

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технології виробництва і переробки продукції  
тваринництва, стандартизації та біотехнології

Кафедра переробки продукції тваринництва та харчових технологій

## **МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОЇ ТВОРЧОСТІ**

**конспект лекцій**

**для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПШ  
«Харчові технології» спеціальності 181 – «Харчові технології»  
денної форми здобуття вищої освіти**

Миколаїв

2025

УДК 001.891:664

М54

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології Миколаївського національного аграрного університету від 23.11.2024 р., протокол № 3.

#### Укладачі:

Н. П. Шевчук – докторка філософії, доцентка кафедри переробки продукції тваринництва та харчових технологій, Миколаївського національного аграрного університету;

О. І. Петрова – кандидатка с.-г. наук, доцентка кафедри переробки продукції тваринництва та харчових технологій, Миколаївського національного аграрного університету;

А. В. Зюзько – кандидатка техн. наук, доцентка кафедри переробки продукції тваринництва та харчових технологій, Миколаївського національного аграрного університету.

#### Рецензенти:

Л. В. Агунова – кандидат технічних наук, завідувачка кафедри технології м'яса, риби та морепродуктів Одеського національного технологічного університету;

Г. І. Калиниченко – кандидат с.-г. наук, доцент кафедри технології виробництва продукції тваринництва Миколаївського національного аграрного університету.

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
Тема 1. Наука та наукове знання	6
Тема 2. Основні етапи проведення наукового дослідження	11
Тема 3. Реєстрація прав інтелектуальної власності	25
Тема 4. Органолептична оцінка – як метод дослідження	34
Тема 5. Інструментальні методи дослідження	41
Тема 6. Стандартизовані методи оцінки харчової продукції	64
Тема 7. Характеристика реологічних методів дослідження	70
Тема 8. Інструментальні методи дослідження структурно-механічних властивостей	109
Перелік рекомендованих літературних джерел	129

## ВСТУП

### *Мета вивчення навчальної дисципліни*

Метою вивчення курсу «Методологія наукової творчості» є формування у здобувачів вищої освіти компетентностей, які забезпечать вміння розв'язувати складні задачі та проблеми харчових технологій шляхом проведення досліджень та/або впровадження інновацій за умов і вимог, яким характерна невизначеність.

*Завданням дисципліни є:* розвинути у здобувачів здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері харчових технологій, здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, здатність проводити дослідження на відповідному рівні, здатність генерувати нові ідеї (креативність).

### *Інтегральна компетентність:*

Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері харчових технологій.

### *Загальні компетентності (ЗК):*

ЗК 1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 2. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

ЗК 3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

### *Спеціальні (фахові, предметні) компетентності ) (СК)*

СК 1. Здатність обирати та застосовувати спеціалізоване лабораторне і технологічне обладнання та прилади, науково-обґрунтовані методи та програмне забезпечення для проведення наукових досліджень у сфері харчових технологій

СК 2. Здатність планувати і виконувати наукові дослідження з

урахуванням світових тенденцій науково-технічного розвитку галузі

СК 4. Здатність презентувати та обговорювати результати наукових досліджень і проектів.

*Програмні результати навчання:*

РН 1. Відшукувати систематизувати та аналізувати науково-технічну інформацію з різних джерел для вирішення професійних та наукових завдань у сфері харчових технологій.

РН 2. Приймати ефективні рішення, оцінювати і порівнювати альтернативи у сфері харчових технологій, у тому числі у невизначених ситуаціях та за наявності ризиків, а також в міждисциплінарних контекстах.

РН 4. Застосовувати статистичні методи обробки експериментальних даних в галузі харчових технологій, використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для обробки експериментальних даних.

РН 7. Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері харчових технологій, зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію до фахівців і нефахівців.

РН 10. Планувати і виконувати наукові дослідження у сфері харчових технологій, аналізувати їх результати, аргументувати висновки.

## Тема 1

### Наука та наукове знання

1. Наука: визначення, завдання, функції
2. Поняття про наукове знання

#### 1. Наука: визначення, завдання, функції

Поняття «наука» має декілька визначень:

- наука – це сфера людської діяльності, спрямована на вироблення і систематизацію нових знань про природу, суспільство, мислення й пізнання навколишнього світу;

- наука – це одна з форм суспільної свідомості, соціальний інститут. Являє собою систему взаємозв'язків між науковими організаціями та членами наукового співтовариства, а також містить системи наукової інформації, норм і цінностей науки і т. д.

Ціль науки – отримання знань про об'єктивний і суб'єктивний світ, осягнення об'єктивної істини.

Завданнями науки є:

- збір, опис, аналіз, узагальнення та пояснення фактів;
- виявлення законів руху природи, суспільства, мислення й пізнання;
- систематизація отриманих знань;
- пояснення сутності явищ і процесів;
- прогнозування подій, явищ і процесів;
- вибір напрямів і форм практичного використання отриманих знань.

Залежно від сфери, предмета й методу пізнання розрізняють науки:

- про природу – природні;
- про суспільство – гуманітарні та соціальні;
- про мислення й пізнання.

Матеріальні об'єкти природи визначають існування багатьох знань, які об'єднані у три великі групи наук та розрізняють за

предметами та методами досліджень:

- *природничі* – науки, предметом яких є різні види матерії та форми їхнього руху, їх взаємозв'язки та закономірності (фізика, хімія, біологія та ін.);

- *суспільні* – науки, предметом яких є дослідження соціально-економічних, політичних та ідеологічних закономірностей розвитку суспільних відносин (економічні, філологічні, філософські, логічні, педагогічні науки та ін.);

- *технічні* – науки, предметом яких є дослідження конкретних технічних характеристик і їх взаємозв'язків (технологія продовольчих продуктів, технологія бродильних виробництв, машинобудування та ін.).

Зі збільшенням і поглибленням знань, складна структура науки, як визначеної системи знань, розподіляється на галузі. Вищою атестаційною комісією (ВАК) України затверджено певну класифікацію галузей наук. Відповідно до цієї класифікації розрізняють 25 галузей наук:

01 Фізико-математичні науки	14 Медичні науки
02 Хімічні науки	15 Фармацевтичні науки
03 Біологічні науки	16 Ветеринарні науки
04 Геологічні науки	17 Мистецтвознавство
05 Технічні науки	18 Архітектура
06 Сільськогосподарські науки	19 Психологічні науки
07 Історичні науки	20 Військові науки
08 Економічні науки	21 Національна безпека
09 Філософські науки	22 Соціологічні науки
10 Філологічні науки	23 Політичні науки
11 Географічні науки	24 Фізичне виховання та спорт
12 Юридичні науки	25 Державне управління
13 Педагогічні науки	

Перераховані галузі наук розподіляються на групи та спеціальності, яких понад 54. Технічні науки складаються зі 163 спеціальностей, які об'єднані у 22 групи.

Наукова або науково-дослідна діяльність спрямована на отримання нових знань. Наукове дослідження є формою існування і розвитку науки. Воно охоплює всебічне вивчення об'єкта, процесу чи явища, їхньої структури і зв'язків, взаємодію елементів, різні властивості, закономірності розвитку, а також отримання і впровадження в практику корисних для людини результатів. У нормативних правових актах про науку наукові дослідження ділять за цільовим призначенням на фундаментальні, прикладні, пошукові та розробки.

*Фундаментальні наукові дослідження* – це експериментальна або теоретична діяльність, спрямована на отримання нових знань про основні закономірності будови, функціонування й розвитку людини, суспільства, навколишнього природного середовища.

*Прикладні наукові дослідження* – це дослідження, спрямовані на вирішення проблем використання у практичній діяльності людей наукових знань, отриманих у результаті фундаментальних досліджень.

*Пошуковими* називають наукові дослідження, спрямовані на визначення перспективності роботи над темою, відшукування шляхів вирішення наукових завдань.

*Розробка* – це дослідження, спрямоване на впровадження у практику результатів конкретних фундаментальних і прикладних досліджень.

Науки за методом пізнання поділяються на:

- емпіричні науки, що більш поглиблено вивчають знання, отримані в результаті матеріальної практики або завдяки безпосередньому контакту з дійсністю. Головними методами емпіричних наук є спостереження, вимірювання та експерименти. Наука, що перебуває на емпіричному рівні, займається збором фактів, їхнім початковим узагальненням і класифікацією. Емпіричні пізнання надають науці факти, при цьому фіксуються стійкі зв'язки і закономірності довкілля;
- теоретичне знання, яке є результатом узагальнення емпіричних даних. На теоретичному рівні формулюються закони науки, що дають можливість пояснення й передбачення емпіричних



ситуацій, тобто пізнання сутності явищ. Теоретичне знання завжди спирається на емпіричну дійсність.

Наука виконує три важливі функції: пізнавальну (прогностичну), виробничо-практичну (соціально-управлінську), культурно-світоглядну.

Найважливіша функція науки – бути продуктивною силою суспільства. Значення науки різко зросло в епоху Відродження, коли предметно-практична діяльність досягла рівня, на якому багато завдань не піддавалося рішенню без застосування наукових методів. У ХХ столітті наука перетворюється на передову рушійну продуктивну силу. Виникають нові галузі виробництва, нерозривно пов'язані з новітніми відкриттями в області радіоелектроніки, біотехнологій, інформаційних технологій і т. д. Наука стає сферою духовного виробництва, що виробляє і пропонує практиці надійно обґрунтовані програми і плани діяльності, виражені у формі теоретичних досліджень чи інженерно-конструктивних схем. В епоху Відродження та раннього Просвітництва почала даватися ознаки світоглядна функція науки. У боротьбі з релігією науці довелося відстоювати право на участь у становленні світогляду. До світоглядної функції близька й освітня функція науки, позаяк головним завданням освіти є прилучення людини до цінностей культури, що охоплює крім науки також мораль, релігію, філософію, мистецтво і т. д.

## **2. Поняття про наукове знання**

Знання – це перевірений практикою результат пізнання дійсності, правильне її відображення у свідомості людини. Головною функцією знання є узагальнення розрізнених уявлень про закони природи, суспільства й мислення.

Пізнанням називають рух людської думки від незнання до знання. В основі пізнання лежить відображення об'єктивної дійсності у свідомості людини у процесі її практичної (виробничої, громадської та наукової) діяльності. Отже, пізнавальна діяльність людини обумовлена практикою і спрямована на практичне оволодіння

дійсністю. Процес цей нескінченний, оскільки діалектика пізнання виражається в протиріччі між безмежною складністю об'єктивної дійсності та обмеженістю наших знань.

Основна мета пізнання – це досягнення істинних знань, що можуть реалізуватися у вигляді законів і навчань, теоретичних положень і висновків, підтверджених практикою та існуючих об'єктивно, незалежно від нас.

Найбільш розвиненою формою узагальненого наукового пізнання є теорія. Оволодівши теорією, можна відкривати нові закони, прогнозувати й передбачати майбутнє. Процес пізнання відбувається за певними правилами, що складають основу вчення – методології.

Методологія науки – це вчення про принципи побудови, способи й форми наукового пізнання, тобто це вчення про структуру, логічну організацію, засоби й методи наукової діяльності.

#### Питання для самоперевірки:

1. Дайте визначення поняття «Наука».
2. Завдання науки.
3. Дайте визначення фундаментальним, прикладним науковим дослідженням, пошукові дослідження та розробка.
4. Функції науки.
5. Дайте визначення поняття «знання», «методологія науки».

## Тема 2

### Основні етапи проведення наукового дослідження

1. Вибір теми дослідження
2. Пошук, накопичення та обробка наукової інформації
3. Види робочих записів
4. Формулювання мети наукового дослідження
5. Методи емпіричних досліджень
6. Складання робочого плану дослідження
7. Експеримент
8. Оформлення робочого журналу, аналіз результатів досліджень та оформлення наукової роботи

Науково-дослідна робота – це чітко організований комплекс дій, спрямованих на отримання нових знань, що розкривають суть процесу і явищ у природі та суспільстві з метою використання їх у практичній діяльності.

#### 1. Вибір теми дослідження

Наукові дослідження будь-якого класу, виду організуються в певній послідовності. Щодо прикладних науково-дослідних робіт виділяють такі етапи. У науково-дослідній роботі розрізняють науковий напрям, проблеми і теми.

*Науковий напрям* – це сфера досліджень наукового колективу, присвячених вирішенню великих фундаментальних теоретично-експериментальних завдань у певній галузі науки. Структурними одиницями напряму є комплексні проблеми, теми і питання.

*Проблема* – це складна наукова задача. Вона охоплює значну область дослідження і повинна мати перспективне значення. Проблема може бути галузевою, міжгалузевою, глобальною (проблема забезпечення населення продовольством є не тільки міжгалузевою, а й глобальною, бо зачіпає інтереси світової спільноти). Проблема складається з низки тем.

*Тема* – це наукове завдання, що охоплює певну сферу наукового дослідження. Вона базується на численних дослідницьких питаннях, під якими розуміють більш дрібні наукові завдання. При розробці теми чи питання висувається конкретне завдання в дослідженні: розробити конструкцію, новий матеріал, технологію і т. д. Рішення проблеми ставить більш загальну задачу, наприклад вирішити комплекс наукових завдань, зробити відкриття.

Вибір постановки проблеми чи теми є досить складним і відповідальним завданням і містить низку етапів:

- формулювання проблеми;
- розробка структури проблеми (виділяють теми, підтеми й питання);
- встановлення актуальності проблеми, тобто її цінність для науки і техніки.

Тема має відповідати низці вимог: актуальності, новизні, економічній ефективності і значимості. Критерієм для встановлення актуальності найчастіше слугує економічна ефективність. На стадії вибору теми економічний ефект може бути визначений тільки орієнтовно.

Для теоретичних досліджень вимога економічності може поступатися вимогам значущості. Важливою характеристикою теми є її здійсненність або впровадження, тому, формулюючи тему, науковець має добре знати виробництво і його запити на певному етапі.

Метою наукового дослідження є достовірне і всебічне вивчення об'єкта, процесу чи явища, їхньої структури, зв'язків і відносин на основі розроблених у науці наукових принципів і методів пізнання, а також отримання і впровадження у виробництво корисних для людини результатів.

У кожному науковому дослідженні виділяється об'єкт і предмет дослідження.

*Об'єкт наукового дослідження* – це матеріальна ідеальна природна чи штучна система.

*Предмет наукового дослідження* – це структура системи,

закономірності взаємодії як усередині, так і поза нею, закономірності розвитку, якості, різні її властивості і т. д.

## **2. Пошук, накопичення та обробка наукової інформації**

Успішне проведення будь-яких наукових досліджень значною мірою залежить від своєчасного забезпечення оперативною та повною інформацією про досягнення науки і техніки, ефективного використання її в науково-дослідних, проектно-конструкторських і виробничих підприємствах. Скласти правильне уявлення про кращі світові та вітчизняні зразки техніки неможливо, якщо інформація про неї неповна, недостовірна або отримана із запізненням.

*Пошук наукової інформації, або інформаційний пошук* – це сукупність операцій, спрямованих на відшукування документів, необхідних для розробки теми. Пошук може бути механічним, ручним, автоматизованим і механізованим.

Опрацювання науково-технічної інформації вимагає творчого підходу, зосередженості та уваги. Системність і наполегливість є важливими факторами. Документальні джерела інформації. Більшість наукових документів опублікована, тобто є виданням.

Серед них розрізняють: вибрані праці видатних учених; повні зібрання творів класиків науки і техніки; монографії – наукові видання, що містять усебічне і повне дослідження однієї проблеми чи теми і належать одному чи декільком авторам; тематичні збірники, що складаються зі статей різних авторів і присвячені викладу декількох питань певної теми.

Чимало наукових документів належить до групи неопублікованих (дисертації, автореферати і т. д.). Дисертація являє собою кваліфікаційну наукову роботу в певній галузі науки, яка має внутрішню єдність, що містить сукупність наукових результатів, наукових положень, висунутих автором для публічного захисту, які свідчать про особистий внесок автора в науку.

Депоновані рукописи – передача на зберігання рекомендованих науковою радою установ і організацій рукописів у спеціальні

інформаційні органи, на які покладено функції зберігання подібних матеріалів з галузі. Наукові видання, що містять матеріали попереднього характеру, опубліковані до виходу в світ видання, у якому вони можуть бути поміщені, входять до низки неопублікованих наукових документів.

До неопублікованих наукових документів також належать звіти про результати закінчених науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (звіти про НДР і ДКР). Вони слугують важливим джерелом науково-технічної інформації, і деякі з них розмножуються друкарським способом, хоча й не вважаються публікаціями в повному сенсі слова. Важливо правильно записати пророблений текст, тому що запис прочитаного матеріалу є невіддільною вимогою. Ведення записів прочитаного являє собою найефективніший метод обробки інформації, яка міститься у джерелах, що використовуються як вихідні під час підготовки наукової роботи.

### **3. Види робочих записів**

*Виписки* – це невеликі фрагменти тексту, що містять у собі квінтесенцію змісту прочитаного.

*Тези* є найдосконалішою формою творчо перероблених виписок. Це стислий виклад змісту вивченого матеріалу у стверджувальній, іноді і в такій, що спростовує, формі. Тези залежно від свого призначення можуть бути основними, простими чи складними. Основні тези – близький до дослівного запис принципово важливих положень оригінального тексту з невеликим додаванням узагальнень, що являють собою основу для підсумкових висновків. Прості тези – це послідовний перелік головних думок автора як для кожної із частин оригінального тексту, так і для всього тексту загалом. Порівняльна стислість і прямота викладу вважається відмітною ознакою цих тез. Їхнє основне призначення – полегшити розуміння суті оригінального тексту. Складні чи розгорнуті тези – це водночас компактний, але досить досконалий за своїм змістом матеріал, що в сукупності з планом

та іншими виписками може слугувати першоосновою для запису чорнового варіанту основного тексту письмової роботи.

*Конспект* – досить складний запис змісту вихідного тексту, що містить цитати найбільш примітних місць у поєднанні з планом джерела, а також стислий аналіз записаного матеріалу і висновки по ньому.

*Резюме* – коротка оцінка вивченого змісту вихідного джерела інформації, отримана переважно на основі висновків, що містяться в ньому.

*Анотація* – короткий виклад основного змісту вихідного джерела інформації, що дає про нього узагальнене уявлення.

*Складання уточненого списку вихідних джерел інформації.* Після перегляду зроблених записів у виконавця здебільшого з'являється необхідність внесення в початковий варіант списку вихідних джерел інформації уточнень. У кінцевому підсумку ці уточнення зводяться до коригування змісту списку – вилучення з нього одних джерел і внесення інших, що з певних причин не були залучені як вихідні.

Науковець, завершивши аналіз за обраною темою дослідження, має поставити мету, якої необхідно досягти в результаті виконання роботи, і завдання, які необхідно вирішити, щоб досягти цієї мети.

#### **4. Формулювання мети наукового дослідження**

*Мета наукової роботи* – це здобуття нових знань про досліджуваний об'єкт, установлення деяких його характеристик або характеру явища загалом. Науково-дослідницька робота з харчових технологій має здебільшого прикладний характер. Це означає, що результати такої роботи безпосередньо спрямовані на їхнє практичне втілення в промисловості.

