

## Лекція 9.

Тема. Роль і вміст води в організмі людини.

Мета. Ознайомити студентів із структурою та біологічним значенням води, вмістом та роллю води в організмі людини; вільною та зв'язаною водою в харчових продуктах; визначенням загального вмісту вологи в харчових продуктах.

Вступ. Вода є життєво необхідною речовиною як стабілізатор температури тіла, переносник поживних речовин та продуктів травлення, реагент та реакційне середовище в більшості хімічних перетворень, стабілізатор конформації біополімерів і, нарешті, як речовина, що полегшує динамічну поведінку макромолекул. Вода важлива складова харчових продуктів. Вона міститься в різних рослинних та тваринних продуктах як клітинний та позаклітинний компонент, як дисперсійне середовище та розчинник, зумовлюючи їх консистенцію та структуру і впливаючи на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Завдяки фізичній взаємодії з білками, полісахаридами, ліпідами та солями, вода вносить значний вклад в текстуру їжі.

План.

1. Структура води.
2. Біологічне значення води.
3. Вміст води в організмі людини.
4. Роль води в організмі людини.
5. Вільна та зв'язана вода в харчових продуктах.
6. Визначення загального вмісту вологи в харчових продуктах.
7. Визначення твердості води.

Зміст лекції.

Ще в 60-ті роки Нобелівський лауреат Альберт Сцент-Д'єрді сказав: «Біологія забула роль води або взагалі не думала про неї».

Вода є життєво необхідною речовиною як стабілізатор температури тіла, переносник поживних речовин та продуктів травлення, реагент та реакційне середовище в більшості хімічних перетворень, стабілізатор конформації біополімерів і, нарешті, як речовина, що полегшує динамічну поведінку макромолекул.

Вважали, що води в організмі більш, ніж достатньо, а та, що втрачається з потом, сечею і повітрям, що видихається, легко компенсується будь-якими напоями, що містять воду, тому роль води просто недооцінювали. Тільки в самі останні роки стало приходити розуміння ролі води для людини, того, що не існує води, як такої, що вона представлена безліччю різних форм і ця її різноманітність дозволяє їй не тільки підтримувати життя, але, по суті, бути джерелом життя.

Вода важлива складова харчових продуктів. Вона міститься в різних рослинних та тваринних продуктах як клітинний та позаклітинний компонент, як дисперсійне середовище та розчинник, зумовлюючи їх консистенцію та структуру і впливаючи на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Завдяки фізичній взаємодії з білками, полісахаридами, ліпідами та солями, вода вносить значний вклад в текстуру їжі.

Вміст вологи (%) в харчових продуктах коливається в широких межах:

М'ясо	65-75	Борошно	12-14
Борошно	87	Кавові зерна	5
Молоко	70-95	Сухе молоко	4
Фрукти, овочі	35	Пиво, соки	87-90
Мед	20	Сир	37
Масло, маргарин	1648	Джем	28

Багато видів харчових продуктів містять велику кількість вологи, що негативно впливає на їх стабільність в процесі зберігання. Оскільки вода безпосередньо бере участь в протеолітичних процесах, її видалення або зв'язування за рахунок збільшення вмісту солі чи цукру гальмує багато реакцій та інгібує розвиток мікроорганізмів таким чином збільшуючи термін зберігання продуктів. Важливо також відмітити, що видалення води висушуванням або замороженням суттєво впливає на хімічний склад і природні властивості продукту. Все це визначає інтерес дослідників до вивчення властивостей та особливостей поведінки води та льоду в харчових продуктах.

Останніми роками почалися дослідження ролі води і її структурних особливостей, що міститься як в живих клітинах, так і в позаклітинному середовищі. Виявилось, що вода в живому організмі високо організована, тобто значна частина води зв'язана з біологічними молекулами, утворюючи багатошарові структури.

Отже, вода відіграє важливу роль в динамічній структурній організації живої речовини – клітин і оточуючих їх сполучнотканинних елементів. Крім цього, вона ще і безпосередньо бере участь в обміні речовин, який, власне, і лежить в основі всіх процесів життєдіяльності. Обмін речовин – це безперервна заміна одних молекул на інші, тобто розпад одних і синтез тих же або інших молекул, потрібних організмові в даний момент. Здійснення обміну речовин вимагає безперервного притоку енергії, а в її продукуванні в організмі вода, як ми побачимо далі, також відіграє ключову роль.

