вещества пищи, которые ассимилируются в процессе обмена веществ в организме.

Макронутриенты (от лат. Nutritio – питательные) – класс главных пищевых веществ, являются источником энергии и пластических (структурных) материалов присутствующие в относительно больших количествах (от 1г до 100 г продукта). К ним относятся углеводы, липиды и белки.

Микронутриенты – класс пищевых веществ, оказывающих выраженные биологические эффекты на разные функции организма, содержащиеся в пищевых продуктах, как правило, в небольших количествах (мг или мкг на 100 г). К ним относятся витамины, витаминоподобные вещества, минеральные вещества.

Пищевые добавки – природные или синтетические вещества, соединения, специально вводимые пищевые продукты для придания определенных (заданных) свойств и (или) сохранения качеств.

Биологически активные добавки – концентраты природных или идентичные природным биологически активным веществам, предназначенные для непосредственного приема с пищей или введения в состав пищевого продукта.

Непищевые вещества – это вещества, содержащиеся в составе пищевого продукта, но не используются организмом в процессе жизнедеятельности. К ним принадлежат различные пищевые добавки (красители, консерванты, антиоксиданты и др., ароматизаторы, ядовитые вещества и т.п.).

3. Белки пищевого сырья

Белки (протеины) – высокомолекулярные азотсодержащие соединения, молекулы которых построены из остатков α -аминокислот, соединенных пептидной связью.

Каждый вид живых организмов имеет индивидуальный набор белков, определяемый наследственной информацией, закодированный в ДНК.

Белки в организме выполняют разнообразные биологические функции, основными из которых являются структурная (кератин волос, ногтей, рогов, копыт, коллаген соединительной ткани, эластин, муцины слизистых выделений), каталитическая (ферменты), защитная (антитела, фибриноген крови), сократительная (актин, миозин мышечной ткани), гормональная (инсулин поджелудочной железы, гормон роста, гастрин желудка), транспортная (гемоглобин), резервная (овальбумин яйца, казеин молока, ферритин селезенки).

Белковые вещества участвуют в осуществлении ряда других важных процессов в организме (возбудимость, дифференцировка клеток и т.д.).

Белки занимают особое место в питании человека. Аминокислоты, входящие в состав белков, называют протеиногенными (белковыми). Таких аминокислот всего 20. С точки зрения питания выделяют незаменимые и заменимые аминокислоты. Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме человека и животных, заменимые – синтезируются. Растения и многие микроорганизмы синтезируют все аминокислоты. Поэтому в зависимости от аминокислотного состава белки бывают: полноценными (содержат весь набор аминокислот в оптимальном соотношении) и неполноценными (какие-то незаменимые аминокислоты отсутствуют в их составе). Состояние белкового обмена в значительной степени зависит от недостатка или отсутствия незаменимых аминокислот.

По составу белки подразделяются на простые (протеины) – состоят только из аминокислот и сложные (протеиды) – содержат кроме аминокислот другие компоненты небелковой природы (простетическую группу).

Для оценки степени обеспеченности организма человека белковой пищей используют показатель азотистого баланса. Он представляет собой разность между количеством поступающего с пищей азота и количеством выводимого с конечными продуктами обмена, выраженными в одних и тех же единицах (г/сут.).

Зависимость организма от количества незаменимых аминокислот используется для определения биологической ценности белков. Для этого применяются химические и биологические методы.

Наиболее часто рассчитывают показатель аминокислотного сора (а.с.), который выражают в процентах или безмерной величиной, представляющий собой отношение содержания незаменимой аминокислоты (а.к.) в исследуемом белке к ее количеству в эталонном белке (в %):

$$\text{Аминокислотный скор} = \frac{\text{Аминокислота (мг) в 1 г белка продукта} \times 100\%}{\text{Аминокислота (мг) в 1 г «идеального белка»}$$

Помимо химических методов, широко применяют биологические методы с использованием микроорганизмов и животных. Показатель, измеряемый отношением прироста животных (в граммах) к количеству потребляемого белка (в граммах), называется *коэффициентом эффективности белка (КЭБ)*. При определении КЭБ проводят опыты на животных, в рацион контрольной группы включают стандартный белок казеин в количестве 10 %, опытной группы – исследуемый белок. Эффективность казеинового белка при кормлении крыс равняется 2,5.

Наряду с аминокислотным составом биологическая ценность белков зависит от степени переваривания и усвоения.

Степень переваривания зависит от структурных особенностей белка, активности ферментов, глубины гидролиза в желудочно-кишечном тракте и обработки их в процессе приготовления пищи.

Белки животного и растительного происхождения отличаются по биологической ценности. Животные белки являются полноценными.

Животные белки имеют более высокую усвояемость, чем растительные.

Для приготовления пищевых продуктов широко применяются зерновые культуры, которые по химическому составу делятся на 4 группы: хлебные злаки (богатые крахмалом), бобовые (богатые белками), масличные (богатые маслами), эфирно-масличные (богатые маслом и эфирными маслами). Все они отличаются по содержанию белка (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание белка в зерне культур (в среднем (%))

Злаковые	Белок, %	Бобовые	Белок, %	Масличные	Белок, %
Пшеница	15	Горох	28	Подсолнечник	16
Рожь	14	Фасоль	23	Лен	26
Ячмень	12	Люпин	23	Конопля	22
Овес	12	Вика	29	Горчица	28
Кукуруза	10	Соя	39	Рапс	30
Рис	8			Клещевина	15

4. Углеводы пищевых продуктов

Углеводы – органические соединения, состоящие чаще всего из углерода, водорода и кислорода. Кроме того, много углеводов, содержащих дополнительно фосфор, серу и азот. Углеводы составляют $\frac{3}{4}$ биологического мира и около 60-80 % калорийности пищевого рациона.

Углеводы подразделяются на: моносахариды (монозы) и полисахариды (олигосахариды и полиозы). Они являются главным источником энергии для организма человека и выполняют ряд других функций (пластическая-структурная, регуляторная, защитная и др.).

Наиболее распространенными моносахаридами являются глюкоза и фруктоза. В пищевом рационе человека значительный удельный вес занимают дисахариды – сахароза и лактоза и полисахариды – крахмал и гликоген. Глюкоза и фруктоза в значительном количестве содержатся в составе фруктов, в некоторых овощей, ягод, пчелином мёде.

Сахароза содержится в сахарной свекле и сахарном тростнике (до 28 % от сухой массы), соках растений и плодах. Молекула ее построена из α - D-глюкопиранозы и β - D-фруктофуранозы.

Лактоза (молочный сахар) состоит из молекулы глюкозы и галактозы, соединенных 1,4-гликозидной связью.

Крахмал представляет собой комплекс двух полисахаридов - линейного – амилозы и разветвленного – амилопектина, построенных из остатков глюкозы.

Гликоген является важным резервным полисахаридом в организме человека и животных, откладывается в печени (до 20 %) и мышечной ткани (до 40 %) и состоит из остатков молекулы глюкозы.

При окислении 1 г углеводов освобождается 4,1 ккал (17 кДж) энергии. Основным энергетическим источником является свободная глюкоза и запас углеводов в виде гликогена.

С точки зрения пищевой ценности углеводы подразделяются на усвояемые (моно- и олигосахариды, крахмал, гликоген) и неусвояемые (целлюлоза, гемицеллюлоза, инсулин, пектин, гумми, слизи).

Неусвояемые углеводы организмом человека не утилизируются, но они очень важны для пищеварения и составляют так называемые пищевые волокна, которые выполняют ряд важных функций (стимулируют моторику кишечника, адсорбируют токсичные вещества и желчные кислоты, нормализуют состав микрофлоры кишечника и ингибируют гнилостные процессы и др.).

При производстве пищевых продуктов углеводы могут подвергаться гидролизу, дегидратации и термической деградации, карамелизации, меланоидинообразованию, окислению.

Углеводы выполняют очень важные функции в пищевых продуктах: гидрофильность, ароматизация, структурная и др.

5. Липиды

Липиды – эфироподобные органические вещества, содержащиеся в клетках растений, животных и микроорганизмов, нерастворимые в воде, но растворимые в органических растворителях (бензин, диэтиловый эфир, хлороформ и др.).

По химическому строению липиды являются производными жирных кислот, спиртов, альдегидов, построенные сложноэфирной, простой эфирной, фосфоэфирной, гликозидной связями. Различают простые и сложные липиды. К простым нейтральным липидам относят производные жирных кислот и спиртов: глицеролипиды, воски, эфиры холестерина, гликолипиды и др.

Сложные липиды состоят из остатков спиртов (глицерина, сфингозина, инозита и др.), высших жирных кислот и других веществ (азотистые основания, фосфорной, серной кислот, углеводов и др.). К ним относятся фосфолипиды, гликолипиды, сульфатиды.

По строению и способности к гидролизу липиды разделяют на омыляемые и неомыляемые. Омыляемые липиды при гидролизе образуют несколько структурных компонентов, а при взаимодействии со щелочами – соли жирных кислот (мыла).

Растительные жиры и масла являются важным компонентом пищи, источником энергетического и пластического материала для человека, а также поставщиком ряда необходимых веществ (ненасыщенных жирных кислот, фосфолипидов, жирорастворимых витаминов, стероидов).

6. Витамины

Витамины – низкомолекулярные органические соединения, обладающие высокой биологической активностью и участвующие в обмене веществ.

Источником витаминов для человека являются продукты растительного и животного происхождения. В организме человека витамины не вырабатываются. Отсутствие или недостаток их в организме вызывают гиповитаминозы или авитаминозы в результате чего наступают специфические болезни.