Напрямки науково-дослідної роботи у галузі:

1. Дослідження м'ясної, молочної, рибної, рослинної сировини, яйцепродуктів, нерибних об'єктів промислу та нетрадиційних об'єктів харчових виробництв як об'єктів технологічної переробки в харчові вироби.

2. Розроблення нових технологічних процесів виробництва і зберігання продуктів харчування на підставі сучасних хімічних, фізичних, фізико-хімічних, біологічних методів обробки.

3. Удосконалення наявних технологічних процесів переробки харчової сировини з метою розширення асортименту і поліпшення якості готової продукції, зниження енерго і ресурсовитрат на її виробництво, збільшення виходу готової продукції.

4. Розроблення методів оцінки складу і якості харчової сировини та готової продукції громадського харчування.

5. Розроблення і наукове обґрунтування технології нових видів продукції громадського харчування спеціального та лікувально-профілактичного призначення.

6. Розроблення методів дослідження технологічних і фізико-хімічних показників якості харчової сировини, напівфабрикатів, кулінарної продукції та кондитерських виробів.

Одним з основних критеріїв при дослідженні теми є актуальність наукового дослідження. Актуальність означає, що поставлені завдання вимагають якнайшвидшого вирішення для практики чи відповідної галузі науки. Крім цього, актуальність теми наукової роботи вказує на актуальність об'єкта і предмета дослідження. Насамперед актуалізація теми передбачає її погодження з важливими науковими та прикладними завданнями. Необхідно коротко позначити завдання, що стоять перед теорією і практикою наукової дисципліни в аспекті обраної теми дослідження і конкретних умов.

Актуальність у науковому аспекті обґрунтовується такими факторами:

- завдання фундаментальних досліджень вимагають розробки даної теми для пояснення нових фактів;
- можливі і гостро необхідні в сучасних умовах уточнення розвитку і вирішення проблеми наукового дослідження;
- теоретичні положення наукового дослідження дозволяють усунути існуючі розбіжності в розумінні процесу чи явища;
- гіпотези і закономірності, висунуті в науковій роботі, дозволяють узагальнити відомі раніше й отримані здобувачем



емпіричні дані.

У прикладному аспекті актуальність визначається такими факторами:

- завдання прикладних досліджень вимагають розробки питань з даної теми;
- існує необхідність вирішення завдань наукового дослідження для потреб суспільства і виробництва;
- наукова робота з даної теми істотно підвищує якість розробок творчих наукових колективів у певній галузі знань;
- нові знання, отримані в результаті наукового дослідження, сприяють підвищенню кваліфікації кадрів або можуть увійти до навчальних програм для студентів.

Однією з головних вимог до теми наукової роботи є її *наукова новизна*. Робота має містити вирішення наукового завдання чи нові розробки, що розширюють існуючі межі знання в певній галузі науки. Новизна наукової роботи може бути пов'язана як зі старими ідеями, що виражається в їхньому поглибленні, додатковій аргументації, показі можливого використання в нових умовах, в інших сферах знання і на практиці, так і з новими ідеями, висунутими особисто дослідником.

Для виявлення елементів наукової новизни необхідна наявність таких умов:

- ретельне вивчення літератури з предмета дослідження з аналізом його історичного розвитку. Вельми поширена помилка дослідників полягає в тому, що за нове видається вже відоме, яке не потрапило до їхнього поля зору;
- розгляд усіх існуючих точок зору. Критичний аналіз і зіставлення їх у світлі завдань наукового дослідження часто призводить до нових чи компромісних рішень;
- залучення до наукового обігу нового фактичного і цифрового матеріалу, наприклад, у результаті проведення вдалого експерименту, а це вже заявка на оригінальність;
- деталізація вже відомого процесу чи явища.

У науковій роботі можуть бути наведені такі елементи новизни:

нова сутність завдання, тобто таке завдання, яке поставлене вперше; нова постановка відомих проблем чи завдань; новий метод вирішення; нове застосування відомого методу чи рішення; нові результати і наслідки.

Нові наукові результати можуть бути отримані в таких випадках:

1) коли досліджується абсолютно нова, яка раніше не була вивчена, предметна галузь;

2) коли вже до дослідженої предметної галузі були застосовані нові технології, засоби чи методи пізнання (наприклад, застосування нового дослідницького підходу в будь-якій предметній галузі; застосування будь-якої теорії з іншої сфери наукового знання; застосування математичного апарату, який раніше не використовувався в дослідженнях; застосування нових приладів і т. д.;

3) коли одночасно досліджується нова предметна галузь з використанням новітніх технологій.

Висування робочої гіпотези. *Гіпотеза* (від грец. Hypothesis – підстава, припущення) – це наукове судження, твердження можливого характеру, висунення і експериментальна перевірка якого має переконливу науково-практичну основу.

Вимоги наукової гіпотези: відповідність фактам, відтворюваність, можливість експериментальної перевірки, незалежність, проблематичність, узгодженість з відомими теоріями, можлива простота формулювання.

В основі гіпотези завжди лежить припущення, достовірність якого на певному рівні науки і техніки не може бути підтверджена. Гіпотеза використовується як проміжна ланка, що в процесі дослідження уточнюється й перевіряється. У разі її підтвердження будується уточнена наукова теорія. Під час формулювання робочої гіпотези необхідно ретельно вивчити вітчизняні та зарубіжні літературні джерела, а також виробничі звіти про проведені аналогічні дослідження.

Отримана інформація повинна бути проаналізована з метою з'ясування, що вже досягнуто й розроблено, які ще залишилися недоробки, неясності і протиріччя. У результаті виявляються

методичні помилки і прорахунки попередніх дослідників і намічені ними перспективи поліпшення і вдосконалення існуючої теорії.

Робоча гіпотеза висувається за умови узагальнення всіх наявних матеріалів, що належать до об'єкта дослідження, його фізичної сутності. До низки основних факторів, що впливають на об'єкт дослідження, які встановлюються в робочій гіпотезі, належать причини, умови та рушійні сили, що викликають в ньому зміни. Робоча гіпотеза має бути логічно простою і у всіх деталях може бути перевіреною експериментально. Формулювання її повинні бути ясними, короткими і містити строгі, загальноприйняті в даній галузі науки поняття й терміни.

Залежно від напрямку і теми науково-дослідної роботи робоча гіпотеза може бути викладена словесно, доповнена графічними зображеннями передбачуваних функціональних зв'язків.

## **5. Методи емпіричних досліджень**

*Спостереження* – це систематичне, цілеспрямоване сприйняття об'єкта. Спостереження має відповідати таким вимогам: навмисність (спостереження ведеться для певного, чітко поставленого завдання); планомірність (проводиться за планом, складеним за завданнями спостереження); цілеспрямованість (спостерігаються лише певні явища); систематичність (спостереження ведеться безперервно або за певною системою). Спостереження як метод пізнання дозволяє отримувати первинну інформацію у вигляді сукупності емпіричних тверджень. Емпірична сукупність дає первинну схематизацію об'єктів реальності, що і є вихідними об'єктами наукового дослідження.

*Порівняння* – це процес установлення подібності чи відмінності у предметів і явищ дійсності, а також знаходження загального, що притаманне двом чи декільком об'єктам. Вимоги: порівнюються лише ті явища, між якими може існувати певна об'єктивна спільність; порівняння має здійснюватися за найважливішими, суттєвими (у плані конкретного завдання) ознаками.

Різні об'єкти чи явища можуть порівнюватися безпосередньо чи

опосередковано через їхнє порівняння з будь-яким третім об'єктом (еталоном). У першому випадку зазвичай отримують якісні результати (більше-менше, вище-нижче). Порівняння ж об'єктів з еталоном дають можливість отримати кількісні характеристики. Такі порівняння називають *виміром*.

За допомогою порівняння інформацію про об'єкт можна отримати двома шляхами:

- безпосередній результат порівняння (первинна інформація);
- результат обробки первинних даних (вторинна чи похідна інформація).

*Вимірювання* – це визначення чисельного значення певної величини за допомогою одиниці виміру. Вимірювання передбачає наявність таких основних елементів: об'єкта вимірювання, еталона, вимірювальних приладів, методу вимірювання. Вимірювання розвинулося з операції порівняння, проте воно є більш потужним та універсальним пізнавальним засобом.

*Експеримент* – це такий метод вивчення об'єкта, коли дослідник активно й цілеспрямовано впливає на нього шляхом створення штучних умов чи використання природних умов, необхідних для виявлення відповідних властивостей.

Переваги експериментального вивчення об'єкта порівняно зі спостереженням такі: у процесі експерименту можна вивчити явище в чистому вигляді, усунувши побічні чинники, що затьмарюють основний процес; в експериментальних умовах можна дослідити властивості об'єктів; повторюваність експерименту – можна проводити випробування стільки разів, скільки це необхідно.

Експеримент проводять у таких випадках: при спробі виявлення в об'єкта раніше невідомих властивостей; при перевірці правильності теоретичних побудов; при демонстрації явища.

## **6. Складання робочого плану дослідження**

Активний критичний аналіз літературних джерел, зіставлення ідей різних авторів, відомих експериментальних фактів сприяють

виникненню власних міркувань і рішень, формуванню робочої гіпотези – направляючої наукової ідеї, що вимагає наступної перевірки. Наприклад, при виконанні пошукових тем, висувається не одна, а кілька гіпотез і в процесі наступного дослідження та чи інша гіпотеза або підтверджується, або спростовується.

*Гіпотеза* – відправна точка для всієї роботи, для складання робочого плану дослідження. У науці цінні насамперед несподівані результати, проте можливість їхнього отримання не знижує важливості планування: план організовує роботу, робить її цілеспрямованішою.

Складання робочого плану дослідження треба починати з конкретизації теми, уточнення її формулювання і цілі дослідження, варто визначити, які методи аналізу необхідні для проведення роботи. Якщо відомі методи не дозволяють повністю вирішити поставлені завдання, то в плані необхідно виділити як етап роботи вдосконалення або самостійну розробку методик дослідження. Потім формулюються етапи роботи і визначаються терміни їхнього виконання. Необхідно скласти календарний план дослідження, сформулювавши конкретні завдання на кожен місяць роботи. У плані треба передбачити час на складання звіту з науково-дослідної роботи.

## 7. Експеримент

*Експеримент* – це найважливіша складова частина наукових досліджень, в основі якого знаходиться науково поставлений досвід з керованими умовами, що точно враховуються.

Під *експериментом* розуміють сувору послідовність заздалегідь визначених дій, які призводять до накопичення однієї чи безлічі величин, що являють собою результат експерименту. Мета експерименту – виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, перевірка справедливості гіпотез і на цій основі широке і глибоке вивчення теми наукового дослідження.

Під час підготовки до експерименту необхідно:

– сформулювати гіпотезу, що підлягає перевірці;

- створити програми експериментальних робіт;
- визначити методи дослідження, підготувати апаратуру, реактиви та ін., опанувати методи дослідження;
- визначити способи і прийоми втручання в об'єкт дослідження;
- забезпечити умови для здійснення процедури експериментальних робіт;
- розробити шляхи і прийоми фіксування ходу і результатів експерименту.

Важливим в організації наукового експерименту є вибір засобів вимірювальної техніки. Засоби вимірювання повинні:

- максимально відповідати тематиці, меті та завданням науково-дослідної роботи;
- забезпечувати під час проведення експериментальних робіт високу продуктивність праці;
- забезпечувати необхідну кількість експериментальних робіт, тобто заданий ступінь точності при мінімальній кількості вимірювань;
- забезпечувати високу відтворюваність і надійність, по можливості вилучати систематичні помилки, при цьому бажано максимально використовувати засоби вимірювання із автоматичним записом;
- мати високу економічну ефективність, тобто мінімум витрат людських, фінансових і матеріальних ресурсів;
- забезпечувати ергономічні вимоги експерименту;
- задовольняти вимогам техніки безпеки та пожежної безпеки.

Частіше застосовують математичну теорію експерименту, яка дозволяє значно зменшити обсяг роботи і підвищити точність дослідження.

## **8. Оформлення робочого журналу, аналіз результатів досліджень та оформлення наукової роботи**

У робочому журналі систематично фіксують: дату проведення експерименту, умови його і всі первинні експериментальні дані та спостереження. Зазначають усі відступи від наміченого режиму. Записи в робочому журналі треба вести акуратно, у певному порядку,

щоб у них було легко розібратися під час оформлення результатів роботи.

У робочому журналі необхідно також приводити схеми установок, опис методик окремих дослідів, методів аналізу. Робочий журнал служить основою для обробки даних і написання дисертації.

Важливе місце під час виконання наукової роботи займає *аналіз результатів експерименту*. Це завершальна частина, на базі якої робиться висновок про підтвердження гіпотези наукового дослідження. Аналіз експерименту є творчою частиною дослідження. Оскільки за цифрами іноді важко уявити фізичну сутність процесу, потрібне особливо ретельне зіставлення причин і фактів, що обумовлюють хід того чи іншого процесу і встановлення адекватності гіпотези та експерименту. Для не викликання сумніву достовірність отриманих результатів, використовується математична обробка.

Результати наукового дослідження оформлюють у вигляді наукової роботи (кваліфікаційна робота, кандидатські та докторські дисертації дисертації). Структура наукової роботи включає: тему; аналіз актуальності теми; формулювання мети; аналіз стану питання; аналіз вихідних даних; аналіз відомих рішень; формулювання завдань; рішення поставлених завдань; аналіз отриманих результатів; висновки; література; додатки.

#### Питання для самоперевірки:

1. Дайте визначення поняттям «науковий напрям», «проблема», «тема».
2. Етапи постановки теми дослідження.
3. Дайте визначення поняттям «об'єкт наукового дослідження» та «предмет наукового дослідження».
4. Пошук наукової інвормації.
5. Назвіть види робочих записів.
6. Як формується мета наукових досліджень?
7. Напрями науково-дослідної роботи.
8. Якими факторами обґрунтовується актуальність тематики.

9. Дайте визначення «наукова новизна».
10. Дайте визначення «інформаційний пошук».
11. Назвіть документальні джерела інформації.
12. Назвіть види робочих записів.
13. Як правильно сформулювати мету, актуальність наукового дослідження?
14. Найважливіші напрямки науково-дослідної роботи у певній галузі.
15. Перерахуйте і дайте визначення методам емпіричних досліджень.
16. Послідовність складання робочого журналу.
17. Які етапи підготовки до проведення експерименту?
18. Структура наукової роботи.

### **Тема 3**

#### **Реєстрація прав інтелектуальної власності**

1. Організація та умови одержання прав на винахід, корисні моделі і промислові зразки.
2. Пошукова робота під час створення винаходу.



## **1. Організація та умови одержання прав на винахід, корисні моделі і промислові зразки.**

Право на винахід (корисну модель) оформлюється шляхом складання, подання та розгляду заявки на видачу патенту на винахід патентним відомством відповідно до чинних законодавчих актів.

За організаційним і правовим складом заявка на винахід містить такі документи:

- заявка про видачу патенту;
- опис винаходу;
- формула винаходу;
- креслення та інші матеріали, якщо вони необхідні для розв'язання суті винаходу;
- реферат (анотація).

Матеріали *заявки* не повинні містити висловів, креслень, малюнків, фотографій та будь-яких інших матеріалів, що суперечать громадському порядку і моралі, зневажливих висловлювань щодо винаходів (корисних моделей) та результатів діяльності інших осіб. У формулі, описі, рефераті та пояснювальних матеріалах для опису використовують, як правило, стандартизовані терміни і скорочення, а за їх відсутності – загальноновживані в науковій і технічній літературі. При використанні термінів і позначень, які не є загальноновживаними, необхідно пояснити їхнє значення при першому вживанні в тексті. Усі умовні позначення треба розшифровувати. В описі, формулі винаходу (корисної моделі) та рефераті необхідно зберігати єдність термінології, тобто одні й ті самі ознаки в зазначених документах мають називатися однаково. Вимога єдності термінології стосується також умовних позначень і розмірності фізичних одиниць, що використовуються в матеріалах заявки.

Назва винаходу за потреби може містити символи латинської абетки та цифри. Використання символів інших абеток, спеціальних знаків у назві не допускається.

Одиниці вимірювання фізичних величин переважно вживаються

в одиницях діючої Міжнародної системи одиниць.

Документи заявки, а саме: заявку про видачу патенту, опис і формулу винаходу (корисної моделі), креслення і реферат подають у трьох примірниках. Документи, які потребують перекладу, можуть бути подані мовою оригіналу в одному примірнику, а їхній переклад – у трьох примірниках.

Заявка про видачу патенту адресується голові патентного відомства та за змістом є проханням про видачу патенту. Ця заявка подається на спеціальному бланку та містить відомості щодо самого винаходу та осіб, указаних у заявці на винахід, а саме автора (винахідника), заявника (коли заявник і винахідник не є однією особою) і патентного повіреного. У заявці обов'язково вказують назву винаходу. Заявка підписується заявником, і обов'язково проставляється дата підпису.

*Опис винаходу* має розкривати суть винаходу (корисної моделі) настільки ясно й повно, щоб його міг здійснити фахівець у зазначеній галузі.

Опис починається із зазначення індексу рубрики діючої міжнародної патентної класифікації (МПК), до якої належить винахід (корисна модель) та назви винаходу.

Опис містить такі розділи:

1. галузь техніки, до якої належить винахід (корисна модель);
2. характеристика аналогів винаходу та прототипу;
3. критика прототипу;
4. мета винаходу;
5. суть винаходу (корисної моделі);
6. перелік фігур креслення, якщо на них є посилання в описі;
7. відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу (корисної моделі);
8. техніко-економічна ефективність пристрою чи технічного рішення.

Назва винаходу (корисної моделі) має відповідати суті винаходу (корисної моделі) і характеризувати його (її) призначення. Назву винаходу (корисної моделі) треба викладати в однині.

У розділі «галузь техніки, до якої належить винахід (корисна модель)» зазначають галузь техніки, до якої належить винахід (корисна модель), а також за потреби галузь застосування винаходу (корисної моделі).

У розділі «характеристика аналогів винаходу та прототипу» подається інформація про відомі технічні рішення того самого призначення, яке і є рішенням і заявляється, та схожі з ним за технічною суттю й отриманим результатом. В описі аналогів наводять ознаки винаходу, які є новими для цих рішень, а також указують їхні недоліки. У цьому розділі дають повну характеристику прототипу – технічному рішенню, яке найближче за технічною суттю й отриманими результатами до запропонованого.

У розділі «критика прототипу» визначають основні недоліки прототипу. Критика прототипу має бути об'єктивною та доказовою.

*Мета винаходу* вказує на напрями усунення недоліків прототипу.

*Суть винаходу* показує та розкриває спосіб досягнення мети. У даному розділі вона визначається сукупністю суттєвих ознак, достатніх для досягнення технічного результату, який забезпечує винахід (корисна модель). Також детально розкривають технічну задачу, на вирішення якої спрямовано винахід (корисну модель), який заявляється, і вказують технічний результат, якого можна досягти при впровадженні винаходу (корисної моделі).

*Перелік фігур креслення.* У цьому розділі наводять системи, креслення, необхідні для пояснення суті винаходу.

*Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу* (корисної моделі). У цьому розділі на основі запропонованих нових технічних рішень наводять приклади їхнього впровадження в конкретні технічні рішення тих чи інших машин або їхніх елементів.