### 1. Структура води

Вода – унікальна речовина, якій характерні ціла низка специфічних властивостей. Так, у неї досить висока температура кипіння – +100 °С. Вона має аномально високу теплоємність. Це має важливе значення у природі – в нічний час а також при переході від літа до зими вода остигає повільно, відіграючи при цьому роль регулятора температури на Землі.

Вода має незвичайну властивість розширюватися при замерзанні, в результаті чого густина льоду менша, ніж води, що не характерне для інших речовин. Серед інших аномалій слід відмітити високе значення поверхневого натягу та діелектричної сталої, а також значну теплопровідність води. У льоду значення теплопровідності є ще вищим. Це пояснює той факт, що живі тканини замерзають швидше, ніж розмерзаються.

Аномальні властивості води пояснюються її структурою.

У окремо взятої молекули води є властивість, яка виявляється тільки у присутності інших молекул: здатність утворювати водневі містки між атомами Оксигену двох сусідніх молекул, так, що атом Гідрогену розташовується на відрізку, що сполучає атоми Оксигену. Властивість утворювати такі містки обумовлена наявністю особливої міжмолекулярної взаємодії, в якій істотну роль відіграє атом Гідрогену. Ця взаємодія називається **водневим зв'язком**. Водневі зв'язки зумовлюють здатність молекул води утворювати тетраедричні комплекси (рис. 9.1), в результаті чого вона є певною мірою структурованою.

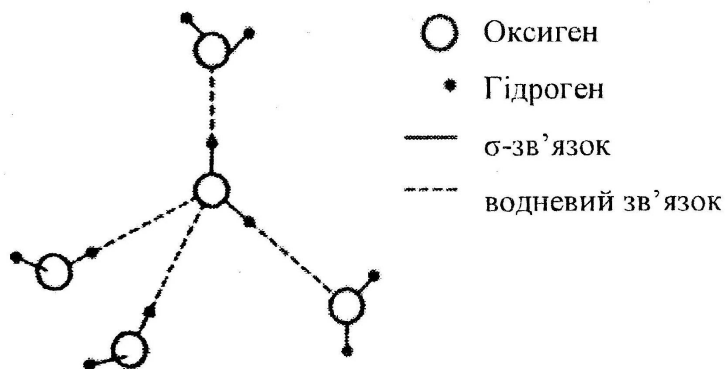


Рис. 9.1. Структура води

Водневий зв'язок визначає унікальні властивості води: у води відносно високі температури кипіння, плавлення і пароутворення, оскільки потрібно затрачувати додаткову енергію на розрив водневих зв'язків. Тільки вода знаходиться у всіх трьох агрегатних станах. Інші речовини з подібною

будовою і молекулярною масою, такі як  $H_2S$ ,  $HCl$ ,  $NH_3$  за звичайних умов є газами.

При додаванні різних речовин до води змінюються як властивості самих речовин, так і властивості води. Гідрофільні речовини взаємодіють з водою, змінюючи її структуру, рухливість, а також реакційну здатність самих гідрофільних речовин. Гідрофобні групи речовин взаємодіють з водою слабо. Щоб зменшити контакт з водою, гідрофобні групи агрегуються. Цей процес відомий, як *гідрофобна взаємодія*.

## 2. Біологічне значення води

Вода – чудовий розчинник для полярних речовин. До них відносяться йонні сполуки, такі як солі, і також деякі нейонні сполуки, наприклад цукор і прості спирти, в молекулі яких присутні полярні групи ( $-OH$ ).

Неполярні (гідрофобні) речовини, наприклад ліпіди, не змішуються з водою. Подібна гідрофобна взаємодія між жиром і водою відіграє важливу роль в забезпеченні стабільності мембран, а також багатьох білкових молекул, нуклеїнових кислот і інших субклітинних структур.

Властивості води як розчинника означають також, що вода служить середовищем для транспорту різних речовин. Цю роль вона виконує в крові, в лімфатичній і екскреторних системах, в травному тракті. Велика теплоємність води зводить до мінімуму температурні зміни, що відбуваються в ній. Завдяки цьому біохімічні процеси протікають в меншому інтервалі температур, з постійною швидкістю. Вода служить для багатьох клітин і організмів середовищем, для якого характерна сталість умов.