Витамины по растворимости подразделяются на: жирорастворимые и водорастворимые.

В процессе хранения сырья и приготовления пищевых продуктов витамины могут разрушаться. Поэтому важно соблюдение определенных условий.

Для обеспечения организма человека витаминами необходимо учитывать их содержание в пищевых продуктах и витаминизации пищи.

7. Минеральные вещества

Для нормальной жизнедеятельности организма человека наряду с белками, углеводами, липидами и витаминами необходимы минеральные вещества. Они, хотя и не являются источникам энергии, но принимают участие в построении клеток и тканей организма, входят в состав ферментов, отдельных белков и других органических веществ.

В зависимости от количественного содержания в тканях и продуктах различают: макроэлементы (массовая доля превышает 10^2 % (мг%)) и микроэлементы (10^{-3} % и менее, т.е. микрограммах).

К макроэлементам относятся: кальций, магний, натрий, калий, фосфор, хлор, сера, а к микроэлементам – железо, медь, цинк, йод, молибден, кобальт, селен и др.

Однако в некоторых случаях в растениях могут накапливаться элементы в значительных количествах. Недостаток или избыток отдельных минеральных элементов может оказывать существенное влияние на здоровье человека.

8. Ферменты в пищевых технологиях

Ферменты широко применяются в пищевых технологиях.

Ферменты – биологические катализаторы белковой природы. Они существенно повышают скорость химических реакций, сами не претерпевая необратимых изменений.

Ферментативная реакция состоит из двух стадий: а) образование фермент-субстратного комплекса; б) распад этого комплекса на продукты реакции и свободный фермент:

$E+S \rightleftharpoons ES \rightarrow P + E$, где E – фермент, S – субстрат, ES – фермент-субстратный комплекс, P – продукты реакции.

Ферменты обладают высокой кинетической активностью. Скорость отдельных ферментативных реакций может быть в 10^{15} раз больше, чем без них.

Изучение механизмов ферментативных реакций необходимо для соблюдения условий хранения, технологии приготовления пищевых продуктов и т.д.

Рациональная номенклатура ферментов основана на прибавлении окончания «-аза» к латинскому корню названия субстрата или к названию процесса, катализируемого ферментом (АТФ-аза, амилаза, нуклеаза). Кроме того, сохранились и ранее появившиеся термины: пепсин, трипсин.

По рекомендации Международного биохимического союза ферменты разделяют на 6 классов:

<i>Группа</i>	<i>Катализируемая реакция</i>	<i>Типичная реакция</i>	<i>Примеры ферментов¹⁾</i>
Оксидоредуктазы	Перенос атомов H и O или электронов от одного вещества к другому	$AH + B \rightleftharpoons A + BH$ (окисленный) $A + O \rightleftharpoons AO$ (восстановленный)	Дегидрогеназа, оксидаза
Трансферазы	Перенос определенной группы атомов – метильной, ацильной, фосфатной или аминогруппы – от одного вещества к другому	$AB + C \rightleftharpoons A + BC$	Трансаминаза, киназа
Гидролазы	Реакции гидролиза, при которых из субстрата образуются два продукта	$AB + H_2O \rightleftharpoons AOH + BH$	Липаза, амилаза, пептидаза
Лиазы	Негидролитическое присоединение к субстрату или отщепление от него группы атомов. При этом могут разрываться связи C—C, C—N, C—O или C—S	$ \begin{array}{ccc} O & O & O \\ & & \\ R-C-C & = & R-C \\ & & \\ OH & & H \end{array} + CO_2 $	Декарбоксилаза, фумараза, альдолаза
Изомеразы	Внутримолекулярная перестройка	$AB \rightleftharpoons BA$	Изомераза, мутаза
Лигазы	Соединение двух молекул в результате образования новых связей C—O, C—S, C—N или C—C, сопряженного с распадом АТФ	$X + Y + АТФ \rightleftharpoons XY + АДФ + \Phi_H$	Синтетаза

Международная классификация ферментов

Каждый из классов подразделяются на подклассы и обозначаются цифрами.

Первая цифра означает класс, вторая – подкласс, третья – подподкласс, четвертая – порядковый номер в данном подклассе. Например, аспаратаминотрансфера – КФ 2.6.1.1. Это значит, что фермент относится к 2 классу (трансферазы), 6 подклассу (переносят атомные группы, содержащие азот), 1 – подклассу (переносит аминогруппу), порядковый номер в подподклассе – 1.

Для характеристики ферментов применяется каталитическая активность. Активность – это изменение количества субстрата или продукта в единицу времени.

Различают: удельную, молекулярную активность.

Удельная активность фермента – активность единицы массы (1 мг) фермента в стандартных условиях (мкмоль/мин на 1 мг белка).

Молекулярная активность – число молекул субстрата, подвергающихся одной молекулой фермента в 1 мин.

Международная единица активности – количество фермента, катализирующее превращения 1 мкмоль субстрата за 1 минуту, отнесенное к числу молей субстрата.

Катал – количество фермента, которое катализирует превращение 1 моль субстрата за 1 секунду (моль/с).

На практике пользуются меньшими кратными значениями: нанокатал (10^{-9} кат.)

Ферменты широко используются в пищевых технологиях, а также проявляют свое действие при хранении и приготовлении сырья и пищевых продуктов, а также при анализе пищевых продуктов. Поэтому важно значение об структуре, механизме действия и факторов, влияющих на их активность.

9. Пищевые добавки

Пищевые добавки – природные или идентичные природным или искусственные (синтетические) вещества, сами по себе не употребляемые как пищевой продукт или обычный компонент пищи.

Пищевые добавки – вещества, которые преднамеренно добавляются в пищевые продукты в процессе производства, упаковки, хранения, транспортировки для придания или удлинения срока хранения. Например, ароматизаторы, красители, консерванты. Их добавляют по технологическим соображениям.

В зависимости от назначения пищевые добавки подразделяются на несколько групп:

- улучшающие внешний вид продуктов;
- вещества, изменяющие консистенцию;
- подслащивающие вещества;
- вкусовые добавки;
- вещества, повышающие сохранность продуктов и увеличивающие сроки их хранения.

К пищевым добавкам не относятся соединения, повышающие пищевую ценность продуктов питания и причисляемые к группе биологически активных веществ (витамины, микроэлементы, аминокислоты и др.), а также ароматизаторы, которые выделяются в отдельную группу.

Количество пищевых добавок превышает 500 наименований, не считая комбинированных добавок, ароматизаторов и др.

Для рационализации их использования производителями стран Европейским советом разработана система цифровой кодификации пищевых добавок с литерой «Е», которая включена в кодекс для пищевых продуктов (Codex Alimentarius, Ed.2.V.1) ФАО/ВОЗ. Пищевые добавки, имеющие индекс Е и идентификационный номер, обладают определенным качеством. Наличие пищевой добавки в продуктах должно быть указано в этикетке.

Применение пищевых добавок выдвигает вопрос об их безопасности. В связи с этим учитывают ПДК (мг/кг) – предельно-допустимая концентрация чужеродных веществ (в том числе и добавок), ДСД (мг/кг массы тела) – допустимая суточное потребление – величина, рассчитываемая как произведение ДСД на среднюю величину массы тела (60 кг).

В последние годы появилось большое число комплексных пищевых добавок.

В Российской Федерации допускается применение только тех пищевых добавок, которые разрешены Госсанэпиднадзором в пределах, приведенных в СанПин.

10. Биологическая ценность пищевых продуктов

Живые организмы различаются по способности синтезировать аминокислоты, необходимые для биосинтеза белков. В организме человека и высших животных синтезируются лишь часть протеиногенных аминокислот, их называют *заменимыми*. Другая часть аминокислот не могут синтезироваться в организме и должны поступать с пищей (кормом), их называют *незаменимыми аминокислотами*.

Заменимые аминокислоты в организме человека и животных превращаются друг в друга или синтезируются из метаболитов углеводного и липидного обмена. Для незаменимых аминокислот такие пути обмена имеются у растений и некоторых микроорганизмов (например *E.coli*).

К числу незаменимых аминокислот относятся: валин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин. Аргинин и гистидин относят к частично заменимым, так как они синтезируются в организме довольно медленно. В них особенно нуждаются молодой организм и птица.

Отсутствие в пищи хотя бы одной аминокислоты приводит к отрицательному азотистому балансу, нарушению обмена веществ, задержке роста и тяжелым последствиям типа авитаминоза.

Зависимость функционирования организма от количества незаменимых аминокислот определяет биологическую ценность белков.

В зависимости от аминокислотного состава белки подразделяют на *полноценные* – содержат весь набор незаменимых аминокислот в оптимальных соотношениях и *неполноценные* – отдельные незаменимые аминокислоты в их составе отсутствуют или содержатся в малых количествах.

К полноценным белкам относятся белки животного происхождения, а к неполноценным белки растительного происхождения.

Биологическую ценность белков определяют химическими и биологическими методами. Химический метод основан на определении количественного аминокислотного состава белков (пищевое продукта) и сравнении его с аминокислотным составом эталонного белка, который идеально соответствует потребностям организма человека в каждой незаменимой аминокислоте. Этот показатель называется аминокислотный скор (а.с.). Аминокислотный скор выражают в процентах или безмерной величиной. А.с. представляет собой отношение количества незаменимой аминокислоты (а.к.) в исследуемом белке в граммах к ее концентрации в эталонном белке.