У розділі «техніко-економічна ефективність пристрою чи технічного рішення» наводять технічні переваги винаходу перед аналогами, що використовуються нині, економічні та інші ефекти, які можуть бути отримані внаслідок використання винаходу.

*Формула винаходу (корисної моделі)* – це стисла словесна характеристика технічної суті винаходу, що містить сукупність його

суттєвих ознак, достатніх для досягнення зазначеного заявником технічного результату. Вона призначена для визначення обсягу правової охорони, що надається патентом (деклараційним патентом).

Формула винаходу (корисної моделі) повинна:

– базуватися на описі й характеризувати винахід (корисну модель) тими самими поняттями, які використовувалися при опису винаходу (корисної моделі);

– стисло й чітко виражати технічну суть винаходу, а саме відображати об'єкт винаходу сукупністю його суттєвих ознак;

– визначати обсяг винаходу, а саме межі прав власника патенту, установлені нормативними актами;

– слугувати засобом відрізнення об'єкта винаходу від інших об'єктів. Ознаки винаходу (корисної моделі) у формулі винаходу (корисної моделі) викладають так, щоб забезпечити можливість їхньої ідентифікації, однозначного розуміння їхнього змісту фахівцем на основі відомого рівня техніки.

Формула винаходу (корисної моделі) може бути: одноланковою та багатоланковою.

Одноланкову формулу застосовують для характеристики одного винаходу (корисної моделі) сукупністю суттєвих ознак, що не мають розвитку чи уточнення стосовно окремих випадків його виконання чи використання.

Багатоланкову формулу використовують для характеристики одного винаходу (корисної моделі) з розвитком і (або) уточненням сукупності його (її) суттєвих ознак стосовно деяких випадків виконання і використання винаходу (корисної моделі) або для характеристики групи винаходів.

Формула винаходу (корисної моделі) складається з трьох частин:

1) обмежувальна частина;

2) мета винаходу;

3) відмінна частина.

*Обмежувальна частина формули винаходу* виводиться з назви винаходу, за назвою перераховуються суттєві ознаки, що є загальними для прототипу та запропонованого винаходу.

*Мета винаходу* вказує на корисний ефект, який можна отримати, використовуючи винахід. Між метою винаходу та сукупністю ознак має існувати причинний зв'язок.

*Відмінна частина* містить суттєві ознаки технічного рішення, які відрізняються від відомого рішення, виданого за прототип (указується назва запропонованого).

Формула винаходу підписується заявником у тому ж порядку, що й заява про видачу патенту.

*Вимоги до ілюстративних матеріалів.* Графічні зображення (креслення, схеми, діаграми та ін.) оформлюють на окремому аркуші (окремих аркушах). У правому верхньому куті кожного аркуша зазначають назву винаходу (корисної моделі), а у правому нижньому куті – прізвище (прізвища) та ініціали винахідника (винахідників).

Для пояснення суті винаходу (корисної моделі) як додаток до інших графічних матеріалів можуть бути подані фотографії. У виняткових випадках фотографії можуть бути подані як основний вид ілюстративних матеріалів.

*Реферат* – це скорочений виклад змісту опису винаходу (корисної моделі), який містить назву винаходу (корисної моделі), характеристику галузі техніки, якої стосується винахід (корисна модель), і галузь його (її) застосування, характеристику суті винаходу (корисної моделі) із зазначенням технічного результату, якого мають досягти. Суть винаходу (корисної моделі) у рефераті характеризують шляхом вільного викладу формули, переважно такого, при якому зберігаються всі суттєві ознаки кожного незалежного пункту.

Реферат складається лише з інформаційною метою. Він не може братися до уваги з іншою метою, зокрема для тлумачення формули винаходу (корисної моделі) і визначення рівня техніки. Реферат складають так, щоб він міг слугувати ефективним засобом пошуку у відповідній галузі техніки. Інформацію для реферату треба брати з формули та відповідних розділів опису винаходу. Реферат має містити такі підрозділи:

- об'єкт винаходу;
- галузь застосування;

- суть винаходу;
- альтернативні рішення (якщо вони є);
- технічний результат.

*Документи, які додають до заявки.* До заявки додають документ, що підтверджує сплату збору за подання заявки у встановленому розмірі, та документ, що підтверджує право заявника на звільнення чи часткове звільнення від сплати зазначеного збору, якщо таке право у заявника є. Документом про сплату збору є копія платіжного доручення на перерахування збору з відміткою установи банку або квитанція установленої форми. Ці документи подають разом із заявкою або протягом двох місяців від дати подання заявки.

## **2. Пошукова робота під час створення винаходу**

Під час створення винаходу використовують науково-технічну та патентну інформацію. *Науково-технічна інформація* – це відомості про досягнення науки, техніки та виробництва, одержані під час науково-дослідної, дослідно-конструкторської, виробничої та громадської діяльності. Цю інформацію можна знайти в таких виданнях та інформаційних документах:

- 1) вітчизняні та зарубіжні видання (монографії, підручники, брошури, періодичні видання, збірники, каталоги, проспекти тощо);
- 2) дисертації й автореферати дисертацій;
- 3) депоновані рукописи;
- 4) відомості про відкрите застосування винаходу в нашій країні чи за кордоном – акти, звіти про впровадження або рівнозначні документи, які засвідчують використання винаходу з промисловою метою;
- 5) експонати, розміщені на виставках, унеможливають новизну винаходу від дня відкритого демонстрування у павільйонах чи у відділах виставки;
- 6) інші відомості про винаходи: привселюдні повідомлення, неопубліковані звіти про науково-дослідні роботи, проектна документація, технологічні карти та схеми, передані з метою

інформації чи використання до загальнодоступної бібліотеки чи іншої організації, прийняті на конкурс роботи, привселюдні усні доповіді, лекції, виступи, повідомлення по радіо, телебаченню, у кіно, коли їх зафіксовано апаратом звукового запису;

7) інформаційні, візуально сприймані дані (плакати, креслення, моделі, макети тощо), демонстрація дослідних зразків у виробничих умовах, відкриті випробування дослідних зразків чи нових способів (від дня, коли вони стали доступними для ознайомлення певному колу осіб).

*Патентна інформація* – це інформація, яку містять описи, додані до заявок на винаходи чи до охоронних документів, стосовно правового статусу патентних документів та умов реалізації прав, що випливають із патентних документів.

*Патентні дослідження* – це науковий аналіз, виконаний на основі системного підходу до оцінювання певного об'єкта господарської діяльності (ОГД) протягом його життєвого циклу. Під життєвим циклом ОГД розуміють сукупність взаємопов'язаних етапів створення (дослідницько-конструкторські роботи проектування та конструювання, виготовлення), використання (продаж, експлуатація) та послідовного вдосконалення (раціоналізація, оптимізація параметрів, режимів тощо), зняття з експлуатації (демонтаж, утилізація).

Патентні дослідження проводять у складі різних робіт, зокрема під час виконання науково-дослідних (НДР) і дослідно-конструкторських робіт (ДКР).

Основою патентних досліджень є *патентний пошук*. Розрізняють такі види патентного пошуку: тематичний, іменний, нумераційний, пошук патентів-аналогів, пошук для виявлення патентних прав.

*Тематичний пошук* – це виявлення аналога винаходу. Аналог об'єкта винаходу – це відомий до дати пріоритету засіб такого ж призначення, сукупність ознак якого подібна до сукупності суттєвих ознак певного об'єкта.

*Іменний пошук* – це пошук для визначення діяльності різних фірм та інших заявників. За допомогою аналізу результатів цього виду

пошуку можна зробити висновок до пріоритетних напрямів роботи провідних фірм певної галузі техніки. Для його проведення використовують алфавітно-іменні покажчики.

*Нумераційний пошук* – це пошук з метою встановлення тематичної належності документа, його зв'язку з іншими документами, а також правового статусу.

*Пошук патентів-аналогів* – це визначення патентів, виданих у різних державах на один і той самий винахід (корисну модель). Він дозволяє значно скоротити обсяг розглядуваних патентних документів, а також полегшити деякі інші патентно-інформаційні дослідження.

*Пошук для виявлення патентних прав* – це визначення патентно-правової охорони певного винаходу (корисної моделі) або патентних прав певних осіб.

#### Питання для самоперевірки:

1. Які документи містить заявка на винахід?
2. Які розділи містить опис винаходу?
3. Дати визначення поняттю «формула винаходу (корисної модель)»?
4. Для яких винаходів застосовують одноланкову та багатоланкову формули?
5. З яких частин складається формула винаходу (корисної моделі)?
6. Які підрозділи містить реферат?
7. Які документи додаються до заяви?
8. Дайте визначення таким поняттям: «науково-технічна інформація», «патентна інформація», «патентні дослідження», «патентний пошук», «тематичний пошук», «іменний пошук», «нумераційний пошук», «пошук патентів-аналогів», «пошук для виявлення патентних прав».



## **Тема 4**

### **Органолептична оцінка – як метод дослідження**

1. Характеристика органолептичної оцінки
2. Методи органолептичних досліджень

Використання різноманітних методів дослідження харчової продукції має на меті оцінити її якість. У Законі України «Про якість і безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини», прийнятому 23 грудня 1997 року, зазначено, що якість харчового продукту – це сукупність властивостей харчового продукту, яка визначає його

здатність забезпечувати потреби організму людини в енергії, живильних і смакоароматичних речовинах, безпеку для її здоров'я, стабільність складу і поживних властивостей протягом терміну придатності до вживання. Проблема якості харчових продуктів настільки важлива, що у всіх цивілізованих державах установлюється правова основа забезпечення якості і безпеки продовольчої сировини і харчових продуктів. Тобто забезпечення якості харчових продуктів і їхня безпека розглядаються на державному рівні.

## **1. Характеристика органолептичної оцінки**

Органолептична оцінка – це найдавніший метод оцінки якості продуктів. Ця оцінка дозволяє відрізнити високоякісний продукт від неякісного, фальсифікований від натурального. Вона широко використовується на етапі обговорення наукових експериментів і виробничих випробувань нових технологічних прийомів і режимів. Ця оцінка проводиться насамперед за допомогою зору, слуху, нюху, дотику і смаку.

Органолептична оцінка деяких показників якості харчових продуктів перевищує за швидкістю і чутливістю застосовувані дотепер апаратурні методи, основою яких є складна і найчастіше трудомістка лабораторна методика.

Під час оцінки якості харчових продуктів користуються терміном «органолептична властивість», зважаючи на визначення якості, що сприймається органами почуттів. Висока органолептична властивість продукту свідчить про те, що він має привабливий вигляд, приємний аромат і виражений смак. Органолептичну оцінку проводять шляхом дегустації – випробування. Під час визначення якості певного виробу органолептичним методом враховують і оцінюють умовно один чи кілька якісних показників. Крім зазначеного в органолептиці використовують також інші терміни.

*Сенсорний аналіз* – аналіз за допомогою органів чуттів (високоспецифічних рецепторних органів), що забезпечують організму одержання інформації про навколишнє середовище за

допомогою зору, слуху, нюху, смаку, дотику, вестибулярної рецепції, звуку.

*Органолептичний аналіз* – сенсорний аналіз харчових продуктів, смакових і ароматичних речовин за допомогою нюху, смаку, дотику і зору. Термін не є синонімом сенсорного аналізу: його значення має обмеження за об'єктом дослідження і кількістю органів чуттів.

*Органолептична оцінка* – оцінка відповідної реакції органів чуттів людини на властивості харчового продукту як досліджуваного об'єкта, що визначається за допомогою якісних і кількісних методів. Якісна оцінка виражається за допомогою словесних описів, а кількісна, що характеризує інтенсивність відчуття, у числах (шкалах) або графічно.

*Дегустація* – випробування, що проводяться групою осіб для органолептичної оцінки зовнішнього вигляду, кольору, текстури, смаку, запаху продукту з метою визначення його якості.

*Імпульс* – речовина або фізичний вплив, що викликає відчуття під час взаємодії з хеморецепторами.

*Смак* – відчуття, що виникає в результаті взаємодії смакового стимулу з рецепторами, відображає властивості стимулу і фізіологічні особливості індивіда.

*Запах* – відчуття, що виникає в результаті взаємодії нюхового стимулу з рецепторами, відображає властивості стимулу і фізіологічні особливості індивіда.

*Текстура* – мікроструктура харчового продукту, тобто система взаємного розташування його структурних елементів, що органолептично характеризується комплексом зорових, слухових, дотикових відчуттів, які виникають під час розжовування продукту.

*Консистенція* – характеристика текстури, що виражає сукупність реологічних властивостей харчового продукту.

*Аромат* – природний, характерний запах продукту (аромат свіжих фруктів, прянощів).

*Букет* – запах, що виникає під час дозрівання, шумування, ферментації (букет сиру, вина, чаю).

*Флейвор* – комплексне відчуття в порожнині рота, викликане смаком, запахом і текстурою харчового продукту.

Під час органолептичної оцінки проводиться більш докладний аналіз вражень, отриманих органами чуттів. Тому оцінюється окремо інтенсивність вражень зору, запаху, дотику (соковитість, консистенція, липкість) і смаку, а іноді вводяться також додаткові оцінки певних особливо важливих якісних показників, таких як ступінь солоності, кислоті, солодкості, бажаність показника тощо.

Інтенсивність вражень визначається порогом відчуття і сприйняття, що є двома мінімумами імпульсу. Якщо, наприклад, якийсь запах ледь помітний, і точніше його визначити неможливо, ми маємо справу з порогом відчуття. Якщо незначне збільшення інтенсивності імпульсу дозволяє розпізнавати вид і якість імпульсу, у цьому разі кажуть про поріг або сприйняття розпізнавання. Величина порогу характеризує сенсорну сприйнятливості дегустатора.

У харчовій промисловості для працівників, відповідальних за якість продукції, необхідне з'ясування сенсорного мінімуму.

Сенсорні мінімуми мають містити сприйняття відтінків основних кольорів, характерних для оцінюваних об'єктів, специфічних запахів і смаку, а в деяких випадках – розвиток чуття дотику. Крім того, необхідно з'ясувати мінімум спостережливості та сенсорної пам'яті.

У однієї й тієї самої особи сенсорна сприйнятливості, тобто величина порогу, може змінюватися залежно від стану здоров'я, настрою, втоми, уважності. Тому перед органолептичною оцінкою необхідна перевірка сприйнятливості органів чуттів фахівців.

За більш-менш тривалого впливу імпульсів виявляється фізіологічна втома організму. Умови, від яких залежить фізіологічна втома, можуть бути загальними (залежними від стану організму загалом) і пов'язаними з функціонуванням конкретного органу чуття. Явища адаптації та фізіологічної втоми можуть мати значний і небажаний вплив на хід і результат органолептичних оцінок.

## **2. Методи органолептичних оцінок**

Вірогідність органолептичних методів досягається за рахунок точності й об'єктивності оцінки, а також чіткого формулювання результатів цих вимірювань, що дозволяє об'єктивно провести їхній аналіз і уникнути довільного тлумачення дослідних даних.

Органолептичні оцінки якості цілком можна поділити на дві групи: споживчі та аналітичні. Спосіб проведення оцінок у кожній із цих груп відрізняється великою різноманітністю залежно від того, які відомості бажано одержати про даний продукт, а також від властивостей продукту, аналітичних особливостей дегустаторів і вимог застосовуваного статистичного аналізу отриманих результатів.

*Метод бальної оцінки.* Сьогодні найбільш розповсюдженим є метод бальної оцінки, на підставі якого зазвичай оцінюють низку якісних показників за умовно прийнятою багатобальною системою. За цим методом результат виражається балом шкали, що відповідає різним рівням якості. За допомогою методу бальної оцінки щоразу оцінюють тільки один продукт, визначаючи послідовно органолептичні показники.

Основою будь-якої системи бальної оцінки має бути проста залежність між якістю і відповідною їй оцінкою в балах. Дегустатор проводить абсолютну чи відносну порівняльну оцінку за еталоном, що зберігся в його пам'яті, або за наочним еталоном. До характеристики цього еталона мають входити всі якісні показники, важливі для даного продукту і для якісної категорії досліджуваного продукту.

Систему цих показників складають у логічній послідовності, тобто спочатку мають ураховуватися показники, зумовлені зором, потім нюхом, дотиком і, нарешті, ті властивості, що оцінювач може визначити тільки за допомогою дегустації – тобто соковитість, крихкість, роздрібнення, смачність і такі специфічні показники, як солоність м'ясних, рибних, овочевих і квашених продуктів, кислотність вин, прогірклість жирів тощо.

Метод бальної оцінки передбачає такі рівні якості: 1 бал – дуже погана якість; 2 бала – незадовільна; 3 бала – задовільна; 4 бала – добра; 5 балів – дуже добра.

Для шкали бальної оцінки можна користуватися також будь-яким

іншим рядом чисел.

За 5-бальної системи зазвичай користуються цілими балами і відносять досліджувану пробу до однієї визначеної якісної категорії. Однак у деяких випадках можна дозволяти встановлювати, що певний показник має інтенсивність, розташовану між двома балами.

Оцінки якості можуть бути точні тільки тоді, коли виконуються такі умови:

1. Відчуття, що сприймаються органами чуттів, мають бути сформульовані якомога точно.
2. Усі дегустатори повинні користуватися однаковими якісними визначеннями.

Будь-який харчовий продукт оцінюють щодо його запаху, зовнішнього вигляду і смаку. Крім оцінки загального зовнішнього вигляду, окремо оцінюють колір, стан поверхні та інші властивості залежно від класифікації продукту. У багатьох продуктах оцінюється консистенція і твердість, наприклад фруктів, ковбасних виробів, сирів. Це вимагає відповідного диференціювання якісної специфікації. Проводячи зорову оцінку, а також оцінку дотиком, одночасно визначають запах продукту, а потім розпочинають оцінювання за допомогою пробування на смак, що дозволяє отримувати складні відчуття соковитості, крихкості та смачності продукту. Наприкінці оцінки зосереджують увагу на спеціальних властивостях продукту, таких як ступінь солоності чи солодкості, подрібнення помелу, а також липкості.

Під час визначення бальної шкали для оцінки крихкості, соковитості, також ступеня просоленості неподрібнених м'ясних продуктів необхідно щораз суворо підкреслювати, яка частина проби має бути використана для оцінки. Необхідно гарантувати морфологічну однорідність проби.

Оцінка органолептичних властивостей продукту може бути виражена визначенням сумарного або середнього балу і визначенням балу з урахуванням коефіцієнтів важливості.

Оцінка якості продукту зазвичай характеризується підсумовуванням балів окремих якісних показників. Якщо загальна

оцінка виведена підсумовуванням бальних оцінок кольору, запаху, консистенції, соковитості і смаку, то продукт із більш слабо вираженим смаком, але з гарними іншими якісними властивостями може загалом одержати гарну середню бальну оцінку. Така оцінка помилкова, тому що несмачний продукт не може бути використаний для споживання. Окремі якісні властивості настільки різні за своїм значенням, що просте підсумовування бальних оцінок, які характеризують окремі властивості продукту, вірогідно, не відбиває в цілому органолептичні властивості і має тільки відносну цінність.

Диференціювати важливість окремих якісних показників можна, множачи бальні оцінки на встановлені коефіцієнти важливості. Ці коефіцієнти відображають важливість окремих показників під час оцінки органолептичних властивостей.