Біологічне значення води визначається і тим, що вона є одним з необхідних метаболітів, тобто бере участь в метаболічних реакціях. Вода використовується, наприклад, як джерело водню в процесі фотосинтезу, а також бере участь в реакціях гідролізу.

## 3. Вміст води в організмі людини

Кожна клітина організму людини містить цілющий водний розчин різних живильних речовин.

Системи організму	Об'ємна частка води, %
Кров	92
Нирки	до 82
Мозок	до 85
Печінка	до 69
М'язи	75
Жирові тканини	2,5
Кістки	до 28

В цілому організм людини складається на 50-86% з води (86% у немовляти і 50% – у літньої людини).

Значення води в житті людини визначається тими функціями і тією величезною часткою, яку вона займає в загальній масі тіла людини і його органів.

Достатнє надходження води в організм є однією з основних умов здорового способу життя. Вода бере активну участь в хімічних реакціях, що проходять в нашому тілі, доставляє живильні речовини в кожен клітку, виводить токсини, шлаки і надлишки солей, сприяє пониженню кров'яного тиску. Споживання достатньої кількості води – це один з кращих способів запобігти утворенню каміння в нирках. Вода як би «змащує» суглоби, виконуючи тим самим роль амортизації для спинного мозку, а також регулює температуру тіла і забезпечує еластичність шкіри. Вода необхідна для нормального травлення. Беручи участь в обміні речовин, ця унікальна рідина дозволяє зменшити жирові накопичення і понизити вагу.

Певний і постійний вміст води – одна з необхідних умов існування живого організму. Необхідно завжди підтримувати оптимальну кількість води в організмі!

Людський організм надзвичайно важко переносить зневоднення. Втрата 1-1,5 л води вже викликає необхідність відновлення водного балансу, сигналом чого є відчуття спраги, залежне від збудження питного центру.

Коли людина втрачає 6-8% своєї ваги за рахунок дефіциту води в його організмі, наступають розлади низки функцій: порушується обмін речовин, збільшується кількість молочної кислоти у крові, сповільнюються окисні процеси, збільшується в'язкість крові. Підвищується температура тіла, прискорюється пульс, червоніє шкіра, частішає дихання. Порушується секреція травних залоз. Апетит зникає повністю. Шкіра стає в'ялою в результаті зменшення кількості вологи в підшкірному шарі. З'являються м'язова слабкість, запаморочення, головний біль і млявість.

Оскільки мозок людини на 75% складається з води, відносно його зневоднення викликає у клітинах мозку сильний стрес. Зневоднення негативно впливає на найважливіші функції організму, послаблюючи його і роблячи уразливим для хвороб.

Хворобливі явища можуть наступити і коли людина споживає зайву кількість води. В цьому випадку наступають симптоми інтоксикації. З'являється слинотеча, нудота, блювота, температура тіла падає. Посилюється діурез (більше виділяється рідині, ніж поступає). Порушується координація рухів, з'являються судоми, м'язова слабкість і головний біль.

Всі ці явища наступають значно швидше, якщо вода мало мінералізована. От чому не рекомендується вживати дощову воду, воду талу, кип'ячену і т.і.

На думку фахівців дефіцит води в організмі – хронічне зневоднення – є найважливішою причиною багатьох захворювань: астми, алергії, підвищеного артеріального тиску, надмірної ваги, деяких емоційних проблем, у тому числі депресії.

Потреба у воді залежить від характеру харчування, трудової діяльності, стану здоров'я, віку, клімату і інших чинників. Потреба у воді дорослої людини, що проживає в середній смузі, – 2,5-3 л на добу. В США нормою вважається 1 л води на 1000 ккал раціону живлення. Вчені підраховали, що частину води (1,5-2 л) ми споживаємо з їжею і напоями, близько 3% (0,3 л)

води утворюється в результаті біохімічних процесів в самому організмі. Таким чином, потреба організму в питній воді становить приблизно 1,2-1,5 л на добу. Проте останнім часом деякі фахівці схиляються до думки, що нормальній здоровій людині випивати потрібно все-таки 2 л в день – щоб у жодному випадку не припуститися Навіть невеликого обезводнення.