При определении биологической ценности белков биологическими методами используют микроорганизмы и животных. При этом учитывают выход биомассы микроорганизма или рост животных, выраженный привесом за определенный промежуток времени, расход белка и энергии на единицу привеса, коэффициенты переваримости и отложения азота в теле и доступность аминокислот. Показатель, измеряемый отношением привеса животных (в г) к количеству потребляемого белка (г) носит название коэффициента эффективности белка (КЭБ), был разработан Р. Озвочи (1919 г.). В качестве контрольного белка используют стандартный белок казеин в количестве 10 %. Эффективность казеинового белка при кормлении крыс составляет 2,5. Каждый из методов имеет достоинства и недостатки.

Наряду с аминокислотным составом биологическая ценность белков зависит от степени их переваривания и усвоения.

Животные белки имеют более близкий к белкам человека аминокислотный состав и более высокую усвояемость, чем растительные. Поэтому они являются полноценными.

Лабораторная работа. Определение показателей биологической ценности продуктов расчетным методом.

Цель работы: Освоение метода определения биологической ценности продуктов

Задачи: 1) Рассчитать а.с. незаменимых аминокислот в продуктах (сырье); 2) выявить лимитирующие аминокислоты; 3) оценить среднюю величину избытка сора незаменимых аминокислот; 4) рассчитать коэффициент утилитарности и показатель «сопоставимой избыточности»; 5) результаты обобщить и внести в таблицы № 3 и № 4; 6) сделать заключение о биологической ценности продуктов

Методические указания. Для расчетов используют данные, приведенные в справочной литературе (Приложение №1, 2)

При расчетах используют соответствующие формулы для определения показателей биологической ценности.

Аминокислотный скор определяют по формуле:

$$\text{Скор для АК}_x = \frac{\text{мг АК}_x \text{ в 1 г исследуемого белка}}{\text{мг АК}_x \text{ в 1 г идеального белка}} 100\%.$$

Лимитирующей биологическую ценность аминокислотой является та, которая имеет наименьший скор.

Коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС, %). Показывает среднюю величину избытка аминокислотного сора незаменимых аминокислот по сравнению с наименьшим уровнем сора какой-либо незаменимой аминокислоты. Избыточное количество незаменимых аминокислот не используются для пластических целей.

$$K_{PAC} = \frac{\sum \Delta PAC}{n}$$

где, ΔPAC – различие а.с. аминокислоты (между max и min)

$$\Delta PAC = C_i - C_{min}$$

где, C_i – избыток сора аминокислоты,

C_{min} – минимальный из скоров незаменимых аминокислот исследуемого продукта к эталону, %,

n – количество учтенных незаменимых аминокислот

Биологическую ценность (БЦ) пищевого белка определяют по формуле:

$$БЦ = 100 - K_{PAC}$$

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава имеет практическое значение, так как возможность использования аминокислот организмом предопределена минимальным скором одной из них.

Коэффициент утилитарности j -й незаменимой аминокислот (доли единицы) рассчитывают по формуле:

$$A_j = C_{min} / C_j$$

где, C_j – скор j -й незаменимой аминокислоты по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), %

$$C_j = \frac{A_j}{A_{эj}} \times 100,$$

где, A_j – содержание j -й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка;

$A_{эj}$ – содержание j -й незаменимой аминокислоты, соответствующее физиологической норме (эталону), г/100 г белка

Таблица 1 – Содержание незаменимых аминокислот в идеальном белке (стандарт), мг/100 белка

Наименование аминокислот	мг/100 г белка (ФАО/ВОЗ)
Изолейцин	40
Лейцин	70
Лизин	55
Метионин	35
Треонин	40
Триптофан	10
Валин	50

Таблица 2 – Содержание незаменимых аминокислот в продуктах (г на 100 г белка)

Продукт	Вал.	Изолей.	Лейц.	Лиз.	Мет.	Тре.	Три.	Фенилал.
Говядина (м.тк.)	5,3	4,3	7,5	8,0	2,7	4,0	1,2	4,1
Свинина (м.тк.)	5,5	4,7	7,5	7,9	2,3	4,7	1,3	3,9
Конина I кат.	5,1	4,0	7,6	8,9	2,4	4,7	1,4	4,3
Куры I кат.	5,1	3,8	7,7	8,7	2,5	4,8	1,6	4,0
Колбаса вар. докт.	5,2	4,2	7,1	7,3	2,7	4,1	1,1	3,9
Яйцо кур.	6,0	4,7	8,5	7,1	3,3	4,8	1,6	5,1
Желатин	2,0	1,3	2,7	4,3	0,1	1,4	0,1	1,7
Мука пшен.(тв.сорта)	4,8	4,5	2,7	2,3	2,1	2,8	0,1	5,5
Мука ржан.	5,2	4,2	6,7	3,5	2,2	3,3	0,1	5,2
Мука тритикале	4,9	4,4	6,6	2,8	2,3	3,0	0,1	5,0
Рыба (треска)	5,6	4,4	8,1	9,3	3,1	5,6	1,3	5,0
Яйцо (белок)	4,4	5,6	8,2	6,1	4,0	4,8	1,5	6,1
<i>Норма ВОЗ мг/100 г белка</i>	50	40	70	55	35	40	50	38
<i>Эталон</i>								
Картофель		4,3	7,8	8,5	1,3	4,9	1,4	6,1
Соя		5,2	7,6	6,0	1,5	0,9	0,3	1,4
Мука ржан.		3,7	6,4	3,4	1,4	3,0	1,2	4,8
Мука пшен.		4,2	7,8	2,5	1,5	2,8	0,9	4,8
Крупа рисов.		4,7	8,8	3,7	2,3	1,4	3,4	6,0
Крупа гречнев.		3,6	5,9	4,2	2,5	3,2	1,4	4,7

Таблица 3 – Биологическая ценность важнейших продуктов питания и содержание в них незаменимых аминокислот (мг/100 г)

Пищевые продукты	Белок, %	Лимитирующие аминокислоты		иле	лей	лиз	мет	Цис	Фен	тир	три	тре	вал
		1	2										
Молоко	3,2			189	283	261	83	26	175	184	50	153	191
Говядина	21,6			939	1624	1742	588	310	904	800	273	875	1148
Куры	18,2			693	1412	1588	471	224	744	641	126	885	877
Рыба (треска)	16,0			700	1300	1500	500	200	800	600	210	900	900
Яйцо (белок)	11,1			628	917	683	413	277	673	397	169	483	735
Картофель	2,0			86	128	135	26	97	98	90	28	97	122
Соя	34,9			1810	2670	2090	520	550	1610	1060	450	1390	2090
Мука пшен. (высш. сорт)	10,3			430	806	250	153	200	500	250	100	311	471
Мука ржан. (обойн.)	10,7			400	690	360	150	210	600	290	130	320	520
Крупа рисовая	7,0			330	620	260	160	137	370	290	100	240	420
Крупа гречневая	12,6			460	745	530	320	330	592	430	180	400	590

Таблица 4 – Результаты расчета биологической и энергетической ценности пищевых продуктов

1-ый продукт

Аминокислота	Содержание, г на 100 г белка		Скор,% (Cj)	ΔРАС,%	КРАС,%	БЦ	aj	Aj × aj	U	Cmin × Aj	Aj - Cmin × Aj	σn	σс
	стандарт (Aj)	продукт (Aj)											
Валин	5,0												
Изолейцин	4,0												
Лейцин	7,0												
Лизин	5,5												
Метионин	3,5												
Треонин	4,0												
Триптофан	1,0												
Фенилаланин	6,0												
Всего													

2-ой продукт

Аминокислота	Содержание, г на 100 г белка		Скор,% (Cj)	ΔРАС,%	КРАС,%	БЦ	aj	Aj × aj	U	Cmin × Aj	Aj - Cmin × Aj	σn	σс
	стандарт (Aj)	продукт (Aj)											
Валин	5,0												
Изолейцин	4,0												
Лейцин	7,0												
Лизин	5,5												
Метионин	3,5												
Треонин	4,0												
Триптофан	1,0												
Фенилаланин	6,0												
Всего													

Продукт	Энергетическая ценность отдельных пищевых веществ в 100 г продукта			Энергетическая ценность 100 г продукта	
	жир	белок	углеводы	ккал	кДж
1-ый продукт					
2-ой продукт					

11. Анализ химического состава сырья животного происхождения

11.1. Определение содержания влаги

Вода является во многих продуктах качественно преобладающим компонентом. Она существенно влияет на качественные характеристики пищевого сырья и его устойчивость к воздействию микробиологических факторов.

Содержание воды в пищевом сырье зависит от особенностей химического состава, сроков и условий хранения.

Вода в биологических объектах присутствует в трех формах: в виде свободной, слабо связанной и прочно связанной. Свободная вода, сохраняя подвижность до температуры замерзания около 0 °С, служит растворителем многих веществ. Связанная вода прочно соединена с коллоидными веществами, образуя их гидратную оболочку, и не является растворителем. Слабо связанная вода замерзает при температуре – 3...– 5 °С. В процессе хранения происходит изменение соотношения между свободной и связанной водой, что влияет на свойство пищевого сырья.

Существуют различные методы аналитического определения содержания воды. В наиболее распространенных методах воду удаляют из исследуемого объекта высушиванием, отгонкой и поглощением осушителями.

В качестве осушителей чаще всего используют обезвоженные перхлорат магния, сульфат кальция, сульфат натрия, оксид фосфора и хлорид кальция.

Метод высушивания – наиболее распространенный и универсальный способ определения воды. Содержание воды определяют по потере массы испытуемых образцов при их высушивании. Свободную влагу удаляют при температурах, близких к температуре кипения воды.