З'ясування значень коефіцієнтів важливості має здійснюватися висококваліфікованими дегустаторами з урахуванням звичок і смаків групи споживачів, для яких певний продукт призначено.

Коефіцієнти важливості розрізняються за своєю величиною залежно від призначення продукту. Наприклад, значення консистенції є більш важливим для якості беконного шпику, ніж для шпику, призначеного в переробку.

Під час оцінки органолептичних властивостей продукту із застосуванням коефіцієнтів важливості бал визначають шляхом розподілу суми добутків балів і коефіцієнтів за кожним показником на суму цих коефіцієнтів.

Зазвичай органолептичні методи належать до суб'єктивних на відміну від об'єктивних, у яких виміри ведуть за допомогою фізичних приладів і хімічних визначень. Поділ методів не визначає, однак, що суб'єктивні (органолептичні) методи менш точні і достовірні. Навпаки, у суб'єктивних методів існує низка важливих достоїнств і переваг порівняно з об'єктивними.

Головні переваги органолептичної оцінки:

- оцінка часто є остаточним і головним мірилом, яке використовують як основу для оцінки якості харчових продуктів;
- органолептична оцінка якості вимагає у більшості випадків

набагато менше часу порівняно з іншими методами;

– для оцінки смаку харчових продуктів дотепер не знайдено апаратних методів, рівноцінних органолептичним.

Для виміру якості однаковою мірою застосовуються суб'єктивні й об'єктивні методи. Однак у багатьох випадках найбільш тонкі розходження якості виявляються суб'єктивними методами.

#### Питання для самоперевірки:

1. Дайте визначення поняттям «органолептична оцінка», «сенсорний аналіз», «органолептичний аналіз», «органолептична оцінка».

2. Які оцінюють показники під час дегустації харчового продукту?

3. Дайте характеристику органолептичним показникам.

4. Які існують групи органолептичної оцінки якості харчового продукту?

5. Яка існує система оцінювання органолептичної оцінки?

## Тема 5

### Інструментальні методи дослідження

1. Фізичні методи оцінки

2. Хімічні методи оцінки

3. Фізико-хімічні методи оцінки

Накопичений досвід використання вимірювальних методів оцінки якості продукції дозволяє класифікувати їх за сутнісною основою проведення фізичних, хімічних і фізико-хімічних випробувань. Однак така класифікація умовна, іноді відсутня чітка грань між різними видами методів, і один і той же метод може бути віднесений одночасно до декількох видів.



## 1. Фізичні методи оцінки

Фізичні методи визначення якості харчової продукції ґрунтуються на вивченні структурно-механічних, оптичних і електричних властивостей продукту. Ці властивості безпосередньо залежать від природи атомів і їхньої концентрації в речовині. Знаючи їх, можна визначити структуру харчової продукції, стан і концентрацію речовин, що входять до її складу.

Для фізичних методів хімічні реакції або зовсім не відіграють ролі, або мають другорядне значення.

До фізичних методів дослідження якості харчової продукції належать спектральні, реологічні, радіометричні тощо.

Спектральні методи ґрунтуються на реєстрації взаємодії електромагнітного випромінювання з аналізованою речовиною.

У таблиці 1 наведено класифікацію спектральних методів. *Емісійна спектроскопія* досліджує випромінювальну здатність речовини. Випускнення енергії пов'язане з попереднім термічним або енергетичним порушенням атомів, коли електрони з основного рівня переходять під час поглинання енергії на більш високий енергетичний рівень.

Таблиця 1

### Класифікація спектральних методів

Спектроскопія	Джерело аналітичного аналізу	Аналітичний сигнал	Метод
Молекулярна	молекула	поглинання (абсорбція) випускання (люмінесценція)	молекулярно-абсорбційна спектрометрія (МАС) молекулярно-люмінесцентна (МЛС), або флуориметрія

Атомна	атом	поглинання (абсорбція) випускання (люмінесценція)	атомно- абсорбційна (ААС) атомно-емісійна (АЕС)
Магнітного резонансу	ядро атомів (магнітний момент ядра), електрон (магнітний момент електрона)	ядерний магнітний резонанс – ЯМР- спектр  електронний парамагнітний резонанс – ЕПР- спектр	спектрометрія ядерного магнітного резонансу (ЯМР) спектрометрія електронного парамагнітного резонансу (ЕПР)
Мас- спектроскопія	іон	мас-спектр	мас- спектрометрія

*Абсорбційна спектроскопія* досліджує поглинальну здатність речовини. При цьому аналізовану пробу поміщають між джерелом електромагнітного випромінювання з визначеним діапазоном частот і спектрометром. Спектрометр вимірює інтенсивність світла, що пройшло через пробу, порівняно з джерелом первісного випромінювання за заданої довжини хвилі.

Під впливом різних випромінювань відбуваються електронні переходи в молекулах речовини або вільних атомах досліджуваного хімічного елемента (аналітичний сигнал – поглинання чи випускання), а також зміни орієнтації спінів атомів (аналітичний сигнал – ядерний магнітний резонанс) або електронів (аналітичний сигнал – електронний парамагнітний резонанс). Аналітичні сигнали вимірюють різними методами.

*Молекулярно-абсорбційна спектрометрія.* Метод молекулярно-абсорбційної спектрометрії досліджує аналітичні сигнали в області від 200 до 750 нм (УФ-випромінювання і видиме світло), викликані електронними переходами зовнішніх валентних електронів, а також

поглинання випромінювання в ІЧ (інфрачервоного випромінювання) мікрохвильовій області, пов'язане зі зміною обертання й коливання молекул.

Найширше розповсюдження отримав метод, що ґрунтується на вивченні поглинання у видимій області спектра в інтервалі довжин хвиль від 400 до 750 нм – фотометрія; а також метод, що ґрунтується на поглинанні випромінювання в різних частинах інфрачервоної області електромагнітного спектра; найчастіше використовують поглинання випромінювання в середній (довжина хвилі 2,5-25 мкм) і ближній (довжина хвилі 0,8-2,5 мкм) ІК-області. У термінології спектроскопії прийнято такі фотометричні величини (табл. 2).

Таблиця 2

### Основні фотометричні величини

Термін	Символ
Оптична щільність	D
Пропущення	T
Коефіцієнт поглинання	K
Молярний коефіцієнт поглинання за довжини хвилі	$\epsilon_{\lambda}$
Товщина поглинання шару (кювети), см	L
Довжина хвилі світла, нм	$\lambda$

У вітчизняній і закордонній термінології іноді замість терміна «оптична щільність» уживають термін «екстинція» (E), а замість терміна «коефіцієнт поглинання» термін «коефіцієнт екстинції».

Незважаючи на те, що механізм взаємодії випромінювання з речовиною в різних зонах відрізняється один від одного, у будь-якому разі відбувається поглинання молекулами визначеної кількості енергії.

Поглинання енергії вільними атомами речовини супроводжується зміною іншого стану їхніх зовнішніх електронів. У молекул така взаємодія може стосуватися всіх трьох енергетичних станів: обертального, коливального й електронного.

За характером випромінювання, що реєструється, техніки вимірів і використовуваної апаратури в абсорбційному аналізі виділяють такі групи методів:

- спектрофотометричні – у яких через досліджуваний і стандартний розчин пропускається монохроматичне випромінювання, і світлопоглинання реєструється й вимірюється фотоелектрично;
- фотоелектроколориметричні – у їхній основі лежать ті ж закони поглинання світла досліджуваною речовиною, однак цим методом визначають концентрації тільки тих компонентів продукту, що мають вибіркоче поглинання у видимій зоні спектра, тобто мають фарбник;
- нефелометричні – ґрунтуються на фотоелектричній реєстрації розсіювання випромінювання джерела під час проходження його через неоднорідну дисперсну систему;
- турбодинамічні – у яких, на відміну від нефелометричних, реєструється не розсіювання, а поглинання завислими частками випромінювання після проходження його через дисперсну систему.

Найбільшого поширення набули спектрофотометричні та фотоелектроколориметричні методи аналізу. Під час дослідження якості харчових продуктів абсорбційний аналіз застосовується переважно для якісного і кількісного визначення їхніх складових компонентів, що характеризують харчову і біологічну цінність (білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, кислот, пектинових речовин, фенольних з'єднань, мінеральних елементів тощо), а також для оцінки глибини процесів, що протікають у них під час виробництва і збереження (ступінь денатурації білків, гідроліз і окислювання жирів, окислювання дубильних речовин тощо).

*Флюоресценція* – це вид власного світіння речовини, що продовжується під час опромінення. Якщо джерело збудження усунути, то світіння припиняється миттєво або не більше, ніж за 0,001 с.

Фосфоресценцією називають власне світіння речовини, що продовжується після відключення світла, яке збуджує. Для дослідження харчових продуктів використовують явище флюоресценції.

За допомогою люмінесцентного аналізу (ЛА) можна знайти в досліджуваному зразку наявність речовини в концентрації 10-11 г/г. Якісний і кількісний ЛА використовують для визначення деяких

вітамінів у харчових продуктах, вмісту білків і жирів у молоці, для діагностики псування овочів, плодів, дослідження свіжості м'яса і риби і виявлення в продуктах харчування консервантів, лікарських препаратів, канцерогенних речовин, пестицидів. Зміна кольору люмінесценції дозволяє виявити деякі дефекти харчових продуктів: наявність личинок гельмінтів у м'ясі; ураження картоплі фітофторою, кільцевою гнилизною, появу вірусних захворювань; ураження цитрусових блакитною цвіллю; зміна кольору флюоресценції свіжих плодів і овочів дозволяє знайти початок псування їх на дуже ранній стадії, яке важко виявити іншими методами; ЛА може бути ефективним за сортового добору плодів і овочів, що направляються на збереження, а також призначених для тривалого транспортування або консервування. В останньому разі різко скорочується кількість бракованих консервів; за кольором флюоресценції можна судити про природу і доброякісність молока і молочних продуктів; розбіжності за кольором люмінесценції мають олія і тваринні жири, а також маргарин, що дозволяє визначити простим методом домішки маргарину у тваринних жирах. ЛА дозволяє установити ступінь окислення харчових жирів; спостереженням за кольором флюоресценції борошна можна визначити його гатунок, вид і наявність у ньому шкідливих домішок – борошно з наявністю різка викликає фіолетове мерехтливе світіння. На колір та інтенсивність флюоресценції впливають також інші фактори, наприклад, під час висушування пшеничного і житнього борошна флюоресценція змінюється від блискучої блакитної до жовтої, для флюоресценції зерна і борошна, що зберігалися, характерна поява різних відтінків у кольорі; візуальним спостереженням за люмінесценцією можна характеризувати ступінь свіжості яєчних продуктів, визначити вид м'яса і дати орієнтовну оцінку його сортності.

Кількісний ЛА дозволяє визначити концентрацію досліджуваної речовини в розчині за інтенсивністю люмінесценції (ІЛ). Техніка кількісного аналізу ґрунтується на тому, що за невеликого вмісту речовини, яка флюоресціює, у розчині існує пропорційна залежність між яскравістю світіння і концентрацією речовини в пробі.

Найзручніше проводити порівняння за ІЛ розчину невідомої концентрації з еталонним розчином. За концентрацією речовини в стандартних розчинах розраховують вміст речовини у пробах. У кількісному ЛА застосовують люмінесцентні фотометри, які часто називають флюорометрами.

Ядерний магнітний резонанс. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (ЯМР) вивчає магнітний резонанс, що виникає в результаті взаємодії магнітного моменту ядра із зовнішнім магнітним полем. За допомогою методу ЯМР можна досліджувати ядра з власним моментом кількості руху (спін ядра) і пов'язаним з ним магнітним моментом ядра.

Речовину, досліджувану методом ЯМР, поміщають одночасно в два магнітних поля – одне постійне, а інше радіочастотне. Вимірювання здійснюють на ЯМР-спектрометрі, основними складовими елементами якого є: електромагніт (у простих приладах використовують постійний магніт); генератор радіочастотного випромінювання; датчик, у який поміщають пробірку зі зразком; електронний підсилювач та інтегратор; самописець.

Отримавши спектр ЯМР, можна визначити концентрацію речовини в розчині і стежити за зміною її в ході хімічних реакцій зі зміною інтенсивності піків. Порівнюючи площі піків поглинання, можна сказати про кількість ядер у будь-якому угрупованні, що часто допомагає при розшифровці структури молекул.

Структура піку поглинання і значення констант розщеплення дозволяють говорити про оточення цього угруповання, про те, які групи впливають на надтонке розщеплення цього піку. При аналізі спектра ЯМР розраховують хімічний зсув кожної групи і за таблицями хімічних зрушень визначають, до яких з'єднань чи угруповань можна віднести кожну з досліджуваних груп піків. Припустивши структурну формулу для даної речовини, за інтенсивністю піків знаходять відношення кількості протонів у групах. З огляду на те, що загальна кількість протонів відома, наприклад, з даних елементного аналізу, можна встановити кількість протонів у кожній групі та остаточно – структуру речовини.

Особливість методу ЯМР насамперед полягає в тому, що за матеріальним становищем резонансних ліній у спектрах можна судити про взаємне розташування окремих атомів чи груп атомів у молекулах. Використання методу ЯМР як аналітичного в найпростішому випадку складається в порівнянні положень ліній спектрів зразка невідомої структури і стандартного зразка відомої структури: збіг спектрів стандартної речовини і досліджуваної дозволяє провести ідентифікацію останньої.

Радіометричні методи дозволяють визначити кількість речовин за їхньою радіоактивністю або за допомогою радіоактивних індикаторів.

Реологічні методи аналізу дозволяють одержати інформацію про реологічні властивості харчових систем. Як уже зазначалося, харчові продукти – це переважно дисперсні системи (суспензії, емульсії, пористі тіла, піни тощо).

Реологічні властивості цих систем обумовлені насамперед їхньою структурою, тобто внутрішньою будовою і характером взаємодії складових їхніх фаз. Через це реологічні властивості харчових продуктів часто називають структурно-механічними.

Структурно-механічні властивості є проявом хімічного складу й умов утворення продуктів, а отже, можуть дати найбільш повне уявлення про зміну факторів, безпосередньо пов'язаних з якістю. Завдяки цьому реологічні методи можуть бути з успіхом використані для оцінки якості напівфабрикатів і готової продукції, оцінки ефективності технологічних процесів і устаткування, управління процесами з метою одержання продуктів із заданими властивостями.

За характером зовнішнього впливу на продукт структурно-механічні властивості поділяють на зсувні, компресійні і поверхневі.

*Зсувні властивості* характеризують поведження обсягу продукту під час впливу на нього зрушень, дотичних напружень (в'язкість, період релаксації, модулі пружності, зрушення, межі протікання зрушення, міцності структури тощо). Вони широко використовуються як для розрахунку різних технологічних процесів, так і для оцінки якості продуктів.

*Компресійні властивості* характеризують поведження обсягу

продукту під час впливу на нього нормальних напруг у замкнутій формі: щільність, коефіцієнт бічного тиску, коефіцієнт Пуасона, модулі пружності, стиску, розтягання тощо. Компресійні властивості, особливо щільність, разом з використанням під час розрахунків процесів, машин і апаратів, також використовуються під час оцінки якості готової продукції.

*Поверхневі властивості* характеризують поведінку поверхні продукту на межі розділу з поверхнею конструкційного матеріалу за нормального відриву або зрушення: адгезія, коефіцієнт зовнішнього тертя. З компресійних характеристик для контролю якості найчастіше використовують щільність, пружність, консистенцію, а з поверхневих – адгезію. До реологічних методів, що дозволяють оцінити зміну зсувних характеристик продуктів, належать віскозиметрія, консистометрія, пенетрометрія тощо.

*Віскозиметрія* є одним з найбільш доступних і простих методів. Вона використовується для виміру в'язкості рідких продуктів, сиропів, пастоподібних харчових мас.

*В'язкість* – найважливіша реологічна властивість, що характеризує стан більшості харчових продуктів у процесі їхнього виробництва, транспортування і збереження. В'язкість є найбільш чутливою реологічною характеристикою харчових продуктів і тому несе в собі значну інформацію про стан продукту. На величину в'язкості впливають температура, концентрація харчових речовин, ступінь дисперсності системи, вміст жиру, кістки в системі та інші фактори.

Залежно від характеру досліджуваного продукту принцип методу, устрій приладу і техніка виміру в'язкості можуть істотно розрізнятися. Так, для оцінки якості харчових продуктів з порівняно невеликою в'язкістю використовуються капілярні й кулькові віскозиметри. Визначення в'язкості під час користування цими приладами зводиться до визначення часу перетікання через капіляр певного обсягу досліджуваної і стандартної рідин і виміру часу проходження кулькою визначеного відрізка шляху в досліджуваній і стандартній рідинах відповідно.



За допомогою капілярних і кулькових віскозиметрів визначають в'язкість топлених тваринних жирів і олії, масла какао, м'ясо-кісткових бульйонів, соків, патоки, цукрово-патокових сиропів, кондитерських жирів та інших продуктів.

Для виміру зсувних характеристик харчових продуктів з помірною і великою в'язкістю найчастіше використовують ротаційні віскозиметри. Ротаційні віскозиметри застосовують для контролю за технологічними процесами і якістю готової продукції (за реологічними характеристиками) у хлібопекарській, кондитерській, консервній, цукровій, крохмале-патоковій, м'ясній, молочній та інших галузях харчової промисловості.

*Густина*, як і в'язкість, є найважливішою характеристикою продукту, і тому широко використовується під час оцінки якості продуктів. Вона дуже тісно пов'язана з хімічним складом, температурою, концентрацією тощо.

*Пружно-в'язкі властивості* харчових продуктів у галузі малих деформацій вимірюють приладами, що називаються зсуво- і пластомірами. Такі прилади використовують для визначення структурно-механічних властивостей крохмального клейстеру, цукеркових мас, томат-продуктів, маргарину і м'ясних фаршів.

Зсувні характеристики також можуть вимірюватися методом *пенетрації* або зондування. Принципи цих методів реалізовано в різних моделях пенетрометрів і консистометрів. Такі прилади використовують для дослідження консистенції м'яса і ковбасних виробів, сиру та подібних йому продуктів тощо.

З компресійних характеристик для контролю якості найчастіше використовують щільність, пружність, консистенцію, а з поверхневих – адгезію.

Оскільки абсолютну щільність виміряти важко, визначають відносну щільність – відношення маси продукту до маси води в тому самому обсязі за однієї й тієї самої температури. За густиною контролюється якість молока, молочних продуктів, лікєро-горілочаних виробів, вина, соків, сиропів, олії, тваринних жирів тощо.

Для сипучих і дрібних за розміром продуктів використовується

об'ємна (насипна) щільність, тобто маса одиниці об'єму продукту за вільного насипання (укладання). Насипна щільність пов'язана з розмірами і структурою продукту, тому побічно характеризує його якість.

Для оцінки якості сировини, напівфабрикатів і готової продукції в молочному, лікєро-горілчаному, бродильному та інших харчових виробництвах традиційно використовується метод *ареометрії* (*денсиметрії*). У його основу покладено закон Архімеда. В ареометрії використовують густоміри (ареометри) різних конструкцій.