Потреба у воді, збільшується в середньому на 10% при підвищенні температури тіла на кожний градус вище 37°C, при фізичній роботі середньої тяжкості потреба підвищується до 4-5 л, при важкій роботі на свіжому повітрі – до 6 л, а при роботі в гарячих цехах може збільшуватися до 15 л.

З урахуванням сучасних тенденцій в харчуванні особливе значення мають напої, які містять основні поживні речовини: розчинні форми білків та вуглеводів. Слід відмітити, що білоковмісні напої базуються лише на молоці та продуктах його переробки, сировинні джерела яких є обмеженими. Напої з натуральної вуглеводвмісної сировини на основі екстрактів поки що не отримали широкого розповсюдження. В технологічному плані поширеним є виробництво комбінованих напоїв на основі мінеральних вод, соків та екстрактів.

Безалкогольні напої – одні з найпоширеніших харчових продуктів. До них відносяться напої, виготовлені з питної та мінеральної столової води, плодово-ягідних або овочевих соків, продуктів бджільництва, настоянок та екстрактів рослинної сировини, цукру та цукрозамінників з додаванням ароматизаторів, барвників та інших компонентів. Безалкогольні напої в залежності від способу виробництва, сировинного складу та призначення поділяються на газовані та негазовані, низькокалорійні та висококалорійні, гарячі та холодні, штучно мінералізовані води, а також напої спеціального приготування.

При цьому до низькокалорійних безалкогольним напоям відносять напої, які містять не більше 5% вуглеводів.

Особливе значення мають напої, виготовлені на натуральній рослинній сировині, які мають фармацевтичні та профілактичні властивості. Це, перш за все, шипучі напої зі спеціально підібраним складом вітамінів з протимікробною та протизапальною дією, які підвищують стійкість організму до несприятливих факторів навколишнього середовища. До напоїв, які сприяють доброму самопочуттю та сприятливо впливають на **організм та психіку** людини, відносять йодовані напої (йодоване молоко), біойогурти, безалкогольні напої на основі молочної сироватки.

**Таким** чином, напої на основі води сьогодні можуть виконувати роль функціональних продуктів у харчуванні, коригуючи рівень води та мікронутрієнтів в організмі.

#### 4. Роль води в організмі людини

Вода відіграє велику роль в розвитку, зростанні і фізіологічних функціях живого організму. Всі життєво важливі процеси в організмі протікають у водних розчинах органічних і неорганічних речовин.

Рідини організму (кров, лімфа, тканинна рідина), що омивають в складному тваринному організмі клітинні елементи, беруть безпосередню

участь в процесах обміну речовин. Універсальним внутрішнім середовищем для всіх органів і тканин організму є кров. Кров і лімфа нашого організму переважно складаються з води.

Лімфа (від лат. – чиста вода, волога) – рідина, що міститься в лімфатичних судинах хребетних тварин і людини.

Завдяки властивостям води як розчинника кров і лімфа служать ідеальним середовищем для протікання в організмі найскладніших хімічних процесів. Здатність організму підтримувати постійну температуру тіла в значній мірі обумовлена трьома фізичними властивостями води:

- 1) вода має високу здатністю утримувати тепло. Навіть холонокровні тварини здатні підтримувати відносну постійність температури тіла при короткочасних коливаннях температури навколишнього середовища завдяки фізичним властивостям рідини, що міститься в їх організмі;
- 2) вода має високий ступінь теплопровідності. Завдяки цьому тепло легко відводиться з глибоко розташованих частин тіла;
- 3) вода постійно випаровується з поверхні легенів і шкіри. Під час випаровування втрачається значна кількість тепла, що має значення для процесів фізичної теплорегуляції.

Завдяки воді в організмі присутні у вигляді розчинів життєво важливі мінеральні речовини, У присутності води відбувається внутріклітинний синтез, всмоктування в кров різних речовин тощо.

З вживаної нами їжі можуть пройти через стінки кишкового каналу тільки розчинні речовини. Нерозчинні компоненти їжі для людського організму непотрібні, оскільки вони не можуть проникнути через стінки кишківника в кров.

Без води було б неможливе живлення нашого тіла. Вона є необхідним провідником нових елементів, які доставляються організму. Вода ж відносить з собою речовини, які не були засвоєні або виділяються різними органами. Немає в організмі жодного процесу, пов'язаного з обміном речовин, який проходив би без участі води. Чим енергійніше ці процеси протікають, тим більше має потребу людина у воді. В молодому організмі, що росте, вміст води більший, ніж у дорослої людини, що сформувалася. Так, у новонародженого кількість води досягає 75% ваги тіла.