Точность определения результатов определения и продолжительность анализа зависят от температурного режима сушки и условий подготовки проб к высушиванию. Обычно высушивание проводят при температуре, не

превышающей 105 °С, до достижения постоянной массы образцов. Ткани, содержащие нативные (неденатурированные) белки, следует сушить под вакуумом при температуре ниже температуры денатурации белков. При сушке жиров или продуктов с высоким содержанием жира температура не должна превышать 105 °С. При сушке продуктов с невысокой массовой долей жира и высоким содержанием влаги, температуру высушивания можно доводить до 150 °С. При этом продолжительность сушки не должна превышать 1 ч.

Влажность можно определять двумя способами: высушиванием до постоянного веса и высушиванием в течение строго определенного времени.

В первом случае сушку ведут до тех пор, пока разница между двумя взвешиваниями после повторного высушивания не будет выходить за пределы установленной для данного опыта точности (в третьем знаке после запятой – для продуктов с высоким содержанием влаги, и не более 0,0002 г – для продуктов с низким содержанием влаги). Во втором случае навеску сушат в течение времени, установленного предварительными опытами для определенных условий сушки (размеры бюксы, размеры навески, температура и т.д.), регламентированных стандартом для данного продукта. Масса навески составляет от 2 до 3 г.

Ход определения влаги

Оборудование: Весы аналитические, бюксы с крышкой, эксикатор, кальция хлорид (обезвоженный), пинцет.

Берут навеску измельченного исследуемого материала (мышечная ткань, мука, зерно и др.) в количестве 2-3 г и взвешивают с точностью до третьего знака после запятой в предварительно определенной взвешиванием мясной бюкс, выдержанный после сушки в эксикаторе с влагопоглощающим агентом (обезвоженный перхлорат магния, сульфат кальция, сульфат натрия, хлорид кальция).

Затем бюкс с пробой переносят в сушильный шкаф с электрическим обогревом и терморегулятором. Выдерживают определенный промежуток

времени. Затем бюкс вынимают удерживая пинцетом (руками брать нельзя!), помещают в эксикатор и остужают до комнатной температуры. После этого закрывают крышку бюкса и взвешивают.

При определении влаги высушиванием расхождения между параллельными определениями не должны превышать 0,3...0,5%.

$$\text{Массовую долю влаги } \omega_{\text{вл}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \cdot 100 ,$$

где m - масса бюкса,г;

m_1 – то же с навеской до высушивания, г;

m_2 - то же с навеской после высушивания, г.

11.2. Определение содержания минеральных веществ (зола)

Общее содержание минеральных веществ может быть определено озолением. Зола представляет собой минеральную часть продукта, полученную после сжигания органических веществ. В состав минеральных веществ входят хлористые, карбонатные, фосфорные и сульфатные соли калия, натрия, аммония, магния, кальция. В небольших количествах содержится железо, в микродозах – медь, цинк, стронций, барий, бор, кремний, олово, молибден, кобальт, никель и др.

Содержание золы дает приближенное представление о количестве минеральных веществ в продукте, так как процесс озоления может сопровождаться изменением их состава.

Ход определения.

Оборудование: муфельная печь, весы аналитические

Реактивы: ацетат магния или серная кислота

Для повышения скорости озоления и снижения потерь летучих компонентов к навеске продукта массой около 2 г, взвешенную с точностью до третьего знака после запятой, добавляют 0,2 – 0,3 г ацетата магния, азотной кислоты и ее солей, серную кислоту, пероксид водорода.

Органическую часть продукта сжигают при температуре 500..800°C в муфельной печи.

Массовую долю золы ω_z , % вычисляют по формуле

$$\omega_z = \frac{m_2 - m_1}{m} * 100,$$

Где m – навеска исследуемого образца, г;

m_1 – масса тигля, г;

m_2 - масса тигля с золой, г.

11.3. Определение содержания жира рефрактометрическим методом

Метод основан на определении коэффициента преломления раствора жира в растворителе монобромнафталине, котором предварительно извлекают жир из исследуемого продукта.

Ход определения.

Оборудование: весы, рефрактометр

Реактивы: сернокислый натрий, монобромнафталин, бумажный фильтр

Из измельченной средней пробы продукта в фарфоровую чашку берут навеску 5 г с точностью до 0,01 г и переносят в фарфоровую ступку, добавляют 5 г обезвоженного сернокислого натрия, 3 г прокаленного песка и около 3 г монобромнафталина, отвешивая его в пробирку по разнице массы.

Всю смесь тщательно растирают в течении 5 мин, после чего переносят на бумажный фильтр. Первые капли наносят на призму рефрактометра и определяют коэффициент преломления, температуру (комнатную) призм рефрактометра. При комнатной температуре устанавливают так же показатель преломления монобромнафталина. Определение коэффициентов преломления растворителя и исследуемого раствора проводят не менее трех раз, нанося каждый раз на призму рефрактометра новые капли. Для вычисления содержания жира берут среднюю величину этих определений.

Содержание жира $\omega_{ж}$, %, в исследуемом продукте находят по формуле

$$\omega_{ж} = \frac{(V - V_1) * K * 0,014 * 100}{m},$$

где K – коэффициент преломления растворителя;

K_1 – коэффициент преломления испытуемого раствора жира в растворителе;

m – навеска исследуемого продукта, г;

m_1 – навеска растворителя, г;

a – показатель отношения процентного содержания жира в растворителе к разности между коэффициентом преломления растворителя и раствора, экспериментально установленный для данных условий опыта и равный величине 0,0422.

За конечный результат испытаний принимают арифметическое двух параллельных определений, расхождение между которыми не должны превышать 0,5%. Точность определения составляет 0,1%.

11.4. Методы выделения белковых фракций мышечной ткани

Мясо является ценным пищевым продуктом, сбалансированным по аминокислотному составу и хорошо усвояемым. Содержание белка в мясных продуктах варьирует от 11 до 22 %. Белки мышечной ткани животных являются полноценными.

Основными мышечными белками являются миозин и актин, молекулярная функция которых заключается в обеспечении мышечного сокращения и расслабления при участии АТФ.

В мышечных клетках содержатся растворимые белки: миоген, глобулин X, миозин, актин и миоглобин (хромопротеид), нуклеопротеиды клеточных ядер и ферменты.

В состав саркоплазмы входят белки, растворимые в воде и солевых растворах с низкой ионной силой. Поэтому белки саркоплазмы легко

экстрагируются из мышечного гомогената водой. Из водных экстрактов их можно затем выделить путем высаливания.

Глобулин X является псевдоглобулином, для его растворения необходимы растворы, содержащие небольшие концентрации солей. Поэтому наличие незначительного количества неорганических солей в мышечной ткани достаточно, чтобы при водной экстракции глобулин X перешел в раствор. При диализе водного экстракта, полученного из мышечной ткани, глобулин X осаждается.

При исследовании белкового состава мышечную ткань освобождают от соединительной ткани и тщательно измельчают. Из полученного гомогената выделяют и разделяют белки, входящие в различные структуры мышечных волокон. Выделение и разделение белков основано на их избирательной растворимости в различных растворителях: воде, водно-солевых и щелочных растворах.

Ход определения глобулина X.

Оборудование: весы, ножницы, марля, пипетки, мерный цилиндр, диализная пленка, центрифуга

Реактивы: 0,3 % раствор хлорида натрия, 10 % и 0,25 % растворы едкого натра, 1 % раствор сернокислой меди, 10 % раствор хлористого аммония.

10 г тщательно измельченной мышечной ткани при перемешивании экстрагируют двойным объемом воды в течении 10мин. Вытяжку отфильтровывают через марлю и экстракцию повторяют еще два раза. Водные экстракты объединяют.

В водный экстракт переходят миогеновая фракция, глобулин X, миоглобин, миоальбумин. Присутствие белка миоглобина обуславливает красный цвет водного раствора.

Остаток мышечной ткани после водной экстракции используют, для последующей солевой экстракции.

10 мл водного экстракта мышц подвергают диализу в проточной воде в течение 12ч. При этом осадок выпадает глобулин X.

По окончании диализа осадок глобулина X отделяют центрифугированием, растворяют в 10 мл 0,3%-ного раствора хлористого натрия и проверяют наличие белка характерными цветными реакциями – биуретовой (10%-ный раствор едкого натра, 1 % -ный раствор сернокислой меди) или ксантопротеиновой и тепловой денатурацией.

В надосадочной жидкости открывают присутствие миогена, миоглобина и миоальбумина также с помощью цветной реакции на белок с концентрированным раствором азотной кислоты.

Белки миофибрилл имеют фибриллярное строение и извлекаются из мышечной ткани солевыми растворами низкой ионной силы.

Ход определения белков миофибрилл.

Остаток мышц после водной экстракции заливают 10 %-ным раствором хлористого аммония в соотношении 1:3 и перемешивают в течении 20 мин.

Солевой экстракт отделяют от остатка мышечной ткани фильтрованием через марлю. Экстракцию повторяют таким же образом еще один раз. Солевые экстракты объединяют.

Остаток мышц после солевой экстракции используют для выделения белков сарколеммы.

20 мл солевого экстракта подвергают диализу в проточной воде в течении 12 ч. При удалении низкомолекулярных соединений из экстракта белки выпадают в осадок.

Осадок белков отделяют путем центрифугирования, растворяют в 10 мл 10%-ного раствора хлористого аммония и доказывают наличие белков характерными цветными реакциями (биуретовой) и тепловой денатурацией.

Белки, входящие в оболочку мышечной ткани – сарколеммы, нерастворимы в водных и солевых растворах. Белки сарколеммы остаются в нерастворимом виде после последовательной экстракции мышечной ткани

водой, солевыми и щелочными растворами. Основными белками сарколеммы являются коллаген, эластин, ретикулин.