*Міцнісні характеристики* (межа міцності, відносне подовження тощо) зазвичай одержують при осьових та об'ємних деформаціях. Останнім часом у зв'язку зі спробами об'єктивно оцінити якість продуктів через консистенцію (ніжність), виміру міцнісних характеристик приділяється велика увага.

Для виміру *адгезійних властивостей* застосовують різні адгезіметри (рівномірного й нерівномірного відриву або зрушення – за способом докладання відривного зусилля).

*Адгезія* – це непрямий показник якості технологічної обробки (липкість хлібної м'якушки, ковбасного фаршу, карамелі, кисломолочного сиру та інших продуктів). Величину адгезії зазвичай характеризують мінімальною силою відриву, тобто зусиллям, необхідним для відриву однієї поверхні від іншої. Цю силу називають адгезійною міцністю.

За допомогою фізичних методів визначають ще такі показники харчових продуктів, як вміст вологи і сухих речовин, зольність, температуру плавлення і затвердіння, концентрацію водневих іонів, наявність домішок тощо. Крім того, фізичними методами, разом з хімічними, можна визначати вміст цукрів (методом визначення за питомою вагою).

Вміст вологи або сухих речовин у харчових продуктах визначають прямими і непрямими методами. Під час прямих методів (відгону) із продукту вилучають вологу і встановлюють її кількість. Прямі методи широко застосовують під час визначення вологи в харчових продуктах, що містять легколеткі речовини (прянощі), у

продуктах, багатих жиром (солоня, в'ялена, копчена риба, жири, ефірна олія), а також у свіжих овочах і фруктах.

За непрямих методів (висушування, рефрактометрія, під час визначення за щільністю й електропровідністю розчину) знаходять вміст сухих речовин (сухого залишку).

## 2. Хімічні методи оцінки

Дані методи визначають кількість і якість окремих органічних чи неорганічних речовин, що входять до складу харчового продукту. Хімічні методи ґрунтуються на хімічних властивостях досліджуваних речовин, їхній здатності брати участь у якихось специфічних кількісних чи якісних реакціях з певними реагентами. Ефектом таких реакцій може бути утворення малорозчинного осаду, малодисоційованої сполуки або міцної комплексної сполуки.

Хімічними методами в харчових продуктах визначають кислотність, вміст хлориду натрію, цукрів, клітковини, пентозанів, жиру, білкових речовин, а також вітамінів і ферментів.

*Кислотність продуктів.* Кислотність обумовлює смакові властивості продукту і є показником його свіжості і доброякісності. Кислотність залежить від природи сировини, з якої готується той чи інший продукт, а також від рецептури, технологічного режиму і способів виготовлення, від термінів зберігання, тобто є важливим показником якості харчових продуктів, визначенню якого надається велике значення.

Залежно від характеру і консистенції досліджуваних продуктів кислотність визначають безпосередньо в самих продуктах (рідких) або у водяних витяжках, які одержують з них (у продуктах, що мають нерідку консистенцію). Розрізняють активну (рН) і титровану кислотність.

З огляду на активну кислотність судять про концентрацію вільних іонів водню в розчині. Величина рН, її зміна під час збереження і переробки харчових продуктів характеризує якість більшості харчових продуктів, тому що діяльність ферментів і бактерій пов'язана з

кислотністю середовища. У зв'язку з цим даний показник може застосовуватися для контролю біохімічних процесів, що відбуваються під час збереження харчових продуктів.

На практиці рН найчастіше визначають за допомогою універсальних лакмусових папірців. Ці папірці з кольоровою шкалою порівняння змочують досліджуванним розчином і за фарбуванням, що утворилося, визначають величину рН.

Незважаючи на те, що активна кислотність є показником істинної кислотності, усе-таки якість багатьох харчових продуктів (плодово-ягідних соків, маринадів, квашених овочів, молочних продуктів, жирів, борошна, хлібобулочних і кондитерських виробів) регламентується за титрованою кислотністю. Титрована кислотність – це кількість вільних органічних кислот і їхніх кислих солей, що містяться в досліджуваному продукті. Метод визначення титрованої кислотності ґрунтується на нейтралізації розчином лугу водяних витяжок кислот і солей.

*Вміст NaCl (кухонної солі)* у продукті обумовлює не тільки його стійкість, але й смакові властивості. Тому під час оцінки якості деяких харчових продуктів вміст кухонної солі є одним з найважливіших показників їхньої якості.

Вміст NaCl у продуктах визначають двома способами:

– у водяній витяжці з продукту шляхом осадження іона хлору азотнокислим сріблом у нейтральному середовищі з наступним титруванням азотнокислою окисною ртуттю за наявності індикатора з пофарбуванням сполуки, що утворилася, у синьо-фіолетовий колір (метод Мора). Процентний вміст NaCl визначають за кількістю азотнокислої ртуті, використаної на титрування;

– у сильнокислому середовищі (метод Фольгарда).

Кількісний і якісний *склад цукрів* характеризує смакові і харчові якості продуктів. Крім того, оскільки цукор використовується як засіб консервування харчових продуктів, його вміст впливає ще й на їхню стійкість під час зберігання. Тому визначення вмісту цукрів має велике значення під час оцінки і контролю якості продукції. Із цукрів у харчових продуктах наявні переважно моносахариди (глюкоза і

фруктоза) і дисахариди (мальтоза, лактоза і сахароза).

Зазвичай у досліджуваних продуктах (варення, джем, повидло, лікєро-горілчані вироби, коньяки, виноградні і плодово-ягідні вина тощо) знаходять загальну кількість цукрів. Однак під час оцінки деяких продуктів (карамельні вироби, цукор) визначають і редуковані цукри, оскільки їхній вміст також обумовлює стійкість продуктів. Дуже рідко вміст глюкози і фруктози визначають окремо.

Хімічні методи визначення цукрів ґрунтуються на здатності їхніх карбонільних груп окислятися в лужному середовищі з відновленням під час цього різних речовин. За кількістю відновлених речовин судять про вміст цукрів у досліджуваному продукті. Залежно від складу застосовуваних реактивів, умов протікання реакцій окислювання-відновлення і способів визначення кількості відновлених речовин хімічні методи визначення цукрів можна розділити на дві основні групи:

– методи, що ґрунтуються на відновленні в лужному розчині солей окисної міді і ртуті (перманганатні методи, зокрема метод Бертрана);

– методи, що ґрунтуються на відновленні в лужному розчині червоної кров'яної солі; до цієї групи належить ціанідний метод і його різновиди.

*Перманганатні методи* широко застосовуються під час визначення в харчових продуктах редукованих цукрів, сахарози, загальної кількості інвертного цукру.

*Ціанідні методи* знаходять широке застосування під час досліджень харчових продуктів – коньяків і лікєро-горілчаних виробів, кондитерських виробів, консервованих харчових продуктів.

Окрім того, для визначення глюкози за наявності фруктози (кетоцукру) і визначення сахарози застосовують йодометричний метод (метод Вільштеттера – Шудля). Цей метод ґрунтується на здатності глюкози, що містить альдегідну групу, кількісно окислятися йодом у лужному розчині. За кількістю йоду, витраченого в реакції, судять про кількість глюкози в досліджуваному продукті.

Визначення *вмісту клітковини* передбачається під час оцінки

якості кондитерських виробів, що містять у собі рослинні волокна (шоколад, какао тощо). Однак цей показник може бути використаний і під час оцінки таких харчових продуктів, як борошно і борошняні вироби, а також плодоовочеві товари.

У харчових продуктах клітковина завжди супроводжується так званими супутніми речовинами, більш-менш тісно пов'язаними з нею. Ця обставина сильно ускладнює визначення клітковини в чистому вигляді. Усі методи визначення клітковини ґрунтуються на її ваговому аналізі після видалення супутніх речовин. Видалення здійснюється обробкою досліджуваного матеріалу гідролізуючими речовинами або окислювачем. Недолік цих методів полягає в тому, що тісно пов'язані з клітковиною геміцелюлоза і лігнін важко видаляються за такої обробки досліджуваної проби. Окрім того, відбувається частковий гідроліз самої клітковини. Тому обумовлена цими методами клітковина не є чистою речовиною і може бути названа «нечистою» або «сирою».

Визначення сирії клітковини ґрунтується на обробці матеріалу як окислювальними, так і гідролізуючими засобами (метод Кюршнера і Ганака та метод Геннеберга і Штомана). Суть методів полягає в обробці наважки продукту розведеними розчинами сірчаної кислоти і їдкого калію, потім водою, етиловим спиртом і етиловим ефіром. Під час цього видаляються продукти гідролізу супутніх клітковині речовин. Решту клітковини висушують і зважують.

*Жири* в харчових продуктах встановлюють різними хімічними методами: екстрагуванням (зокрема методом Сокслета – арбітражним), за масою знежиреного залишку тощо.

*Арбітражний метод визначення жиру* (метод Сокслета) ґрунтується на екстрагуванні жиру етиловим спиртом або петролейним ефіром з підсушеного зваженого продукту з наступним відгоном ефіру, висушуванням жиру до постійної маси і зважуванням залишку. Визначений цим методом жир називається сирим або нечистим, тому що розчинник екстрагує не тільки жири, а й інші речовини (вільні жирні кислоти, фосфатиди, стерини, ефірну олію, воскові речовини, смоли, альдегіди, кетони, органічні кислоти тощо).

Метод Сокслета широко застосовується під час визначення вмісту жиру в олійній сировині, харчових концентратах, зерноборошняних продуктах, кондитерських виробках, молочних, м'ясних і рибних продуктах, консервах різних видів та іншій продукції.

Інші різновиди методу екстрагування ґрунтуються на отриманні жиру сумішшю полярних і неполярних розчинників (хлороформ – етиловий спирт) у спеціальному приладі з наступним визначенням вмісту жиру після видалення розчинників.

Відповідно до методу визначення вмісту жиру за масою знежиреного залишку (непрямим методом Рушковського) кількість жиру в досліджуваному продукті знаходять за різницею маси сухої наважки, взятої для екстракції, і знежиреного залишку.

Метод визначення жиру жироміром (бутирометром) ґрунтується на руйнуванні білків продукту сірчаною кислотою, отриманні жиру ізоаміловим спиртом з наступним видаленням жиру центрифугуванням.

До *азотовмісних речовин* у продуктах тваринного і рослинного походження відносять насамперед *білки*, а також нуклеїнові кислоти, алкалоїди, фосфатиди, пуринові і піримідинові основи та інші речовини. Під час дослідження харчових продуктів визначають вміст не тільки загального азоту, але й азоту білкового і небілкового походження (окремо). За зміни в харчових продуктах у разі збереження співвідношення у вмісті білкового й небілкового азоту можна судити про їхню свіжість.

У практиці визначення загального азоту застосовують макро і мікрометоди К'ельдаля. Мікрометоди відрізняються від макрометодів тим, що для них беруть значно менші наважки продуктів. Принцип методів полягає в окислюванні органічних речовин до вуглекислого газу, води й аміаку під час нагрівання з концентрованою сірчаною кислотою. Після цього вода і вуглекислота видаляються, а аміак під час відгону уловлюється надлишком титрованого розчину сірчаної кислоти. Надлишок же незв'язаної вільної кислоти, яка залишилася, відтитровують лугом і за різницею визначають кількість

зв'язаної аміаком кислоти. За вмістом останньої розраховують процентний вміст азоту в досліджуваному продукті.

Вміст білкового і небілкового азоту визначають за методом Бернштейна-Штутцера. Метод полягає в осадженні білків з наважки продукту солями важких металів. У висушеному осаді і фільтраті окремо визначають азот за методом К'ельдаля. Азот, що міститься в осаді, відповідає білковому, а у фільтраті – небілковому.

Вміст *вітамінів* у харчових продуктах становить тисячні й десятитисячні частки відсотка. Тому методи їхнього визначення мають бути досить чутливими й точними.

Хімічним методом визначається вміст вітаміну С (аскорбінової кислоти) у продукті (за Прокошевим). Метод ґрунтується на окислювально-відновлювальній реакції, що протікає між аскорбіновою кислотою й індикатором (реактив Тильманса). Індикатор у кислому середовищі має червоне забарвлення, у нейтральному і лужному – синє. За кількістю індикатора, витраченого на титрування вітаміну С, судять про кількість аскорбінової кислоти в продукті.

### **3. Фізико-хімічні методи оцінки**

Фізико-хімічні методи оцінки якості харчової продукції використовуються для визначення показників, що можуть бути проконтрольовані шляхом комплексного використання фізичних і хімічних методів.

У фізико-хімічних методах аналізу визначають зміни фізичних властивостей системи (коефіцієнт заломлення світла, поглинання світла, електричної провідності тощо), що відбуваються в результаті хімічних або електрохімічних реакцій. Інтенсивність фізичного сигналу залежить від концентрації обумовленого компонента.

Фізико-хімічні методи дослідження харчових продуктів: поляриметричні, рефрактометричні, електрохімічні, електрофоретичні, хроматографічні. До фізико-хімічних методів може бути також віднесений і фотоколориметричний метод дослідження (різновид абсорбційного аналізу) у тому разі, коли обумовлений



компонент не має власного забарвлення і його переводять у забарвлений стан за допомогою реакцій зі специфічними фотометричними реагентами.

*Поляриметричний метод дослідження* харчових продуктів ґрунтується на властивості анізотропних, оптично активних речовин змінювати напрямок поляризованих променів світла під час його проходження через ці речовини. У поляризованого світла, пропущеного через шар розчину оптично активної речовини, площина поляризації виявляється поверненою на деякий кут, який називають кутом повороту площини поляризації. Оптична активність таких речовин може бути обумовлена особливостями будови їхніх кристалічних сіток – у цьому разі речовини виявляють оптичну активність тільки у твердому кристалічному стані; або особливостями будови молекул – оптична активність таких речовин виявляється тільки в розчинах. До речовин останньої групи належать переважно такі органічні речовини, як сахароза, глюкоза, фруктоза, винна кислота. Поляриметричний метод розроблено для кількісного визначення саме цієї групи речовин.

Метод широко застосовується під час виробництва олії і жирів, у цукровій та інших галузях харчової промисловості.

*Рефрактометричний метод* ґрунтується на вимірі показника заломлення (рефракції) речовин під час переходу променя світла з одного середовища в інше. За показником заломлення судять про концентрацію речовин у розчині.

Рефрактометрію широко застосовують під час оцінки якості жирів, томатопродуктів, варення, джему та інших продуктів. Цим методом користуються також для кількісного визначення жирів, вологості, вмісту спирту в розчині (разом із пікнометричним методом), для пофазового контролю в процесі виробництва харчових продуктів – кондитерських виробів, напоїв, деяких видів консервів тощо.

Показник заломлення залежить від температури, тому рефрактометричні виміри проводять за температури 20 °С (з відхиленням температури від потрібної вводять відповідні температурні виправлення).

Для виміру показника заломлення рідких речовин і розчинів застосовують прилади, які називаються рефрактометрами.

Основні *електрохімічні методи* базуються на вимірюванні концентрації речовин за значенням інших параметрів. Вони ґрунтуються на вивченні розчиненої речовини. Питоме обертання залежить від природи речовини, її температури, концентрації в розчині, а також довжини хвиль поляризованого світла і розчинника.

До електрохімічних методів належать:

1. *Електрогравіметричний метод* – полягає в електролітичному виділенні з водяних розчинів металів або окислів з наступним гравіметричним визначенням їхньої маси. Метод ґрунтується на законах електролізу, які встановлюють пропорційність між масою речовини, що виділяється на електроді, кількістю струму, що пройшов через розчин, і хімічним еквівалентом речовини.

2. *Кулонометричний метод аналізу* – також ґрунтується на законах електролізу. Однак за цим методом вимірюють не речовину, що виділяється в процесі електролізу, а кількість струму для її виділення.

Залежно від умов проведення електролізу розрізняють пряму кулонометрію (коли на робочому електроді виділяється обумовлена речовина) і кулонометричне титрування (коли допоміжна речовина-титрант кількісно взаємодіє з обумовленою речовиною і виділяється на робочому електроді).

3. *Кондуктометричний метод аналізу* – у його основі лежить вимірювання електричної провідності або електричного опору, які залежать від природи досліджуваної речовини, її концентрації, температури, діелектричної проникності та інших факторів.

Розрізняють пряму кондуктометрію і кондуктометричне титрування. Під час прямої кондуктометрії концентрацію обумовленої речовини вимірюють за її електропровідністю або електричним опором. За виміряною електропровідністю чи опором знаходять вміст речовини за допомогою каліброваних графіків, які складають за стандартними розчинами.

Методом кондуктометричного титрування точку еквівалентності

визначають за зміною електропровідності розчину.

Під час оцінки якості харчових продуктів цей метод застосовується для визначення концентрацій окремих компонентів (вологи, жиру, амінокислот, пектинових і мінеральних речовин, алкалоїдів). З його допомогою можна контролювати якість молока, соків, напоїв, цукру, прянощів. Особливо широко використовують кондуктометричні методи аналізу для визначення вологості і концентрації компонентів у ході технологічних процесів виробництва продуктів харчування.

4. *Потенціометричний аналіз* – найзручніший, найнадійніший і найбільш розповсюджений метод визначення кислотності (рН) продукту (рН-метрія).

Розрізняють два види потенціометричного аналізу: пряма потенціометрія і потенціометричне титрування.

Пряма потенціометрія застосовується для визначення концентрації іонів з використанням залежності потенціалу електрода від складу розчину. Цей метод використовують під час виміру концентрації іонів водню (рН-метрія) і під час виміру деяких інших іонів (срібла, натрію, калію, хлору тощо – іонометрія). рН-метрія ґрунтується на вимірі електродного потенціалу, що виникає в аналізованому розчині під час опускання електродної пари. Електродний потенціал залежить від природи електрода, складу й концентрації розчину, температури.

Метод потенціометричного титрування використовують для визначення концентрації іонів в аналізованому розчині титруванням, коли точку еквівалентності визначають за різкими, стрибкоподібними змінами потенціалу вимірювального електрода. Потенціометричним титруванням користуються під час контролю якості харчових продуктів для визначення загальної (титрованої) кислотності в забарвлених і непрозорих розчинах, коли не можна застосувати інші методи титрометричного аналізу.

5. *Полярографічний аналіз* – полягає в одержанні й дослідженні кривої залежності сили струму, що протікає через досліджуваний розчин, від плавно зростаючого потенціалу, прикладеного до

електродів.

Під час оцінки якості харчових продуктів полярографія використовується поки ще обмежено, переважно для якісного і кількісного визначення макро- і мікроелементів, амінокислот, вітамінів, для контролю глибини окисних і гідролітичних процесів, денатураційних змін білків. У виробництві харчової продукції застосовують автоматичні полярографічні аналізатори концентрацій розчинів – концентратоміри.

6. *Електрофоретичні методи* ґрунтуються на явищі електрофорезу – переміщення в електричному полі заряджених часточок колоїдного розчину чи суспензії. Ці методи широко застосовують для поділу й очищення складних сумішей речовин близької будови (препаративний електрофорез), а також для вивчення властивостей, будови і складу речовин, аналізу їхніх сумішей (аналітичний електрофорез). Так, з їхньою допомогою можна швидко розділяти й аналізувати (якісно і кількісно) склад білків, ферментів, антибіотиків, токсинів, полісахаридів, вітамінів та інших компонентів харчових виробництв. Тому методи електрофорезу часто використовують для наукових досліджень; під час контролю ж якості харчових продуктів ними користуються поки що рідко.