В процесі життєдіяльності організм виділяє воду через легені, шкіру і нирки. Водний обмін має виключно велике значення для людини, оскільки разом з водою з організму віддаляються шкідливі речовини або продукти обміну. Затримка цих речовин або невчасне їх видалення приводять до важких форм отруєння, а іноді навіть і до загибелі організму. Дослідами встановлено, що тварини, коли всю їх шкіру покривали лаком, гинули через закупорку пітних залоз. їх організм перенасичувався токсичними речовинами, які повинні були виділятися пітними залозами.

Складова частина водного обміну – водний баланс. Він визначає співвідношення між кількостями води, що поступила і виділилася в організмі. Постійний процентний вміст води в тканинах тіла є дуже

важливою умовою його існування і нормальної життєдіяльності. Порушення цієї рівноваги може викликати значні зміни у функціональному стані організму.

Водне голодування швидше призводить до смерті, ніж повне харчове. Тому збереження водного балансу на відповідному рівні є важливою стороною загального обміну організму.

Для збереження нормального водного балансу необхідно, щоб кількість води, що поступає в організм за певний відрізок часу (наприклад, за добу), повністю відповідала кількості води, що виділилася. Кожне споживання води викликає в нервовій системі людини складні процеси, які визначають угамування спраги, або потребу організму у воді. Встановлено, що у людини є так званий питний центр, що складається з тих відділів нервової системи, які регулюють поповнення водних ресурсів організму.

#### 5. Вільна та зв'язана вода в харчових продуктах

Вода – важлива складова харчових продуктів. Вона присутня у всіх рослинних та тваринних продуктах як клітинний та міжклітинний компонент, як дисперсійне середовище та розчинник, зумовлюючи їх консистенцію та структуру, впливаючи на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Взаємодіючи з білками, полісахаридами, ліпідами та солями, вода суттєво впливає на текстуру їжі.

Загальна вологість продукту вказує на кількість вологи в ньому, але не характеризує її роль в хімічних, біохімічних та мікробіологічних змінах в продукті. В забезпеченні його стійкості при зберіганні важливу роль відіграє співвідношення вільної та зв'язаної вологи.

**Вільна волога** – це волога, не зв'язана полімерами та доступна для перебігу біохімічних, хімічних та мікробіологічних реакцій.

**Зв'язана вода** – це асоційована вода, міцно зв'язана з різними компонентами харчових продуктів – білками, ліпідами та вуглеводами за рахунок хімічних та фізичних зв'язків.

Зв'язана вода за своїми властивостями значно відрізняється від вільної: вона не замерзає при низьких температурах (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ); не розчиняє електроліти; має вдвічі вищу густину; не видаляється з продукту при висушуванні тощо. Зв'язана вода, на відміну від вільної, недоступна для мікроорганізмів, тому для пригнічення розвитку мікроорганізмів в харчових продуктах вільну воду повністю видаляють або переводять у зв'язану, додаючи водозв'язуючі компоненти.

Для характеристики стану вологи в продукті широко використовується показник **активності води** ( $a_w$ ). Активність води впливає на життєдіяльність мікроорганізмів, на біохімічні, фізико-хімічні реакції та процеси, які відбуваються в продукті. Від величини активності води залежать термін зберігання м'яса та м'ясопродуктів, стабільність м'ясних консервів, формування кольору та аромату, а також втрати в процесі термообробки та зберігання.



Активність води визначається як відношення парціального тиску водяної пари над поверхнею продукту до тиску насиченої водяної пари за тієї ж температури:

$$a_w = \frac{p}{p_0} = \frac{PBB}{100},$$

де  $p$  – парціальний тиск водяної пари;

$p_0$  – тиск насиченої водяної пари;

$PBB$  – рівноважна відносна вологість.

Рівноважна відносна вологість – характеристика навколишнього середовища, яке знаходиться у рівновазі з харчовим продуктом.

За величиною активності води виділяють: продукти з високою вологістю ( $a_w = 0,9-1,0$ ); продукти з проміжною вологістю ( $a_w = 0,6-0,9$ ); продукти з низькою вологістю ( $a_w = 0-0,6$ ).