Ход определения белков сарколеммы.

Остаток мышц после солевой экстракции заливают 50 мл 0,25%- ного раствора едкого натра и оставляют щелочной экстракт центрифугированием. Затем остаток ткани еще раз заливают таким же количеством щелочи и после 20 мин перемешивания центрифугируют. В экстракт переходят белки ядер: кислый белок, остаточный белок, нуклеопротеиды. В осадке остаются сарколемма.

Осадок мышц после щелочной экстракции заливают в стакане 50 мл воды и кипятят 1 ч, поддерживая постоянный объем жидкости путем добавления воды.

Горячую жидкость отфильтровывают в фильтрате открывают присутствие желатина (продукты распада коллагена) биуретовой реакцией.

На фильтрате остаются тонкие волокна и пленки эластина, которые рассматривают под микроскопом.

11.5. Определение экстрактивных веществ мышечной ткани

Экстрактивные вещества мышц – низкомолекулярные органические соединения небелковой природы, переходящие в водный экстракт. Экстрактивные вещества делятся на две группы: безазотистые (фосфорилированные углеводы, пировиноградная кислота, молочная кислота и др.) и азотосодержащие.

Такие азотистые экстрактивные вещества, как карнозин, ансерин, карнитин, креатин, АТФ при жизни животного выполняют специфические функции в процессах обмена веществ и энергии.

Другая часть экстрактивных веществ – пуриновые основания, свободные аминокислот, мочевины и другие являются продуктами обмена белков.

Некоторые экстрактивные вещества и продукты их превращений формируют вкус и аромат мяса.

Экстрактивные вещества открывают в безбелковом, т.е. прокипяченном водном экстракте мышц путем проведения соответствующих цветных реакций.

Креатин в виде креатинфосфат выполняет роль легкого мобилизуемого источника энергии. Открытие креатинина в мышечной ткани основано на цветных реакциях с нитропруссидом натрия и пикриновой кислотой.

Ход определения креатинина.

Реактивы: 3 % раствор нитропрусида натрия, 10 % и 30 % растворы едкого натрия, 10 % уксусная кислота, 10 % углекислого натрия.

К 3 мл безбелкового водного экстракта мышц добавляют несколько капель 3%- ного раствора нитропрусида натрия и затем несколько капель 30%- ного раствора едкого натра. Раствор окрашивается в оранжевый цвет вследствие образования изонитрозокреатинина.

При подкислении пробы 10%- ным раствором уксусной кислоты и дальнейшем нагревании до кипения раствор приобретает зеленоватую окраску образованная железистосинеродистой соли окиси железа.

К 2-3 мл безбелкового водного экстракта мышц добавляют несколько капель насыщенного раствора пикриновой кислоты и затем несколько капель 10% - ного раствора едкого натра.

Креатинин взаимодействует с пикриновой кислотой, образуя пикрат, окрашенный в оранжевый цвет.

Биологическая функция карнозина при жизни животного заключается в участии его а процессах окислительного фосфорилирования. Открытие карнозина основано на цветной реакции его с диазореактивом.

Ход определения карнозина.

К 1 мл безбелкового водного экстракта мышц добавляют 1 мл диазореактива, перемешивают и добавляют 10% раствор углекислого натрия

до сильно щелочной реакции. Появляется красное окрашивание в результате взаимодействия диазореактива с имидазольным кольцом карнозина.

12. Исследование автолитических процессов мяса животных

12.1. Определение содержания продуктов гидролиза белков и пептидов

Процесс созревания мяса, протекающий при высоких температурах хранения. Может сопровождаться значительным увеличением количества аминоаммиачного азота и других продуктов распада белков. Это связано с активацией пептидаз, катализирующих разрыв пептидных связей белковых молекул. При разрушении пептидных связей белков освобождаются карбоксильные и аминогруппы. В дальнейшем происходит дезаминирование аминокислот, что приводит к увеличению количества общего азота (аминоаммиачного азота).

Содержание аммиака в созревшем мясе составляет 1,5% от содержания общего азота, на этой стадии аммиак полностью связывается продуктами анаэробного гликогенолиза. Это влияет на количество буферных веществ мяса рН, который начинает повышаться. Этот факт может служить одним из показателей гидролитической порчи белковых веществ мышечной ткани.

Процесс гидролитического распада белковых веществ мяса сопровождается разрушением морфологических структурных элементов мышечной ткани, что обуславливает снижение жёсткости мяса и увеличения степени отделения мясного сока. В результате образования продуктов взаимодействия аминокислот с рибозой и другими редуцирующими веществами мясо приобретает коричневатую окраску.

Метод определения аминоаммиачного азота основан на связывании аминогрупп и аммиака формальдегидом и титровании щёлочью карбоксильных групп, количество которых эквивалентно азоту аминогрупп и аммиака.

Ход определения.

Оборудование: весы, ножницы, ступка с пестиком, пипетки, цилиндры, мерные колбы, бумажные фильтры, бюретки.

Реактивы: раствор формольной смеси, 0,2 М раствор едкого натрия.

1. Приготовление исследуемых экстрактов:

а) мышцы животных разных видов (говядина, свинина, баранина или птица) разных сроков и условий хранения массой по 100 г освобождают от жира и прирезей соединительной ткани, измельчают на мясорубке;

б) навески предварительно измельченной мышечной ткани массой $(10,00 \pm 0,02)$ г растирают в ступках с 5...10 мл дистиллированной воды и кварцевым песком. Смесь количественно переносят в мерные колбы с помощью воронок и стеклянных палочек. Доводят объем раствора до метки дистиллированной водой. Тщательно перемешивают и фильтруют экстракт в сухие мерные колбы и снова доводят до метки водой. Полученный экстракт хранят не более 7 сут при температуре $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ и используют для дальнейших определений низкомолекулярных продуктов гидролиза и пептидов.

2. Определение содержания низкомолекулярных продуктов гидролиза белков и пептидов мышечной ткани формольным титрованием.

Для опыта отбирают пипеткой по 20 мл образца фильтрата в конические колбы и приливают с помощью цилиндра 20 мл рабочего раствора формольной смеси. Затем из пипетки добавляют раствор гидроксида натрия 0,2 М концентрации до появления ярко-розового окрашивания исследуемого раствора.

Одновременно с тремя исследуемыми образцами проводят контрольное титрование. Для этого отбирают пипеткой 20 мл прокипяченной (свободной от С) и охлажденной дистиллированной воды, приливают 10 мл рабочего раствора формольной смеси и титруют 0,2 М раствором гидроксида натрия до появления ярко-розовой окраски контрольного раствора. Объем раствора NaOH фиксируют. Затем оттитровывают избыток NaOH 0,2 М раствором HCl.

Расчеты производят по формуле:

$$A = \frac{V - V_1 * 2,8 * V_э}{V_a * m_{нав}} * 100$$

где А - содержание низкомолекулярных продуктов гидролиза белков и пептидов, мг /100г;

V – объем 0,2 М раствора гидроксида натрия, добавленного к исследуемому раствору, мл;

V₁– объем 0,2 М раствора NaOH, добавленного к контрольному образцу;

V_э - объем экстракта (100мл),

V_а - аликвотный объем пробы экстракта, мл;

m_{нав.}- масса навески мышечной ткани, г;

2,8 – масса аминного азота, соответствующая 1 мл 0,2 м раствор NaOH, мг.

Результаты эксперимента заносят в таблицу:

Вид мышечной ткани		№ пробы	V _к ,мл	V,мл	V _{нл} , мл контр.	V- V _к , мл	A	Ā
		1						
		2						
		3						

12.2. Оценка органолептических показателей мясного бульона и продуктов распада белков

При завершении процесса окончания в результате биохимических, физико-химических и структурных изменений происходит постепенное размягчение мышечной ткани, мясо приобретает соответствующие вкусовые и ароматические достоинства – оно созревает. Созревшее мясо имеет специфический запах, после варки оно делается сочным и нежным, бульон из такого мяса прозрачный, вкусный и ароматный, с большим количеством

капель жира на поверхности. Во время кулинарной обработки созревшего мяса потери белков с бульоном уменьшается.

При созревании мяса вследствие биохимических процессов повышается рН и количество АТФ, происходит распад актомиозина и увеличение растворимости миозина. Протеолиз белков миофибрилл приводит к накоплению в мышечной ткани пептидов и свободных аминокислот (глутаминовой, аргинина, лейцина, валина, триптофана, тирозина и фенилаланина), придающих бульону специфический вкус.

В созревшем мясе развариваемость коллагена внутримышечной ткани возрастает до уровня, соответствующего парному мясу, увеличивается влагосвязывающая способность мяса, повышается набухаемость белков в воде и растворах поваренной соли. Повышение уровня гидратации белков созревшего мяса достигает 85...87% такой же способности парного мяса и приводит к снижению количества тканевого сока, выделяющегося при варке и отпрессовывании.

В процессе созревания мяса мышечные волокна набухают, разрыхляются и распадаются, постепенно увеличивается нежность мяса в сыром виде и после тепловой обработки.

Улучшение вкуса и аромата варёного созревшего мяса обусловлено превращениями группы азотистых экстрактивных веществ. Накапливающаяся при распаде АТФ инозиновая кислота обладает запахом мясного отвара, образуются также инозин и гипоксантин, по количеству которого судят о степени созревания мяса. Кроме инозиновой кислоты и гипоксантина, в формировании вкуса и аромата принимают участие глутаминовая кислота, образующаяся при дезаминировании глутамина и обладающая специфическим вкусом мясного бульона, свободные аминокислоты, карбонильные соединения, а так же низкомолекулярные летучие жирные кислоты, образующиеся при гидролитическом распаде внутритканевых липидов.