Поряд з переліченими методами аналізу до низки найважливіших фізико-хімічних методів варто віднести хроматографію.

*Хроматографія* є одним з найбільш ефективних і універсальних методів поділу й аналізу складних сумішей речовин. Останнім часом вона з великим успіхом застосовується під час оцінки якості харчових продуктів. Хроматографічні методи незамінні під час оцінки харчових продуктів, що мають дуже складний хімічний склад.

Хроматографія – це процес поділу складної суміші речовин на компоненти за допомогою сорбційних методів у динамічних умовах. Основою хроматографії всіх видів є розподіл речовини між двома фазами, що не змішуються. Одна з фаз нерухома й омивається іншою фазою, рухомою. Роль нерухомої фази виконують тверді тіла чи рідини, а як рухома фаза використовують рідину або газ.

Залежно від обраного типу рухомої фази хроматографія

поділяється на газову й рідинну.

Залежно від агрегатного стану обох фаз розрізняють твердо-рідинну, рідино-рідинну, газо-адсорбційну і газо-рідинну хроматографії.

Залежно від видів допоміжних засобів, що використовуються в хроматографічних методах, розрізняють паперову, тонкошарову і колонкову хроматографію.

*Газорідинна хроматографія* є найважливішим методом для вивчення складу жирних кислот природних жирів і олії, а також ліпідів, виділених з різних харчових продуктів. Метод газорідинної хроматографії застосовують також для визначення жиророзчинних вітамінів, вуглеводів (цукрів), аналізу гліцеридів і амінокислотного складу харчових продуктів.

*Паперова хроматографія* є одним з найбільш розповсюджених видів рідино-рідинної хроматографії. Особливістю паперової хроматографії є те, що як нерухому фазу використовують воду, яку утримують волокнами спеціального фільтрувального паперу, призначеного для хроматографії. За допомогою цього методу визначають фенольний склад копчених продуктів, амінокислоти, вміст цукрів.

*Тонкошарова хроматографія* може розглядатися як різновид паперової хроматографії. Замість паперу в тонкошаровій хроматографії використовують скляні пластинки, на які тонким шаром наносять сорбент. Цим методом визначають фракційний склад ліпідів, визначають вміст вітамінів, залишкових кількостей пестицидів, амінокислот, нуклеотидів, цукру, фенолу, гормонів, алкалоїдів та інших сполук у харчових продуктах.

*Колонкова хроматографія* характеризується тим, що поділ речовин за цим методом відбувається у скляній, сталевій або алюмінієвій колонці спеціальної конструкції за певних умов. Розрізняють такі найбільш розповсюджені способи поділу сумішей в колонках: розподільна (рідино-рідинна), адсорбційна (твердо-рідинна), іонообмінна і гель-фільтраційна хроматографія.

У розподільчій колонковій хроматографії нерухома фаза

представлена рідиною, пов'язаною з твердим носієм. Цей різновид методу застосовується для визначення гідрофільних сполук (амінокислот, цукрів) і ліпофільних речовин (жирних кислот, алкалоїдів).

В адсорбційній колонковій хроматографії нерухома фаза є твердою. У цьому разі хроматографічний поділ ґрунтується на зумовленому адсорбцією розподілі компонентів між рухомою рідкою і нерухомою твердою фазами. Методом адсорбційної хроматографії користуються для визначення каротиноїдів, антоціанів, катехінів, стеринів, вітамінів, для фракціонування ліпідів і фосфоліпідів на окремі групи.

В іонообмінній хроматографії замість звичайної адсорбції відбувається адсорбція іонів. Це найпростіший і найбільш ефективний спосіб поділу речовин, молекули яких можуть дисоціювати у розчині. За допомогою цього методу визначають жирно- і амінокислотний склад продуктів. Окремий напрямок використання методу іонообмінної хроматографії – визначення солей важких металів у молочних продуктах.

Гель-фільтраційна (молекулярно-ситова) хроматографія, яка широко застосовується для поділу білків, дозволяє фракціонувати суміші речовин за розмірами їхніх молекул під час використання рівномірного високопористого неіоногенного гелю. Залежно від виду гелю хроматографію підрозділяють на гель-проникаючу (яку здійснюють на ліпофільних полімерах, що набухають в органічних розчинниках) і гель-фільтраційну (що ґрунтується на використанні гідрофільних гелів). За допомогою цих методів роблять переважно поділ фракцій білків харчових продуктів.

Різні види хроматографії застосовують також для ідентифікації летких компонентів природних речовин (під час аналізу аромату харчових продуктів).

Кожен з методів хроматографії є специфічним і має певні переваги. Більш повні і точні результати можна одержати, використовуючи різні види хроматографії, що взаємно доповнюють один одного

### Питання для самоперевірки:

1. Перерахувати фізичні методи
2. Охарактеризувати фізичні методи дослідження
3. Перерахувати хімічні методи
4. Охарактеризувати хімічні методи дослідження
5. Перерахувати фізико-хімічні методи
6. Охарактеризувати фізико-хімічні методи дослідження

## Тема 6

### Стандартизовані методи оцінки харчової продукції

1. Визначення білків
2. Визначення жирів
3. Визначення цукрів
4. Рефрактометричний метод
5. Визначення вологи і сухих речовин

#### 1. Визначення білків

Вміст білка нормується для груп харчових продуктів, одержуваних здебільшого із сировини тваринного походження (продукти, що випускаються м'ясопереробною і молочною промисловістю), і може визначатися хімічними і фізико-хімічними методами.

Білки належать до азотовмісних речовин харчових продуктів разом із нуклеїновими кислотами, алкалоїдами, фосфатидами,

пуриновими і піримідиновими основами та іншими речовинами.

Визначенню білка в харчових продуктах передують визначення загального азоту або азоту білкового і небілкового походження.

У практиці визначення загального азоту найбільше поширення одержали хімічні методи, що ґрунтуються на окислюванні органічних речовин до вуглекислого газу, води й аміаку з наступним визначенням азоту за кількістю аміаку, що утворився в процесі окислювання (мікро- і макрометоди К'ельдаля). Відповідно до цих методів наважку досліджуваного продукту мінералізують (спалюють) концентрованою сірчаною кислотою із застосуванням каталізатора (сірчаноокислої міді, перекису водню, металевого селену тощо.). При цьому всі органічні речовини обвуглюються, а аміак, що виділився, пов'язується сірчаною кислотою у вигляді сульфату амонію. Потім аміак за наявності надлишку лугу відганяють та уловлюють титрованим розчином сірчаної кислоти. Визначають кількість кислоти, нейтралізованої аміаком, і, знаючи її титр за азотом, обчислюють уміст загального азоту в досліджуваному продукті.

Мікрометоди К'ельдаля відрізняються від макрометодів тим, що для спалювання беруть значно меншу кількість продукту (що містить 2-3 г азоту) або ж для відгону аміаку використовують тільки частину кислотної суміші, отриманої після спалювання наважки продукту в концентрованій сірчаній кислоті. При використанні мікрометоду досягається більш швидке проведення аналізу без зниження його точності.

Для визначення кількості білкового азоту зазвичай користуються здатністю білків, на відміну від інших азотовмісних речовин, осідати під дією різних осаджувачів. У якості останніх застосовують речовини, здатні викликати дегідратацію білкових речовин – спирт, ацетон, танін, сульфат натрію, сульфат амонію.

Осаджування цими речовинами білків краще робити в ізоелектричній точці, коли колоїдні частки не несуть на собі заряду. Осаджування білків може бути також зроблено дією протилежно заряджених важких іонів. У кислому середовищі макромолекули білків заряджені позитивно. Осаджування в цьому середовищі



здійснюється аніонами. У лужному ж середовищі, де білкові речовини несуть негативний заряд, осаджування проводиться солями важких металів (міді, ртуті тощо).

Після осаджування білків окремо визначають азот у фільтраті та висушеному осаді методами К'ельдаля. Азот, що міститься в осаді, відповідає білковому, а у фільтраті – небілковому.

Вміст білка можна обчислити шляхом множення даних про вміст білкового азоту в харчовому продукті на коефіцієнт 6,25, беручи до уваги факт, що чистий білок містить 16 % азоту.

Білки в харчових продуктах, зокрема в молоці, можна визначити методом формольного титрування. За цим методом користуються здатністю карбоксильних груп моноамінодикарбонових кислот, що входять до складу білків, нейтралізовуватися лугом. Про вміст білків судять за кількістю розчину лугу, який був витрачений на нейтралізацію. При цьому нейтралізацію роблять автоматично, за допомогою спеціальної установки.

До фізико-хімічних методів визначення білка в харчових продуктах належать фотометричний, колориметричний і рефрактометричний.

*Фотометричний метод* визначення білка полягає у мінералізації проби за К'ельдалем і наступному фотометричному вимірюванні інтенсивності забарвлення індикатора (індофенолового синього), що пропорційна кількості аміаку в мінералізаті.

Під час визначення білка в харчових продуктах колориметричним методом користуються здатністю білків при рівні рН, нижчому ізоелектричної крапки, пов'язувати спеціально приготований кислий барвник. При цьому утвориться нерозчинний осад, що видаляють, потім вимірюють оптичну густину вихідного розчину барвника щодо отриманого розчину і роблять висновок про вміст білка на підставі того факту, що оптична густина зменшується прямо пропорційно масовій частці білка.

Під час визначення білка в молоці рефрактометричним методом вимірюють показники заломлення молока і безбілкової молочної сироватки, отриманої з молока, взятого для дослідження. Висновок

про вміст білків роблять на підставі того факту, що масова частка білка прямо пропорційна різниці між коефіцієнтами заломлення молока і молочної сироватки.

Сутність хімічних і фізико-хімічних методів визначення білків подано в таблиці 3.

Таблиця 3

### Сутність стандартизованих методів визначення білків

Найменування	Суть
Метод визначення вмісту білка за К'ельдалем (м'ясо й м'ясні продукти)	Метод полягає у мінералізації проби за К'ельдалем, відгону аміаку в розчин сірчаної кислоти з наступним титруванням досліджуваної проби
Фотометричний метод (м'ясо й м'ясні продукти)	Метод ґрунтується на мінералізації проби за К'ельдалем і фотометричному вимірюванні інтенсивності фарбування індикатора (індофенолового синього), що пропорційна кількості аміаку в мінералізаті
Метод проведення аналізу за К'ельдалем	Метод базується на спалюванні органічних компонентів проби в молочної колбі з використанням сірчаної кислоти; вивільнюваний при цьому азот визначають титруванням і за його кількістю обчислюють уміст білка
Колориметричний метод визначення білка	Метод полягає в тому, що білки молока здатні при рівні рН, нижчому ізоелектричної точки, пов'язувати кислий барвник, утворюючи з ним нерозчинний осад, після видалення якого вимірюють оптичну густину вихідного розчину барвника щодо отриманого розчину, що зменшується пропорційно масовій частці білка
Рефрактометричний метод визначення білка	Метод полягає у вимірюванні показників заломлення молока й безбілкової молочної сироватки, отриманої з того ж зразка молока. Різниця між ними прямо пропорційна масовій частці білка в молоці
Метод формольного титрування	Метод ґрунтується на нейтралізації карбоксильних груп моноамінодикарбонових кислот білків розчином гідроксиду натрію, кількість якого, витрачена на нейтралізацію, прямо пропорційна масовій частці білка в молоці

## 2. Визначення жирів

Вміст жиру нормується для багатьох груп харчових продуктів (хлібобулочні та кондитерські вироби, молочні продукти тощо) і може визначатися хімічними, фізичними і фізико-хімічними методами.

Найбільш доцільними при визначенні жиру в харчових продуктах є хімічні та фізико-хімічні методи, які полягають в екстракції його яким-небудь органічним розчинником (хлороформ, сірчаній естер (ефір) тощо) з наважки продукту. Після екстракції разом із жиром з наважки витягаються і супутні йому речовини (фосфатиди, естери (ефіри) тощо.). Жир у суміші із супутніми речовинами називають сирим жиром. Одержавши розчин жиру, визначають масу жиру в ньому за допомогою рефрактометра або ваговим способом, зважуючи сухий залишок після відгону розчинника.

Для руйнування сполук жиру з білками, крохмалем та іншими колоїдами наважку продукту перед визначенням нагрівають зі слабким розчином кислоти. Під час кислотної обробки гідролізуються речовини, пов'язані з жиром (білки перетворюються на амінокислоти, крохмаль оцукровується), а склад самого жиру не змінюється. Застосовують також інші прийоми, що сприяють повному витягу жиру: підсушування проби, здрібнювання, розтирання з піском тощо.

Визначаючи вміст жиру ваговим способом, задану кількість розчину жиру кладуть у таровану колбочку. Потім за допомогою холодильника відганяють розчинник, а колбу з жиром сушать до постійної маси і зважують. За різницею між масою колби з висušеним жиром і порожньою колбою знаходять масу жиру в порції розчинника, взятої для аналізу.

Щоб визначити вміст жиру рефрактометричним способом, для екстракції застосовують розчинник із високим коефіцієнтом заломлення (наприклад, альфа-монобромнафталін). Жири ж мають порівняно низькі коефіцієнти заломлення. Одержавши розчин жиру, вимірюють його коефіцієнт заломлення за допомогою рефрактометра. Цей показник має проміжне значення між коефіцієнтами заломлення розчинника і чистого жиру. Чим більше жиру міститься у випробуваній речовині, тим нижчий коефіцієнт заломлення розчину

жиру. На цій залежності ґрунтується формула для підрахунку вмісту жиру в продукті.

Сутність методів визначення жиру в харчових продуктах наведена в таблиці 4.

Таблиця 4

### Суть стандартизованих методів визначення жирів

Метод	Суть
Гравіметричний метод із екстракцією жиру сумішшю хлороформу й етилового спирту (продукти переробки плодів та овочів)	Метод полягає в екстракції жиру сумішшю хлороформу й етилового спирту у фільтрувальній лійці з поділами, а потім визначенням його маси в отриманому екстракті після видалення розчинника
Гравіметричний метод з екстракцією жиру бензином	Метод базується на екстракції жиру бензином у металевому екстракторі з наступним визначенням маси жиру в аліквотній частині отриманого екстракту після видалення розчинника
Рефрактометричний метод	Метод ґрунтується на екстракції жиру 1-бромнафталіном із наступним визначенням показника заломлення екстракту
Екстракційний метод (продукти переробки плодів та овочів, консерви м'ясні та м'ясорослинні)	Метод полягає в екстракції жиру із продукту органічним розчинником в апараті Сокслета, випаровуванні розчинника й визначенні маси екстрагованого жиру або знежиреного залишку з наступним обчисленням масової частки жиру
Гравіметричний метод визначення жиру (контрольний метод) у молоці	Метод базується на екстрагуванні жиру з аміачноспиртового розчину молока діетиловим і петролейним естерами (ефірами), випарюванням розчинників і зважуванням залишку
Кислотний метод визначення масової частки жиру в молоці й молочних продуктах	Метод ґрунтується на виділенні жиру з молока й молочних продуктів під дією концентрованої сірчаної кислоти й ізоамілового спирту з наступним центрифугуванням і виміром об'єму жиру, що виділився в градуйованій частині жировимірювача

Оптичний (турбідимічний) метод визначення масової частки жиру в сирому молоці	Метод полягає у вимірюванні ступеня ослаблення променистого потоку світлорозсіювання шаром жирових кульок молока
Екстракційний метод визначення масової частки жиру в сичугових і плавлених сирах	Сутність методу – обробка сиру соляною кислотою, додавання спирту й наступна екстракція жиру з кислотно-спиртової суміші діетиловим і петролейним естерами (ефірами), випарювання розчинників і зважування залишку (принцип Шмідта – Бондзінськи – Рацлава)
Рефрактометричний метод визначення масової частки жиру в кондитерських виробих і напівфабрикатах (у шоколаді, шоколадних напівфабрикатах, праліне, борошняних кондитерських виробих, оздоблювальних і випечених напівфабрикатах, халві тощо)	Метод ґрунтується на отриманні жиру з наважки монобром- або монохлорнафталіном і визначенні показника заломлення розчинника й розчину жиру
Рефрактометричний метод визначення масової частки жиру в кондитерських виробих на кшталт ірису, вершкової помадки, вершкової тягучки, цукерок «Старт», «Корівка» та ін.	Метод базується на добуванні масової частки жиру з наважки монобром- або монохлорнафталіном після попередньої обробки її оцтовою кислотою; показник заломлення визначають після висушування витяжки вуглекислим безводним натрієм
Екстракційно-ваговий метод визначення масової частки жиру в борошняних кондитерських виробих і оздоблювальних та випечених напівфабрикатах	Метод полягає в добуванні жиру з попередньо гідролізованої наважки виробу розчинником і визначенні кількості жиру зважуванням після видалення розчинника з певного об'єму отриманого розчину
Екстракційно-ваговий метод	Метод застосовують із виникненням розбіжностей для визначення масової частки жиру у всіх кондитерських продуктах і напівфабрикатах. Метод полягає в добуванні жиру розчинником безпосередньо з наважки, попередньо обробленої соляною кислотою. Після

відгону розчинника з отриманого екстракту залишок висушують і зважують
--

### 3. Визначення цукрів

Харчові продукти містять переважно дисахариди (сахароза, мальтоза, лактоза) і моносахариди (глюкоза, галактоза, фруктоза). Для більшості продуктів нормується сумарний уміст цукрів (загальний цукор), а для деяких речовин (карамель, патока тощо), крім того, кількість редукованих цукрів, тобто здатних легко окислюватися.

Усі перераховані вище цукри (за винятком сахарози) мають редуکتивну здатність, тому що вони містять альдегідні чи кетонні групи, що легко окислюються в карбоксильні. Сахароза ж перетворюється на редуковані цукри тільки після гідролізу (інверсії).

Вміст цукрів визначають хімічними і фізико-хімічними методами.

Хімічні методи визначення цукрів різноманітні, однак усі вони ґрунтуються на здатності цукрів окислюватися в лужному середовищі, відновлюючи при цьому інші хімічні речовини. Кількість відновленої речовини еквівалентна вмісту цукру у випробуваному розчині. Найчастіше застосовують методи, що ґрунтуються на окислюванні цукрів лужним розчином окисного з'єднання міді з урахуванням кількості відновленої міді. Рідше вдаються до методів, у яких використовують інші окислювачі цукрів (йод, червона кров'яна сіль – фероціанід тощо).

Перед визначенням цукру необхідно підготувати пробу для аналізу, тобто приготувати із наважки продукту розчин з визначеною концентрацією цукру, вільний від нецукрів (білки, дубильні речовини тощо), що спотворюють результат визначення. Осаджування нецукрів зазвичай проводять розчином сірчаноокислого цинку разом із розчином їдкого натру.

Визначаючи загальний цукор, потрібно попередньо провести інверсію сахарози. Якщо аналізують рідкий продукт (сироп, мед), то під час підготовки наважки продукт розводять водою до визначеного

обсягу. З продукту твердої консистенції готують водяну витяжку в мірній колбі. Наважка повинна мати таку масу, щоб її розчин чи витяжка містили від 0,1 до 0,5 % сахарози (на таку концентрацію цукру розраховано концентрацію робочих реактивів).