Активність води є якісною характеристикою зв'язування води у продукті.

Для кожного виду мікроорганізмів існує максимальне, мінімальне та оптимальне значення активності води. При досягненні певної максимальної або мінімальної величини активності води припиняється життєдіяльність цих мікроорганізмів.

Активність води можна змінювати, підбираючи сировину та рецептуру з урахуванням кількості кухонної солі та жиру. Ефективним засобом для запобігання мікробіологічного псування та низки хімічних реакцій, які погіршують якість харчових продуктів при зберіганні, є зменшення активності води в продуктах. Для цього використовують такі технологічні операції, як сушка, в'ялення, додавання різних речовин (сіль, цукор тощо), заморожування.

#### 6. Визначення загального вмісту вологи в харчових продуктах

Для визначення вмісту вологи в харчових продуктах на практиці використовують такі основні методи:

**Висушування до постійної маси.** При цьому вміст вологи розраховують за різницею маси зразка продукту до та після висушування у сушильній шафі за температури 100-105°C. Це стандартний метод визначення вологи при контролі якості харчових продуктів. Оскільки в основі методу покладене висушування зразка до постійної маси, цей метод вимагає тривалого часу для проведення аналізу.

**Титрування за методом Карла Фішера.** Цей метод заснований на використанні окисно-відновної реакції за участю йоду та сульфур діоксиду, яка відбувається у присутності води. Використання спеціально підібраних органічних реагентів дозволяє досягнути повного видалення води з харчового продукту, а використання як органічної основи імідазолу сприяє практично повному перебігу реакції. Вміст вологи у продукті розраховується за кількістю йоду, який затрачається на титрування. Цей метод відрізняється високою точністю та стабільністю результатів (в тому числі при дуже низькому вмісті вологи) та швидкістю проведення аналізу.

## 7. Визначення твердості води

### **Визначення загальної твердості води**

**Загальну твердість води** визначають за допомогою комплексометричного титрування.

*Реактиви і матеріали:* ЕДТА – титрований розчин (0,05 н); амонійна буферна суміш; еріохром чорний Т; конічні колби на 250 мл – 2 шт.; піпетка на 100 мл; бюретка на 25 мл; мірний циліндр.

Піпеткою відбирають в конічні колби для титрування по 100 мл досліджуваного зразку води, додають 5 мл амонійної буферної суміші і кілька крапель індикатора еріохром чорного Т до появи винно-червоного забарвлення. Вміст колби титрують із бюретки розчином ЕДТА до зміни забарвлення на синє. Загальну твердість води виражають числом мілімоль-еквівалентів солей Кальцію і Магнію, що містяться в 1 літрі води:

$$H_{\text{заг.}} = \frac{N_{\text{ЕДТА}} \times V_{\text{ЕДТА}} \times 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}}$$

### **Визначення тимчасової і постійної твердості води**

**Тимчасову (карбонатну) твердість води** визначають за методом нейтралізації титруванням розчином хлоридної кислоти.

*Реактиви і матеріали:* титрований розчин HCl (0,1 н); розчин метилового оранжевого; конічні колби на 250 мл – 2 шт.; піпетка на 100 мл; бюретка на 25 мл; мірний циліндр.

Аліквоту (100 мл) досліджуваної води титрують робочим розчином хлоридної кислоти HCl в присутності індикатора метилового оранжевого до переходу жовтого забарвлення індикатора в червоне.

Величину тимчасової твердості розраховують за формулою:

$$H_{\text{тимч.}} = \frac{N_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} \times 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Постійну твердість розраховують за різницею між величиною загальної і тимчасової:

$$H_{\text{пост.}} = H_{\text{заг.}} - H_{\text{тимч.}}$$

За стандартом України загальна твердість питної води не повинна перевищувати 7 ммоль екв./л. Зробіть висновок про відповідність нормативному Документу аналізованої вами води.

Запитання для самоконтролю

1. Яка роль води в харчуванні людини?
2. Основні властивості води.
3. Що ви розумієте під поняттям «зв'язана вода»? Яке її значення в харчових продуктах?
4. Як впливає вологість харчових продуктів на їх якість? Як змінюється вміст води при різних способах переробки харчової сировини?
5. Яким способом визначається вологість харчових продуктів?