Присутствие в бульоне продуктов распада белков мяса устанавливают посредством проведения качественной реакции с сульфатом меди. В бульоне, полученном из свежего мяса, при добавлении 5%-ного раствора сульфата меди не наблюдается никаких изменений или наблюдается небольшое помутнение. В бульоне из несвежего, долго или неправильно хранившегося мяса появляются хлопья или образуется студнеобразный осадок голубого (зеленого) цвета. Этот факт объясняется взаимодействием между ионами меди и первичными продуктами распада белков (хлопья) и продуктами более глубокого распада белков (осадок).

Ход определения.

Оборудование: весы, колбы конические на 250 мл, водяная баня, термометры 50-100 °С, цилиндры, фильтровальная бумага, воронки стеклянные.

Реактивы: 5 % раствор сульфата меди

Приготовление мясного бульона и оценка его органолептических показателей.

Образцы мяса разных видов и сроков хранения массой 20,0 г тщательно измельчают и помещают в конические колбы на 250 мл, заливают 60 мл дистиллированной воды, перемешивают и ставят на кипящую водяную баню. При достижении температуры внутри колбы 80..85° С и при появлении первых паров оценивают запах мясного бульона. Затем сливают в цилиндр объёмом 25 мл и оценивают его прозрачность. Наблюдения фиксируют. Полученный бульон используют для химических исследований.

Определение продуктов первичного распада белков в бульоне.

Метод основан на действии сульфата меди с первичными продуктами распада белка и образованием в бульоне нерастворимого осадка.

Горячий бульон фильтруют через складчатый бумажный фильтр в пробирку, помещенную в стакан с холодной водой. В другую помещают 2 мл фильтрата, добавляют 3 капли 5%-ного раствора сульфата меди и встряхивают. Через 5 мин отмечают результат наблюдений.

Мясо считают свежим, если при добавлении раствора сульфата меди бульон остаётся прозрачным.

Мясо считают несвежим, если при добавлении к бульону раствора сульфата меди наблюдается образование желеобразного осадка, а в бульоне размороженного мяса появляются крупные хлопья осадка.

Результаты органолептического анализа бульона и определения первичных продуктов распада белков оформляют в виде таблицы, включая экспериментальные данные, полученные при выполнении исследований по 2.1.1 – 2.1.3.

Вид мышечной ткани	t_{xp}	ПА, Ед./мл	Массовая доля белковых фракций, %		А, мг%	Показатели мясного бульона		
			W_B	W_{AM}		Аромат	Прозрачность	Наличие продуктов распада

На основании анализа результатов исследований делают вывод о глубине автолитических превращений в испытуемых образцах мяса.

При анализе мяса разных сроков хранения строят график зависимостей $ПА=f(t)$; $W_B = f(t)$; $W_{AM} = f(t)$; $A=f(t)$. Сопоставляют эти данные с данными по органолептической оценке мясного бульона и содержанием в нем продуктов первичного распада белков. Формулируют рекомендации о технологической пригодности мяса с учётом глубины автолитических превращений.

12.3.Определение свежести мяса

В присутствии фермента пероксидазы перекись водорода окисляет бензидин. В результате окисления бензидина образуется парахинондимид,

который с неокисленным бензидином дает соединение, окрашенное в голубовато-зеленый цвет, переходящий в бурый.

Активность пероксидазы зависит от рН среды и содержания окисляющих веществ в вытяжке, вследствие чего полного соответствия между бензидиновой реакцией и концентрацией водородных ионов не наблюдается. При рН концентрированных вытяжек (1:4) ниже 6,0 результат реакции с бензидином в большинстве случаев положительный, при рН 6,1-6,2 – сомнительный, а при рН выше 6,2 – отрицательный.

Бензидиновая проба. 2 мл фильтрата и 5 капель 0,2%-ного спиртового раствора бензидина встряхивают в пробирке, после чего добавляют 2 капли 1%-ного раствора перекиси водорода. Вытяжка из свежего мяса, содержащая фермент пероксидазу, через 1-2 мин окрашивается в сине-зеленый цвет, постепенно переходящий в коричневый. В фильтре из мяса сомнительной свежести сине-зеленая окраска менее интенсивна и появляется через 3-4 мин. Экстракт из несвежего мяса, а также из мяса больных животных пероксидазы не содержит, при проведении данной пробы исходная буроватая окраска не изменяется.

Реакции с сульфатом меди в бульоне.

Присутствие в бульоне продуктов распада белков мяса устанавливают качественной реакцией с серноокислой медью.

В бульоне, полученном из свежего мяса, при добавлении 5%-ного раствора сульфата меди не наблюдается никаких изменений или образуется лишь слабая муть. В бульоне из несвежего мяса появляются хлопья или студенистый осадок голубоватого либо зеленоватого цвета. Появление в бульоне хлопьев обусловлено взаимодействием между медью и первичными продуктами распада белков; образование окрашенного осадка – взаимодействием с продуктами более глубокого распада белков.

Ход определения.

Оборудование: весы, колбы конические на 250 мл

Реактивы: 5 % раствор серноокислой меди

20 г мясного фарша помещают в коническую колбу на 250 мл и заливают 60 мл дистиллированной воды. Содержимое колбы тщательно перемешивают, колбу закрывают часовым стеклом и ставят в кипящую водяную баню на 10 мин. При достижении температуры содержимого колбы 80-85 °С и при появлении первых паров оценивают запах мясного бульона. Затем сливают бульон в цилиндр объемом 250 мл и оценивают его прозрачность. Наблюдения фиксируют. Полученный горячий бульон затем фильтруют через плотный слой ваты (толщиной не менее 0,5 см) в пробирку, помещенную в стакан с холодной водой.

Если после фильтрации в бульоне остаются хлопья, то его дополнительно фильтруют через фильтровальную бумагу.

В другую пробирку наливают 2 мл бульона и добавляют к нему 3 капли 5% -ного раствора сернокислой меди. Пробирку встряхивают 2-3 раза и через 5 мин отмечают результат реакции, по которому производят скидку баллов.

Мясо считают свежим если при добавлении к бульону раствора сульфата меди он остается прозрачным. Если в бульоне после добавления раствора сульфата меди наблюдается образование желеобразного осадка, а в бульоне появляются хлопья, то мясо считается не свежим.

Определение в мясе содержания аминокислотного азота

Процесс гнилостного распада белков сопровождается сначала разрушением пептидных связей белковых молекул. В результате этого увеличивается количество свободных карбоксильных и аминных групп.

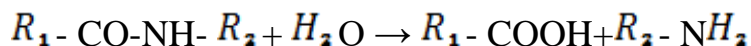
Одновременно происходит дезаминирование аминокислот, сопровождающееся накоплением аммиака в виде его соединений. Соответственно в мясе возрастает количество азота аминокислот и аммиака (аминокислотного азота), которое может служить одним из показателей глубины гнилостного разложения белков мяса.

Метод определения аминокислотного азота основан на связывании аминокислот и аммиака формальдегидом и титровании щелочью

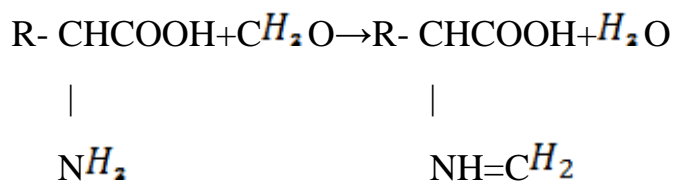
карбокисльных групп и кислых валентностей, количество которых эквивалентно азоту аминокрупп и азоту аммиака.

Химизм этих реакций представлен ниже.

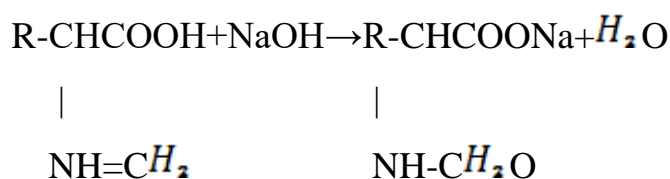
1. Гидролитический распад белков:



2. Связывание аминокрупп формальдегидом с образованием метиленовых соединений, представляющих собой кислоты:



3. Эти кислоты являются более сильными, чем свободные аминокислоты, и могут быть оттитрованы щелочью. Реакция титрования протекает по следующему уравнению:



По количеству щелочи, израсходованной на титрование, можно рассчитать содержание азота аминных групп.

При титровании щелочью в присутствии формальдегида последним блокируется аммиак, вытесняемый щелочью из аммиачных соединений, а освободившиеся при этом кислотные остатки оттитровываются щелочью. Эта часть щелочи соответствует количеству аммиачного азота.

Оборудование: весы, мясорубка, ступка, колбы на 250 мл, бумажный фильтр, бюретка.

Реактивы: 10 % раствор аминоаммиачных квасцов, насыщенный раствор едкого бария, 1% раствор фенолфталеина, 10 % раствор едкого натрия, индикатор № 1 (равное количество 0,1 % растворов нейтрального красного и метилового голубого), 0,1 н. раствор едкого натрия,

формальдегид, индикатор № 2 (1 часть 0,1 % раствора метиленового синего и 3 части 1 % раствора фенолфталеина).

В колбу помещают 25 г мясного фарша и 100 мл дистиллированной воды. Смесь взбалтывают в течении 3-х минут, затем отстаивают и вновь взбалтывают 2 мин. Экстракт фильтруют через 3-4 слоя.