До фізико-хімічних методів визначення цукрів належать поляриметричний, фотоелектроколориметричний і рефрактометричний.

Сутність хімічних і фізико-хімічних методів визначення цукрів показано в таблиці 5.

Таблиця 5

### Суть стандартизованих методів визначення цукрів

Метод	Суть
Йодометричний метод визначення цукру (об'єкт контролю – молочні продукти: кисломолочносирні вироби, креми, кисломолочні продукти, морозиво, шоколадне масло)	Метод полягає в окислюванні йодом у лужному середовищі цукрів, що редукують (лактоза, глюкоза), які містять альдегідну групу. Масову частку сахарози визначають за різницею між кількістю взятого й невитраченого йоду, обумовленого титруванням тіосульфатом натрію
Метод Бертрана (об'єкти контролю – фруктове масло, плодово-ягідне й ароматичне морозиво, морозиво на молочній основі, виготовлене за допомогою інвертного сиропу)	Метод ґрунтується на здатності цукрів, що редукують, – лактози, глюкози, фруктози – відновлювати в лужному середовищі двовалентну мідь ( $\text{CuSO}_4$ – рідина Фелінга) в одновалентний закис міді (червоний осад). Осад закису міді окислюють залізоамонійними галунами до $\text{CuSO}_4$ . При цьому тривалентне залізо відновлюється до двовалентного, кількість якого визначають титруванням перманганатом калію. За кількістю витраченого перманганату калію розраховують кількість міді, відновленої з окису в закис. На підставі отриманого результату за емпірично складеними таблицями визначають вміст цукру
Поляриметричний метод (об'єкти контролю – молочні продукти, до рецептури яких	Метод базується на поляриметричному визначенні глюкози та здатності лактози руйнуватися під дією окису кальцію

входить цукор, кисломолочносирні вироби й морозиво)	
Пришвидшений фериціанідний метод визначення масової частки загального цукру (об'єкти контролю – кисломолочні продукти із плодово-ягідними наповнювачами)	Метод ґрунтується на здатності цукрів окислюватися й відновлювати в лужному середовищі заліzosиньородистий калій. За об'ємом випробуваного фільтрату, витраченого на титрування певного об'єму заліzosиньородистого калію, обчислюють масову частку загального цукру в продукті
Визначення сахарози перманганатометричним методом (об'єкти контролю – харчові концентрати, до рецептури яких входить цукор-пісок або цукор-рафінад)	Метод полягає в об'ємному визначенні маси цукрів до інверсії (цукрів, що редукують) і після інверсії (суми інвертного цукру – сахарози й цукрів, що редукують), а також їхньої здатності відновлювати в лужному середовищі солі міді до оксиду міді. Масову частку відновленої сахарози визначають за об'ємом розчину перманганату калію, витраченого на титрування солі заліза – продукту взаємодії солі заліза й оксиду міді
Визначення сахарози рефрактометричним методом (об'єкти контролю – харчові концентрати, у рецептуру яких входить цукор, солодкі страви, сухі продукти для дитячого й дієтичного харчування, напівфабрикати борошняних виробів, сухі сніданки)	Метод базується на використанні встановленої залежності між концентрацією й показником заломлення водяних розчинів сахарози
Визначення сахарози методом інверсійної поляриметрії (об'єкти контролю – солодкі страви, що не містять яблучного екстракту й напівфабрикати борошняних виробів)	Метод полягає у вимірюванні зміни кута обертання площини поляризації досліджуваного розчину до й після інверсії сахарози

#### 4. Визначення вологи і сухих речовин



Всі харчові продукти містять визначену кількість вологи. Залежно від умісту вологи вони можуть бути розглянуті як складні водополімерні системи. До складу харчових продуктів входять вуглеводи, білки, ліпіди, солі, цукор, ароматизатори, смакові речовини. Властивості таких систем, їхня структура, консистенція, допустима тривалість зберігання безпосередньо залежать від взаємодії всіх компонентів. Своєю чергою, взаємодія компонентів тісно пов'язана з їхніми індивідуальними гідратаційними властивостями, зі здатністю взаємодіяти з водою.

Вологість – дуже важливий показник якості сировини, напівфабрикатів і готової продукції, що впливає на їхню харчову цінність, технологічні властивості. Форми зв'язку вологи в харчових продуктах різні. Існують такі форми зв'язку вологи з речовиною:

- хімічна, коли волога міститься в речовині в суворо визначених кількісних співвідношеннях;
- фізико-хімічна, за рахунок сил адсорбції й осмотичних сил, коли точне співвідношення між вологою і речовиною не дотримується;
- фізико-механічна, коли речовина утримує вологу в невизначених кількостях завдяки капілярним силам.

Хімічний зв'язок дуже міцний і може бути порушений лише хімічним впливом. Фізико-хімічний і фізико-механічний зв'язки порушуються під час висушування продукту, і волога може бути видалена. Під час висушування продукту з нього видаляється спочатку механічна (вільна) волога, а потім хімічно зв'язана, що видаляється складніше, ніж вільна.

Визначення вологості продукту є одночасно визначенням вмісту сухих речовин і навпаки.

Методи визначення вологи різноманітні. У харчовій промисловості широко використовують фізичні, фізико-хімічні та хімічні методи. Вони можуть бути прямими і непрямими.

У разі використання прямих методів (відгін) із продукту витягають вологу і встановлюють її кількість. Прямі методи широко застосовують під час визначення вологи в харчових продуктах, що

містять легколеткі речовини (прянощі), у продуктах, багатих жиром (солоня, в'ялена, копчена риба, жири, ефірна олія), а також у свіжих овочах і фруктах.

При використанні непрямих методів (висушування, рефрактометрія, визначення густини й електропровідності розчину) визначають уміст сухих речовин (сухого залишку).

Визначення вмісту сухих речовин прямим способом дає точний результат, але займає багато часу; непрямі методи забезпечують точний результат лише в тому разі, якщо випробуваний розчин містить тільки одну речовину, вільну від домішок. Визначаючи непрямыми методами уміст сухих речовин у розчинах, що містять домішки, одержують так званий видимий результат, що відрізняється від істинного. Це пояснюється тим, що домішки мають іншу відносну густину та інші коефіцієнти заломлення, ніж основна речовина, на визначення якої розрахований той чи інший непрямий метод. Так, наприклад, якщо визначається концентрація чистого цукрового сиропу за показником заломлення, то одержують істинний результат, хоча й користуються непрямым методом. Якщо ж досліджувати цим способом патоку, що містить суміш різних цукрів і декстринів, то результат дасть видимий уміст сухих речовин. Для того щоб зменшити помилку, неминучу під час видимого визначення сухих речовин, вводять поправку до результатів, установлених дослідним шляхом. Чим менше домішок містить випробуваний розчин, тим меншим буде відхилення видимих сухих речовин від істинних.

Електрометричні методи підрозділяються на кондуктометричні та електроємнісні.

Кондуктометричний метод вимірювання вологості полягає в тому, що з підвищенням вологості продукту його електропровідність зростає і навпаки. Визначення вологості кондуктометричним методом зводиться до вимірювання опору матеріалу. Вимірювальний пристрій складається з датчика, що являє собою пару електродів, за допомогою яких через досліджуваний продукт пропускається електричний струм, і вторинного приладу, що вимірює опір. Цей метод дає лише приблизні результати, тому що на електропровідність продукту, крім вологості,

впливають також інші фактори, наприклад, уміст електролітів у досліджуваній речовині. Застосовується цей метод для таких сипучих харчових продуктів, як зерно, борошно, цукор-пісок тощо.

Найширше застосування в контролі якості харчових продуктів знайшли такі теплофізичні методи:

– висушування наважки продукту до постійної маси при зниженій температурі  $+100 - (+105) ^\circ\text{C}$ ; висушування продовжують доти, доки при двох наступних одне за іншим зважуваннях після повторного висушування протягом години не вийде різниця, що складає тисячні частки грама;

– висушування наважки продукту до постійної маси за підвищеної температури  $+130 ^\circ\text{C}$ ; метод застосовують для визначення вмісту сухих речовин у борошні, крупах, хлібобулочних виробках, чаї;

– висушування наважки продукту на ВЧ приладі Чижової  $t = +160 ^\circ\text{C}$ ; використовують для визначення вмісту сухих речовин у деяких видах консервів, джемах, варенні, конфітюрах, повидлі, кондитерських виробках, сушених плодах і овочах, кисломолочному сирі, сирах;

– разове висушування (прискорений метод,  $t = +120 - (+150) ^\circ\text{C}$ ; застосовується для визначення сухих речовин у чаї, каві, м'ясних продуктах, зерноборошняних продуктах, крохмалі, жирах.

Однак варто враховувати, що під час висушування наважки хімічний склад сухої речовини продукту змінюється, що ледь спотворює результати аналізу. Це пояснюється тим, що разом із вологою під час висушування із наважки видаляються леткі речовини (спирти, естери (ефіри), аміак, вуглекислий газ, леткі кислоти тощо).

Втрати сухих речовин обумовлені також утворенням летких сполук із нелетких речовин у результаті хімічних процесів розпаду (наприклад, цукрів), що відбуваються у харчових продуктах.

Втрати сухих речовин під час висушування здебільшого мало впливають на результат аналізу (який є досить близьким до реального), тому що під час висушування відбувається низка хімічних і фізико-хімічних процесів, що штучно збільшують кількість сухих речовин і, таким способом, перекривають погрішності в результаті втрат.

Наприклад, під час сушіння багато речовин окисляється, а гідрофільні колоїди утримують частину вологи. Усе це збільшує масу сухого залишку.

Вища точність результатів аналізу досягається під час сушіння у вакуумних сушильних шафах за більш низької температури (наприклад, при 50 мм рт. ст. вода кипить за температури  $+38,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; у таких умовах менше впливають на результати аналізу і процеси окислювання речовини).

Для багатьох харчових продуктів замість висушування до постійної маси, на що потрібно 10 год і більше, установлюють умовний час висушування, протягом якого видаляється основна маса вологи речовини (наступне висушування призводить до зовсім незначної зміни первісного результату). Так, протягом 4 год за  $+98 - (+100)\text{ }^{\circ}\text{C}$  висушують овочеві, фруктові та рибні консерви, а за  $+100 - (+105)\text{ }^{\circ}\text{C}$  – м'ясні консерви.

Під час висушування протягом визначеного часу необхідно дотримуватися всіх умов роботи ще ретельніше, ніж під час висушування до постійної маси. Не можна допускати помітних коливань температури у процесі сушіння або скупчення в сушильній шафі пари вологи; стандартними мають бути форма сушильної шафи й особливо діаметр чашки для висушування.

Сушильні шафи мають бути обладнані терморегуляторами, реостатами або лабораторними регулювальними автотрансформаторами. У заводських лабораторіях не можна користуватися шафами без пристосувань для підтримки температури на заданому рівні. Необхідно періодично (не рідше 1 разу на місяць) перевіряти рівномірність температури в різних місцях сушильної шафи і на її полицях, найкраще за допомогою 4-5 максимальних термометрів. Розбіжності між показаннями окремих термометрів не мають перевищувати  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для збільшення поверхні випаровування вологи з консервів, а також щоб уникнути утворення скоринки, що перешкоджає нормальному сушінню, рекомендується змішувати наважку досліджуваного продукту з промитим і прожареним кварцевим піском.

Попередньо його просівають крізь сито з отворами діаметром 4-5 мм і відмочують водопровідною водою. До промитого піску доливають соляну кислоту (1:1), перемішують і залишають на ніч. Потім пісок ретельно промивають спочатку звичайною водою до зникнення кислої реакції (проба на лакмус), потім дистильованою і висушують. Після цього пісок знову просіюють крізь сито з отворами діаметром 1-1,5 мм і прожарюють для видалення органічних речовин. Очищений пісок зберігають у закритій банці з притертою пробкою.

Для того щоб результат визначення вологи був близький до реального, варто зводити до мінімуму процеси, що змінюють масу сухого залишку під час висушування.

Сутність методів визначення вологи і сухих речовин подано в таблиці 6.

Таблиця 6

**Суть стандартизованих методів  
визначення вологи і сухих речовин**

Метод	Суть
1. Теплофізичні методи 1.1. Методи визначення вологи й сухої речовини в сушильній шафі 1.1.1. Арбітражні 1.1.2. Основні (висушування наважки до постійної маси) 1.1.3. Прискорені (об'єкти контролю – молоко й молочні продукти, консерви молочні, рибні і з морепродуктів, м'ясні продукти, олія, хліб і хлібобулочні вироби, овочі сушені)	Методи ґрунтуються на здатності досліджуваного продукту, вміщеного в сушильну шафу, віддавати гігроскопічну вологу за певної температури. За різницею в масі продукту до й після висушування обчислюють масову частку вологи.
1.2. Метод визначення вологи на приладі ВЧ (об'єкти контролю – консерви з риби й морепродуктів, овочі сушені, сир, кисломолочний сир, кисломолочносирні вироби)	Метод полягає у зневоднюванні досліджуваного продукту на приладі ВЧ тепловою енергією інфрачервоного випромінювання, що, проникаючи всередину тонкого шару (2-3 мм) продукту, швидко видаляє наявну в ньому вологу.

1.3. Метод визначення вологи на приладі ПУВВ-1 (об'єкти контролю – овочі сушені)	Метод полягає у зневоднюванні продукту у віброкиплячому шарі під дією інфрачервоних променів. Визначення проводять із нездрібненої загальної проби.
1.4. Прискорений метод визначення вологи нагріванням і висушуванням у парафіні в нагрівальному приладі (об'єкти контролю – консерви молочні, молочні продукти)	Метод базується на здатності досліджуваного продукту, вміщеного в нагрівальний прилад, віддавати гігроскопічну вологу під час кипіння.
1.5. Метод визначення вологи в маслі з наповнювачами й без них у нагрівальному приладі	Метод ґрунтується на здатності досліджуваного продукту, вміщеного в нагрівальний прилад, віддавати гігроскопічну вологу під час кипіння.
2. Рефрактометричний метод (об'єкт контролю – консерви молочні)	Метод полягає у вимірюванні світла, оцінюваного за величиною показника заломлення, що залежить від сполуки індивідуальних речовин і систем, а також від того, у якій концентрації і які молекули зустрінє світловий промінь на своєму шляху. Під дією світла молекули різних речовин поляризуються по-різному.
3. Хімічний метод визначення вологи (метод Фішера) (об'єкт контролю – олія)	Метод базується на здатності йоду і двоокису сірки кількісно взаємодіяти за наявності піридину з водою.

#### Питання для самоперевірки:

1. Назвіть і охарактеризуйте методи визначення білків в харчових продуктах.
2. Назвіть і охарактеризуйте методи визначення жирів в харчових продуктах.
3. Назвіть і охарактеризуйте методи визначення цукрів в харчових продуктах.
4. Назвіть і охарактеризуйте методи визначення вологи і сухих речовин в харчових продуктах.

## Тема 7

### Характеристика реологічних методів дослідження

1. Основні терміни та визначення
2. Харчові продукти як реологічні тіла
3. Властивості рідиноподібних систем
4. Властивості твердоподібних систем
5. Властивості пін та піноподібних систем

Реологія як наука про деформацію і плинність реальних тіл базується на феноменологічній поведінці тіл під час механічного навантаження. Вона досліджує співвідношення між діючим на тіло напруженням та деформацією, що викликана його дією.

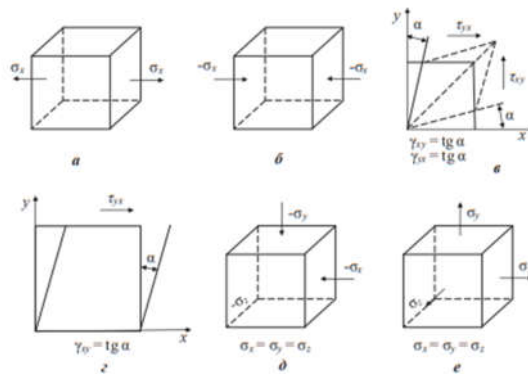
З погляду реології види тіл відрізняються тим, що за умов рівної напруги тіла мають різне деформаційне поведіння. Це обумовлено структурними властивостями окремого тіла, що може бути визначено через реологічні константи матеріалу.

Реометрія має на меті визначити всі найістотніші реологічні константи за допомогою штучного механічного впливу на досліджуване тіло.

Зважаючи на те, що не завжди за певної деформації тіла можна одночасно отримати всі його реологічні властивості, для повної

кількісної оцінки реологічних властивостей тіла необхідно застосовувати різні методи навантаження. Інструментальне визначення реологічних констант вимагає правильного вибору методів вимірів і приладів (реометрів).

Під дією зовнішнього навантаження в тілі виникають деформації і напруги, що є інтегральним відкликом сил внутрішньої взаємодії між елементами тіла. Розглянемо елементарний об'єм тіла у формі куба, грані якого знаходяться в напрямку осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  прямокутної системи координат (рис. 1).



**Рис. 1. Види навантажень та деформацій виділеного елементарного кубу продукту:** а – одноосьове розтягнення; б – одноосьове стиснення; в – чистий зсув; г – простий зсув; д – ізотропне стиснення (гідростатичний тиск); е – ізотропне розширення

На кожній грані куба присутня одна складова нормальної напруги  $\sigma_x$  і дві складових дотичної напруги  $\tau_{x,y}$  і  $\tau_{x,z}$  (перший індекс вказує на площину, другий – на напрямок складових). На рисунку 1 показано основні види навантаження, які використовуються в реометрії для визначення основних характеристик структурно-механічних показників. Залежно від обраного виду механічного навантаження в пружних тілах діють різні напруження і деформації. Під час навантаження в'язких тіл для опису зміни деформації в часі використовують швидкість деформації  $\dot{\gamma}$  (с-1), яка складається з



похідних за часом складників деформації, тому її називають гра - дієнт швидкості зсуву (деформації).

## 1. Основні терміни та визначення

Нормальне напруження<sup>1</sup> (розтягування, стиснення), ( $\sigma$ , Па) – напруження, що діє по нормалі до поверхні матеріалу.

Дотичне напруження<sup>1</sup> (напруження зсуву), ( $\tau$ , Па) – напруження, що діє по дотичній до поверхні матеріалу.

Граничне напруження зсуву, ( $\tau_0$ , Па) – мінімальне дотичне напруження, яке необхідне для здійснення зсуву (зміщення шарів матеріалу один відносно одного в напрямку дії прикладеної сили); напруження, що призводить до незворотної деформації

Абсолютна деформація розтягу або стиснення, ( $\Delta l$ , м) – зміна розмірів матеріалу під час розтягування або стиснення, що відбувається під дією нормальних сил. Може бути додатною або від'ємною.

Абсолютна деформація зсуву, ( $\Delta v$ , м) – зміна відстані між протилежними точками в сусідніх шарах тіла, що відбувається під час зміщення шарів під дією дотичних сил.

Відносна деформація<sup>2</sup>, ( $\epsilon$  або  $\gamma$ , відносні одиниці (в.о.)) – виникає в тілах під час прикладення напруги. Визначається відношенням абсолютної деформації до розміру матеріалу (до моменту прикладення навантаження).