В колбу наливают 10 мл профильтрованной вытяжки. Приливают 40 мл дистиллированной воды и три капли 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина. Вытяжку нейтрализуют 0,1 раствора едкого натра до слабо-розовой окраски. Затем в колбу добавляют 10 мл формалина, нейтрализованного по фенолфталеину, и содержимое колбы титруют 0,1 н. раствором едкого натра до слабо-розового цвета.

Содержимое аминокислотного азота, титруемого по фенолфталеину в 10 мл вытяжки (X, мг) проводят по формуле:

$$X=1,4 \cdot Y,$$

где Y – количество мл 0,1 н. раствора едкого натра, пошедшее на титрование.

В доброкачественном мясе содержится до 1,26 мг аминокислотного азота, в подозрительном мясе – от 1,27 до 1,68 мг, в несвежем мясе – более 1,68 мг.

12.4. Определение рН мяса

Важный показатель качества мяса с позиции технологии его переработки и хранения – величина рН. От концентрации ионов водорода в мышечной ткани зависит водосвязывающая способность мяса, влияющая на выход продукта, потерю массы при хранении, а так же устойчивость продукта в отношении развития гнилостной микрофлоры.

Наряду с другими показателями величину рН используют для выяснения целесообразности направлений переработки мяса.

Это показатель определяют колориметрическим или потенциометрическим методом.

Колориметрический метод основан на свойстве индикатора изменять свою окраску в зависимости от концентрации ионов водорода в растворе. Таким методом можно определить приближенное значение рН измеряемого объекта.

Наиболее распространение получил количественный потенциометрический метод определения рН, основанный на измерении электродвижущей силы.

Величину рН измеряют с использованием лабораторных рН-метров и портативных переносных экспресс измерителей.

Порядок определения рН с помощью лабораторного рН-метра. Перед определением рН мяса готовят его водный экстракт. Для этого 10г мясного фарша заливают в течение 30 мин, периодически перемешивая. Затем вытяжку фильтруют через бумажный или ватный фильтр и в фильтрате определяют рН.

13. Определение продуктов распада белковых веществ в замороженной рыбе

При разложении цистина и метионина – аминокислот белков, содержащих серу, выделяется сероводород, который с уксуснокислым свинцом образует сернистый свинец – соединение черного цвета.

Ход определения. Оборудование: нож, ножницы, весы, бюксы, свинцовая фильтровальная бумага,

Реактивы: насыщенный раствор свинцовой соли.

Образец мяса, рыбы измельчить ножом. Взять навеску массой 15..25 г и поместить ее рыхлым слоем в бюкс на 50 мл. В бюксе подвесить горизонтально над фаршем полоску плотной фильтровальной бумаги, на нижней поверхности которой, обращенной к продукту, нанесены 3..4 капли раствора свинцовой соли. Диаметр капель 2..3 мм. Расстояние между бумагой и поверхностью продукта должно быть около 1 см.

Бюкс закрыть крышкой, зажав фильтровальную бумагу между крышкой и корпусом бюкса, и оставить при комнатной температуре на 15 мин. По истечении отведенного времени бумагу снять и сравнить ее окраску с окраской бумаги, смоченной тем же раствором свинцовой соли. При наличии в испытуемом образце свободного сероводорода происходит побурение или почернение участков бумаги, смоченных раствором свинцовой соли. Интенсивность реакции обозначается следующим образом:

«-» - реакция отрицательная;

«±» - следы;

«+» - реакция слабо положительная: бурое окрашивание по краям капли;

«++» - реакция положительная: бурое окрашивание всей капли, более интенсивное по краям;

«+++» - реакция резко положительная: интенсивное темно-бурое окрашивание всей капли.

По интенсивности реакции судят о степени распада белка мяса рыбы, а следовательно, и о безопасности продукта.

14. Темы реферативных работ.

1. Роль белков и аминокислот в питании человека.
2. Строение и функции белков в организме.
3. Белки злаковых и бобовых культур.
4. Пути решения проблемы дефицита белка.
5. Характеристика углеводов и функции усваиваемых и не усваиваемых углеводов.
6. Превращения углеводов при производстве ПП.
7. Функциональное значение углеводов в пищевых продуктах.
8. Гидролиз углеводов.
9. Состав и свойства липидов.
10. Методы выделения и анализа жиров.
11. Превращения липидов при производстве и хранении ПП.
12. Значение макро- и микро- элементов для организма.
13. Роль жирорастворимых витаминов в организме человека.
14. Роль водорастворимых витаминов.
15. Пищевые добавки и их применения (общая характеристика).
16. Биологически активные добавки.
17. Пищевые красители и их характеристика.
18. Вещества, формирующие структуру и физико-химические свойства ПП.
19. Вещества, влияющие на вкус и аромат ПП.
20. Пищевые добавки, замедляющие порчу продуктов.
21. Пищевые кислоты и их влияние на качество ПП.
22. Ароматизаторы.
23. Свободная и связанная влага в ПП.
24. Применения льда в пищевых технологиях.
25. Методы определения влаги в ПП.
26. Пищевые антиокислители.
27. Консерванты и их применение в пищевых технологиях.

28. Применение ферментов в пищевых технологиях.
29. Имобилизованные ферменты и их применение в пищевых технологиях.
30. Загустители и гелеобразователи.

15. Вопросы для выполнения контрольных работ

1. Предмет и основные её направления.
2. Классификация современных продуктов питания.
3. Дайте определение понятий:
 - ✓ «Продовольственное сырье»
 - ✓ «Пищевые добавки, БАДы»
 - ✓ «Пищевые и не пищевые волокна»
4. Классификация основных веществ пищи. Макро и микро нутриенты.
5. Бедки и их роль в питании человека.
6. Азотистый баланс и его виды.
7. Проблема дефицита белка и пути ее решения.
8. Пищевая и биологическая ценность белков.
9. Заменяемые и не заменяемые аминокислоты.
10. Физико-химические свойства аминокислот.
11. Пептиды и их роль в организме.
12. Особенности аминокислотного состава злаковых культур.
13. Белки бобовых и масличных культур.
14. Клейковина пшеницы и ее роль в обеспечении реологических свойств теста и качество хлеба.
15. Белки бобовых культур.
16. Белки молока и мяса.
17. Функциональные свойства белков и их роль в технологических процессах.
18. Физико-химические превращения белков в технологическом потоке.
19. Методы качественного и количественного определения белков.

- 20.Классификация углеводов и их характеристика.
- 21.Усвояемые и неусвояемые углеводы их значение для организма человека.
- 22.Превращение углеводов для производства пищевых продуктов.
- 23.Карамелизация углеводов.
- 24.Меланоидиобразование и факторы влияющие на этапы.
- 25.Функциональное значение моно-олиго- и полисахаридов в пищевых продуктах.
- 26.Функции полисахаридов в пищевых продуктах.
- 27.Основные методы определения углеводов в пищевых продуктах.
- 28.Общая характеристика липидов.
- 29.Основные группы липидов.
- 30.Основные свойства и химические превращения ацилглицеринов ПП.
- 31.Реакции гидролиза, гидрогенизации и переэтерификация масел жиров.
- 32.Технологическое значение процессов гидролиза, гидрогенизации и переэтерификация масел жиров.
- 33.Окисление жиров; его механизм и факторы влияющие на этот процесс.
- 34.Окисление жиров и роль антиоксидантов.
- 35.Роль и превращение фосфолипидов в технологии жиров и питания.
- 36.Роль жиров и их компонентов в питании.
- 37.Методы выделения и анализа жиров ПП, оценка их качества.
- 38.Методы оценки качества жиров.
- 39.Классификация и номенклатура витаминов.
- 40.Физиологическая роль витаминов. Гипо- и авитаминозы.
- 41.Водорастворимые витамины (В₁,В₂,С) и их характеристика.
- 42.Жирорастворимые витамины (А,Д).
- 43.Водорастворимые витамины (В₃,Н,В₆).
44. Жирорастворимые витамины (Е,К) и их недостаток.
- 45.Витамины РР, В₁₂.
- 46.Витаминоподобные вещества.
- 47.Витаминизация продуктов питания.

- 48.Макро-микроэлементы.
- 49.Функции минеральных веществ в организме.
- 50.Роль кальция в организме.
- 51.Железо и его значение для организма.
- 52.Значение йода для организма.
- 53.Значение меди и фтора для организма.
- 54.Значение хрома, марганца и никеля.
- 55.Значение цинка и молибдена.
- 56.Значение селена и фтора.
- 57.Пищевые кислоты и их влияние на качество продуктов.
- 58.Регуляторы кислотности пищевых систем.
- 59.Биохимические изменения кислотности пищевых систем.
- 60.Химическая природа и особенности ферментов как биологические катализаторы.
- 61.Факторы, влияющие на кинетику ферментативных реакций.
- 62.Наиболее широко применяющиеся ферменты в пищевых технологиях.
- 63.критерии оценки ферментов и ферментных препаратов при использовании в пищевых технологиях.
- 64.Иммобилизованные ферменты и их преимущества.
- 65.Пищевые добавки и их классификация.
- 66.Гигиеническая регламентация применения пищевых добавок.
- 67.Пищевые красители, их классификация и характеристика.
- 68.Натуральные красители и их характеристика.
- 69.Синтетические красители и их характеристика.
- 70.Ароматизаторы и подсластители.
- 71.Биологически активные добавки.
- 72.Пищевые антиокислители.
- 73.Эмульгаторы и гелеобразователи.
- 74.Натуральные, идентичные натуральным и синтетические ароматизаторы.
- 75.Свободная и связанная вода пищевых продуктов.

76. Активность воды и стабильность пищевых продуктов.
77. Методы определения влаги в пищевых продуктах (общей, свободной и связанной).
78. Регуляторы кислотности пищевых систем.
79. Особенности органических кислот, применяющихся в пищевых целях.
80. Методы определения кислот в пищевых продуктах.

16. Вопросы для подготовки к зачету

Тема №1.

1. Современная классификация продуктов питания
2. Определение дисциплины «Пищевая химия»
3. Какие вопросы изучает «Химия пищи»
4. Основные направления «Химия пищи»
5. Классификация пищевых продуктов.

Тема №2.

1. Какова роль белков в питании человека.
2. Азотистый баланс и его виды.
3. Какие рекомендуемые нормы белка в питании?
4. Дефицит белка и пути его решения.
5. Последствия недостаточного и излишнего потребления белка.
6. пищевая и биологическая ценность белков.
7. Физико-химические свойства аминокислот.
8. Заменяемые и незаменимые аминокислоты
9. Природные пептиды и значение.
10. Структура белков.
11. Особенности аминокислотного состава белков злаковых и бобовых культур.
12. Белки молока и мяса.
13. Белки масличных культур.
14. «Новые формы белковой пищи».

15. Изменения белков в технологическом потоке производства пищевых продуктов.

16. Методы качественного и количественного определения белков.

Тема 3.

1. Классификация углеводов.
2. Назовите наиболее распространенные полисахариды.
3. Назовите наиболее распространенные моносахариды.
4. Понятие об олигосахаридах и их представители.
5. Значение углеводов для организма.
6. Карамелизация углеводов.
7. Какое функциональное значение углеводов в ПП.
8. Функции полисахаридов в ПП.

Тема 4.

1. Что такое «липиды» и их состав.
2. Классификация липидов.
3. Какие превращения аспелглицеринов в технологическом потоке?
4. Реакции гидролиза. Гидролизации и переэтерификации масел и жиров.
5. Окисление жиров, его механизм.
6. Какова роль антиоксидантов при окислении жиров?
7. Методы выделения и анализа жиров?
8. Аналитические «числа»

Тема 5.

1. Определение «витамины»
2. Классификация витаминов
3. Водорастворимые витамины
4. Жирорастворимые витамины
5. Характеристика отдельных витаминов
6. Витаминизация пищи
7. Влияние на организм недостатка и избытка витаминов

8. Макроэлементы
9. Микроэлементы
10. Роль кальция в организме
11. Роль железа в организме
12. Значение йода для организма
13. Влияние технологической обработки сырья и ПП на минеральный

состав

Тема 6.

1. Что такое «фермент»
2. Что влияет на скорость ферментативных реакций?
3. Что такое ферментные препараты?
4. Имобилизованные ферменты
5. Области применения ферментов
6. Преимущества ферментативных методов анализа

Тема 7.

1. Что такое «пищевые добавки»
2. Классификация пищевых добавок
3. Основные условия, обеспечивающие безопасности применения

пищевых добавок

4. Пищевые красители
5. Синтетические и натуральные красители
6. Загустители и гелеобразователи
7. Эмульгаторы
8. Ароматизаторы и подсластители
9. Консерванты и антиокислители
10. Биологически активные добавки

17.Задания для выполнения контрольной работы

Задание выполняется по вариантам. Номер варианта определяется по последним двум цифрам шифра, например, если шифр 10026, то номер варианта будет 26, если 10037, то – 37 и так далее.

	0	1	2	3	4
0	1,20,23,34, 42,55,61	2,19,24,35, 43,56,62	3,18,25,36, 44,57,63	4,17,26,37, 45,58,64	5,16,27,38, 46,59,65
1	10,19,24, 36,43,56,62	9,13,25,37, 44,57,63	8,17,26,38, 45,58,64	7,16,27,39, 46,59,65	6,11,28,40, 47,60,66
2	8,18,25,38, 44,57,63	7,17,26,39, 45,58,64	6,19,27,40, 46,59,65	5,11,28,31, 47,60,66	4,15,29,32, 48,51,67
3	6,16,27,37, 43,58,64	5,11,23,38, 44,59,65	4,13,28,39, 45,60,66	3,14,29,40, 46,51,67	2,17,30,31, 47,52,68
4	4,14,26,35, 44,59,63	3,12,27,36, 45,60,64	2,11,29,37, 46,51,65	1,18,30,38, 47,52,66	10,12,21, 39,48,53,67
5	3,12,28,33, 43,60,62	2,13,29,34, 44,51,63	1,12,30,35, 45,52,64	10,15,21,3, 46,53,65	9,16,22,37, 47,54,66
6	2,15,29,32, 46,51,61	1,14,28,33, 47,52,62	10,16,24, 34,48,53,63	9,17,22,35, 49,54,64	8,13,21,36, 50,55,65
7	5,17,30,31, 45,52,70	8,15,21,32, 46,5,69	9,18,23,33, 47,54,68	6,13,23,34, 48,55,67	3,19,24,35, 49,56,66
8	7,13,22,39, 47,51,65	10,19,22, 40,48,52,66	5,20,21,31, 49,53,67	2,12,24,32, 50,54,68	1,17,25,33, 41,55,69
9	9,11,21,40, 41,53,66	4,18,30,31, 42,54,67	7,15,22,32, 43,55,68,	8,20,25,33, 44,56,69	7,14,20,94, 45,57,70

	5	6	7	8	9
0	1,20,23,34, 42,55,61	2,19,24,35, 43,56,62	3,18,25,36, 44,57,63	4,17,26,37, 45,58,64	5,16,27,38, 46,59,65
1	6,15,28,39, 47,60,66	7,14,29,40, 48,54,67	8,13,30,31, 49,53,68	9,12,21,33, 50,52,69	10,11,22, 32,41,51,70
2	5,12,29,31, 48,51,67	4,15,30,32, 49,52,68	3,17,21,33, 50,53,69	2,16,22,34, 41,54,70	1,15,23,35, 42,55,61
3	3,16,30,33, 49,52,68	2,18,21,34, 50,53,69	1,20,22,35, 41,54,70	10,13,23, 36,42,55,61	9,14,24,37, 43,56,62
4	1,19,21,32, 48,53,69	10,14,22, 33,49,54,70	9,12,23,34, 49,54,70	8,18,24,35, 41,56,62	7,20,25,36, 42,57,63
5	9,15,22,40, 49,54,68	8,13,23,31, 50,55,69	7,16,24,32, 41,56,70	6,17,25,33, 42,57,61	5,19,26,34, 43,58,62
6	8,14,23,38, 48,55,67	7,11,24,39, 49,56,68	6,18,25,40, 50,57,69	5,20,26,31, 41,58,70	4,17,27,32, 42,59,61
7	7,18,24,37, 41,56,66	6,12,25,38, 42,57,67	5,11,26,39, 43,58,68	4,19,27,40, 44,59,69	3,20,28,31, 45,60,70
8	4,11,25,36, 50,57,65	1,16,27,37, 41,58,64	10,14,27, 38,42,59,63	7,20,28,39, 43,60,62	2,14,29,40, 44,51,61
9	10,13,26, 34,42,56,70	9,19,28,35, 43,57,61	4,15,28,36, 44,58,62	3,11,29,37, 45,59,63	8,16,30,38, 46,60,64

18.Список литературы:

1. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов /Л.В. Антипова. - М.: Колос, 2001. - 376 с.
2. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов /К.К. Горбатова. - Санкт-Петербург: ГИОРД, 2001. - 320 с.
3. Пищевая химия. /Под ред. проф. А.П. Нечаева. - Санкт-Петербург: ГИОРД, 2001. - 592 с.
4. Химия пищи. Книга 1. Белки: структура, функции, роль в питании/ И.А. Рогов и др. - М.: Колос, 2001. - 384 с.
5. Химический состав пищевых продуктов. Книга 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов /Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. - М.: Агропромиздат, 1987. - 224 с.
6. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов./Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. - М.: Агропромиздат, 1987. - 360 с.
7. Чиркина, Т.Ф. Биохимия сырья животного происхождения. /Т.Ф. Чиркина, В.Ж. Цыренов. - Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 1999. - 175 с.
8. Щербаков, В.Г. Биохимия растительного сырья. /В.Г. Щербаков, В.Г. Лобанов, Т.Н. Прудникова, С.А. Федорова. Под ред. В.Г. Щербакова. - М.: Колос, 1999. - 376 с.
9. Логинов, Г.П., Алимов А.М. Химия пищи. Метод. указания. Центр инер. Технол КГАВМ, Казань-2014. - 93с.
10. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: СанПин 2.3.2.1078-01. М.: ФГУП, «ИнтерСЭН», 2002. - 168 с.
11. Голубев, В.Н. Основы пищевой химии: курс лекций для студентов высших учебных заведений /В.Н. Голубев. - М.: МГЗИПП, 1997. - 222 с.

12. Дудкин, М.С. Новые продукты питания /М.С. Дудкин, Л.Ф. Щелкунов. - М.: МАИК «Наука», 1998. - 304 с.
13. Павлоцкая, Л.Ф. Физиология питания /Л.Ф. Павлоцкая, Н.В. Дуденко, М.М. Эйдельман. - М.: Высшая школа, 1989. - 368 с.
14. Позняковский, В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза пищевых продуктов /В.М. Позняковский. - Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2002. - 554 с.
15. Скурихин, И.М. Все о пище с точки зрения химика /И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. - М.: Высшая школа, 1991. - 288 с.