Умовно-пружна деформація (пружна умовно-миттєва), ( $\epsilon_0$  або  $\gamma_0$ , в.о.) – виникає в неабсолютно твердих тілах та зникає після зняття напруження за дуже короткий проміжок часу.

Вискоеластична деформація, ( $\epsilon_{ве}$  або  $\gamma_{ве}$ , в.о.) – відносна деформація, яка виникає за умов напруження та зникає під час зняття напруження не миттєво, а за певний проміжок часу.

Зворотна деформація, ( $\epsilon_{зв}$  або  $\gamma_{зв}$ , в.о.) – повністю зворотна відносна деформація. Є сумою умовно-миттєвої та вискоеластичної деформації.

Незворотна деформація, ( $\epsilon_{незв}$  або  $\gamma_{незв}$ , в.о.) – виникає внаслідок

розвитку пластичних деформацій матеріалу

Максимальна деформація, ( $\epsilon_m$  або  $\gamma_m$ , в.о.) – максимально досягнута відносна деформація під дією прикладеної сили.

Залишкова деформація, ( $\epsilon_{зал}$  або  $\gamma_{зал}$ , в.о.) – відносна деформація, яка не зникає після зняття прикладеної напруги протягом нескінченно довгого проміжку часу

Період релаксації, ( $\theta$ , с) – проміжок часу, за який деформація матеріалу після зняття напруження зменшується в  $e$  разів. Визначається відношенням в'язкості до модуля пружності рідини та градієнтом швидкості їхнього відносного руху.

Ньютонівська в'язкість (динамічна в'язкість), ( $\eta$ , Па·с) – динамічна в'язкість не залежить від швидкості зсуву тільки для ньютонівських рідин. Внутрішнє тертя в рідинах обумовлене силами зчеплення між молекулами та є переносом імпульсу між шарами.

Ефективна в'язкість, ( $\eta_{ef}$ , Па·с) – коефіцієнт в'язкості неньютонівських рідин. Залежить від швидкості зсуву.

Кінематична в'язкість, ( $\nu$ , м<sup>2</sup>/с) – коефіцієнт, що визначається як відношення динамічної (ефективної) в'язкості до густини рідини.

В'язкість структурованих систем або пластична в'язкість (шведівська), ( $\eta_0^*$ , Па·с) – коефіцієнт, що характеризує властивість матеріалу структурованого стану текти без руйнування під дією постійного напруження.

В'язкість пружної післядії, ( $\eta_{пр}$ , Па·с) – коефіцієнт, що характеризує внутрішнє тертя з градієнтом швидкості, що відповідає області пружної деформації

Модуль миттєвої пружності<sup>3</sup>, ( $E_{пр}$  або  $G_{пр}$ , Па) – здатність тіла чинити опір пропорційно його деформації

Модуль еластичності, ( $E_{ел}$  або  $G_{ел}$ , Па) – здатність тіла, що характеризує зникнення деформації із часом після зняття напруження.

Швидкість зсуву, ( $\gamma$ , с<sup>-1</sup>) – відносна швидкість шарів рідини на одиницю відстані між ними.

Піддатливість, ( $I$ , Па<sup>-1</sup>) – здатність тіла до деформації під дією прикладеного напруження.

Пружність, (Пр, %) – здатність тіла повертатися до початкового

стану після припинення дії напруження.

Пластичність, (Пл, %) – здатність тіла незворотно і без руйнування змінювати свою форму під дією великих напружень. Матеріал пластичний, якщо  $\text{Пл} > 50\%$

Еластичність, (Ел, %) – здатність тіла до значної післядії за умов постійного напруження. У тілі, деформованому в межах пружності, під час зняття напруження спостерігається повне зникнення деформації, яке відбувається не миттєво, а розвинуто в часі

*Примітки. 1. Напруження, що діє по нормалі до поверхні матеріалу, позначають через  $\sigma$ , під час дії напруження по дотичній –  $\tau$ .*

*2. Деформацію розтягу (стиску), що розвивається під час дії напруження по нормалі до поверхні матеріалу, позначають через  $\varepsilon$ , під час дії напруження по дотичній, деформацію зсуву –  $\gamma$ .*

*3. Модуль миттєвої пружності та еластичності під час дії напруження по нормалі до поверхні матеріалу позначають через  $E$ , під час дії напруження по дотичній –  $G$ .*

Тиксотропність – здатність макроскопічної системи до самостійного відновлення структури після її руйнування.

Реопексивність – здатність макроскопічної системи до зміцнення структури із часом за умови механічної дії на тіло з постійною швидкістю деформації зсуву.

Твердість – загальна властивість негуківських тіл чинити опір проникненню іншого, більш твердого тіла внаслідок пружної та в'язкої деформації. Обумовлена протидією багатьох та різних за природою сил. Тому твердість не можна виразити як фізичну величину з однозначною розмірністю. Вона являє собою деякий параметр, що наводиться у відносних величинах та залежить від методу вимірювання.

Твердість визначають шляхом занурення тіл різної геометричної форми: кулі (твердість за Бріннелем), конуса (твердість за Роквеллом), піраміди (твердість за Вікерсом).

Коефіцієнт твердості розраховують за величиною сили занурення, залишкової деформації, площею кульового сегменту, глибиною занурення тощо.

М'якість – властивість, обернена твердості.

Крихкість – властивість твердих тіл до руйнування без

пластичної деформації. У негуківських тіл крихке руйнування настає тільки за високих швидкостей деформації або низьких температур, коли дією в'язкості можна знехтувати.

Когезія – зминання поверхневих шарів, споріднених за складом та фазами, системи або її частини. Визначається як опір утворенню поверхні розділу, пов'язаному з подоланням сил взаємодії між атомами та молекулами для утворення поверхні розділу.

Адгезія – властивість, що ґрунтується на взаємодії поверхневих шарів або фаз двох різних тіл на межі розділу, яка викликає зчеплення тіл. Під час розділення тіл необхідно подолати сили зчеплення. Міцність з'єднання двох тіл з різних матеріалів залежить від площі й стану поверхні контакту між ними.

Липкість – властивість граничного шару в'язких або пластичних матеріалів чинити опір розділенню поверхонь, що перебувають у контакті. Вона ґрунтується на адгезії матеріалів на поверхні розділу й когезії компонентів самого матеріалу.

Зовнішнє сухе тертя – опір відносному переміщенню двох поверхонь твердих тіл, що перебувають у контакті. Для початку ковзання необхідно прикласти навантаження, що перевищує силу тертя спокою.

Консистенція – ступінь густини (твердості) продукту. Залежно від консистенції продукти по-різному деформуються під дією певних видів напруження та швидкості. Результати вимірів, як правило, дають у відносних одиницях, характерних для приладів (консистометрів), що мають спрощену конструкцію. Відтворюваність показників консистенції гарантована тільки в тому разі, якщо всі умови вимірів постійні, особливо форма зразка і його розміри, вид навантаження та його швидкість.

Терміни «структура» і «текстура» з'являються під час розглядання органолептичних та структурно-механічних властивостей харчових продуктів, їх іноді плутають один з одним. Ці терміни мають визначені поняття.

Текстура – фізична властивість продукту, яка сприймається органами слуху, зору і дотику і викликає в людини певні відчуття під

час споживання (відкушування, розжовування, проковтування) – сенсорна оцінка.

Сприйняття текстури пов'язане зі структурою харчового продукту. Структура поділяється на чотири рівні, які ґрунтуються на візуальній оцінці – хімічний рівень, рівень електронного мікроскопування, рівень простого мікроскопування та рівень сенсорної оцінки. Структура характеризує геометричне розташування окремих елементів, часток в об'ємі продукту.

*Хімічний рівень.* Структура пов'язана з молекулами, з яких складається харчовий продукт, та їхньою взаємодією між собою.

*Електронно-мікроскопічний рівень.* Цей рівень відноситься до скупчення молекул та їхнього з'єднання в агломерати. Рівень простого мікроскопування розглядає ті ж самі сполуки, що й електронно-мікроскопічний рівень, тільки в більшому масштабі.

*Сенсорний аналіз (Sensory analysis)* – це аналіз за допомогою органів почуттів (високоспецифічних рецепторних органів), що забезпечують організму людини отримання інформації про навколишнє середовище за допомогою зору, слуху, нюху, смаку, дотику, вестибулярної рецепції та інтерорецепції. Сенсорна оцінка розглядає структурні особливості, що можуть бути сприйняті органами відчуття як типи ознак текстури.

*Органолептичний аналіз (Organoleptic analysis)* – сенсорний аналіз харчових продуктів, смакових і ароматичних речовин за допомогою зору, слуху, нюху, смаку, дотику.

*Гаптична оцінка* харчових продуктів поєднує інформацію зору та дотику, «обмацування поглядом поверхні» і відповідає за сприймання геометричних властивостей – форми, розмірів, пропорцій тих об'єктів, з якими людина вступає в контакт.

Нині існує значна кількість різних рівнів структури. Для порівняння приведемо ще одну класифікацію, яка базується на розмірних характеристиках структурних елементів та містить три рівні:

*Молекулярна будова (~1...100 нм)* – на цьому рівні досліджують взаємодію окремих молекул.

*Мікроструктура* (~10 нм...100 мкм) – проводять дослідження дисперсності емульсій, суспензій та ін.

*Макроструктура* (~>100 мкм) – проводять дослідження кристалів цукру в помадних масах, зовнішнього вигляду та ін. Усі ці ієрархічно складені рівні структури визначають повні властивості харчових продуктів, які проявляються у формуванні органолептичних та структурно-механічних властивостей. Ознаки текстури можуть бути більш детально поділені на різні категорії; їхню загальну класифікацію наведено в таблиці 7.

Таблиця 7

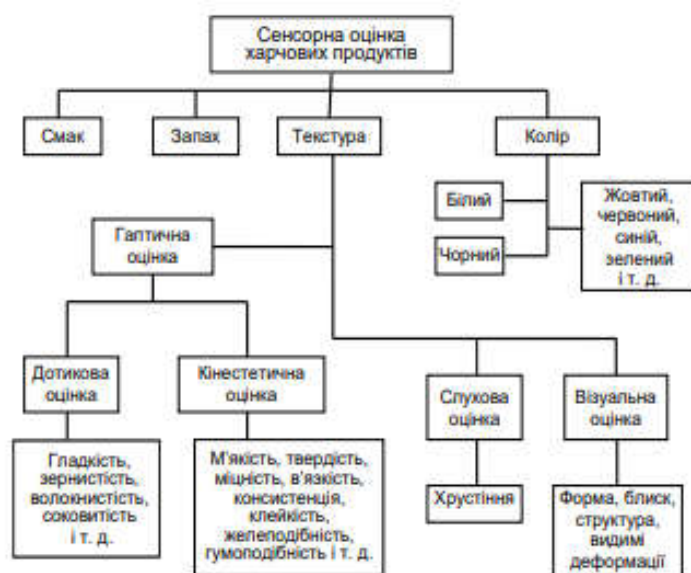
### Загальна класифікація характеристик текстури харчових продуктів

Текстура	Визначення класу і можливих підкласів	Ознака
за Szczesniak, 1963		
I Механічні характеристики	Властивості матеріалів, що обумовлені дією прикладеного навантаження	Основні ознаки: твердість, когезійна і адгезійна здатність, в'язкість, еластичність. Другорядні ознаки: крихкість, жувальність, липкість
II Геометричні характеристики	1) Розмір і ознаки пов'язані з формою	Гладкість, пісочність
	2) Форма і ознаки пов'язані з орієнтацією	М'якість, обрушеність, кристалічність
III Інші характеристики	Дотики пов'язані зі сприйняттям вологості, маслянистості	Маслянистість, сальність, вологість
за Sherman, 1969		
I Основні характеристики	1) Аналітичні характеристики	
	2) Величина часток і форма, розподіл за дисперсністю	
	3) Пористість (вміст повітря) і розподіл пор за радіусом	
II Вторинні характеристики	Комбінації двох фундаментальних текстурних характеристик	Еластичність, в'язкість, адгезія
III Третинні характеристики	Комбінації двох і більше вторинних ознак	Твердість, крихкість, кремоподібність, липкість
за Jovit, 1974		
I Загальні текстурні ознаки	Структура, консистенція	текстура,

II Властивості матеріалів до дії прикладеного навантаження		Щільність, твердість, м'якість
III Структура матеріалу	1) Величина часток або форма	Соковитість, висока дисперсність
	2) Профіль і розташування структурних елементів	Волокнистість, обрешенність
IV Дотикові		Соковитість, м'якість

Органолептичні властивості визначають попит або відсутність попиту на продукт. Для створення високоякісних харчових продуктів необхідно цілеспрямовано впливати на їхні органолептичні властивості. Головне завдання, що стоїть перед виробниками харчових продуктів, – як точно й об'єктивно визначити текстурні характеристики. Описати текстуру однією величиною, отриманою за допомогою приладу, неможливо, тому для описання текстури використовують до 30 термінів (твердість, м'якість, ніжність, волокнистість і т. д.

Консистенція і в'язкість належать до текстури і являють собою дві з безлічі можливих її відмінних ознак (рис. 2).



**Рис. 2. Класифікація сенсорної оцінки якості та текстури харчових продуктів (за Боурном)**

Аналізуючи текстуру, визначають кінестетичні ознаки продукту, пов'язані з м'язовими відчуттями. Інструментальні вимірювальні

методи для визначення окремих кінестетичних ознак можна поділити на три групи:

1 – методи точного вимірювання реологічних величин – коефіцієнт в'язкості, межа плинності, модуль пружності, міцність на розтягування та ін.;

2 – емпіричні методи, за яких продукти піддаються відтворюючій деформації або навантаженню за допомогою вимірювальних приладів, що не дозволяють точно визначити реологічні властивості. Результати вимірів являють собою параметри консистенції. Вони добре корелюють з ознаками текстури, отриманими при органолептичній оцінці;

3 – імітаційні методи, за яких харчові продукти в спеціальних вимірювальних приладах піддаються дослідженням, що імітують реальні навантаження під час споживання їжі, наприклад, за допомогою циклічних навантажень імітується процес розжовування проби. Мета такого аналізу текстури – вимір параметрів, що відповідають ознакам текстури продукту, які отримано сенсорними методами.

## **2. Харчові продукти як реологічні тіла**

Для експериментального визначення реологічних параметрів продуктів або текстурних показників консистенції існує безліч методів, які розрізняються за галуззю застосування (лабораторні або виробничі), видом вимірюваної величини, принципами навантаження, ступенем автоматизації та ін.

Для вибору відповідного методу дослідження необхідно класифікувати харчові продукти за текстурними ознаками. Найбільш розповсюджена класифікація харчових продуктів за текстурними ознаками на основі реологічних властивостей подана в таблиці 8.

Структури дисперсних систем у стані термодинамічної рівноваги за Ребіндером поділяються на дві групи:

1) коагуляційні структури, у яких взаємодія між елементами відбувається через тонкий шар дисперсійного середовища і



обумовлена силами Ван-дер-Ваальса. Ці структури можуть виявляти властивості неньютонівських рідин (тиксотропію, реопексію, в'язкопружність і пластичність). Вони сильно змінюються за умов нагрівання, введення ПАР, зміни кислотності та інших впливів;

2) конденсаційно-кристалізаційні структури, що виникають під час зчеплення однотипних елементів на межі фаз. Такі структури мають порівняно високу міцність, пружність і крихкість. Після руйнування вони не відновлюються.

Таблиця 8

**Класифікація харчових продуктів за реологічними властивостями і текстурними ознаками (за Мачихінім)**

Дисперсна система	Продукт (серед яких сировина, напівфабрикати)	Типові реологічні властивості	Типові текстурні ознаки
Чиста рідина	вода, спирт, олія	ньютонівська рідина	водянистий, рідкий
Чистий розплав	розплавлені жири (какао-масло), розплавлений цукор	ньютонівська рідина	рідкий, густий
Істинний розчин	розчини солі та цукру, екстракти, пиво, напої	ньютонівська в'язкість можливі в'язкопружність, тиксотропія	рідкий, густий
Колоїдний розчин	білкові розчини, непрозорі фруктові та ягідні соки	ньютонівська та неньютонівська в'язкість, тиксотропія, в'язкопружність	рідкий, густий, слизистий
Рідиноподібна	суспензії (какао, фруктові та овочеві соки, супи), емульсії (молоко, майонез, вершки)	ньютонівська та неньютонівська в'язкість, тиксотропія, реопексія, в'язкопружність	рідкий, густий, кремоподібний, тягучий, в'язкотекучий, клейкий
Пастоподібна	фруктове пюре (яблучний мус), горіховий мус, кисломолочний сир, фарш	неньютонівська в'язкість, тиксотропія, реопексія, в'язкопружність	клейкий, густий, слизистий, тягучий, кашоподібний, гумоподібний
Зв'язана м'яка	вершкове масло, пінна маса, желе, тісто, йогурт, суп, паштет, картопляне пюре	пластична в'язкість, зворотна та незворотна тиксотропія, реопексія, в'язкість,	м'який, той, що мажеться, слизкий, кремоподібний, клейкий,

		в'язко-пружність	пастоподібний, еластичний
Зв'язана напівтверда	м'якуш хліба, варена ковбаса, варена картопля	пружність, пластична в'язкість, в'язко- пружність	м'який, міцний, гумоподібний, в'язкий
Міцна	свіжі яблука, груші, картопля, огірки, м'ясо, хлібобулочні продукти тривалого зберігання, шоколад	пружність, пластична в'язкість, в'язко- пружність	м'який, міцний, крихкий, ламкий, в'язкий
Тверда	карамель, зерно, ядро горіха, макаронні вироби, морква	пружність, твердість, висока текучість і міцність, крихкість	міцний, твердий, крихкий, ламкий, склоподібний

### 3. Властивості рідиноподібних систем

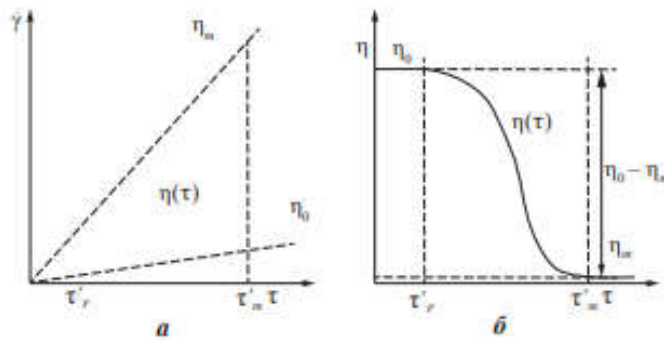
Усі дисперсні (колоїдні) і високомолекулярні системи поділяються (за Ребіндером) на дві основні групи: рідиноподібні і твердоподібні. До рідиноподібних систем належать істиннов'язкі (ньютонівські) і структуровані рідини. На рисунку 3 (а, б) зображено характерні реологічні криві: криві плинину  $\gamma = f(\tau)$  і залежність в'язкості від напруження зсуву  $\eta = f(\tau)$ . Істиннов'язкі рідини характеризуються сталим періодом релаксації  $\theta = \eta/G_0$ , який не залежить від напруження зсуву, наявністю пропорційності градієнта швидкості на всьому діапазоні напружень в умовах практично ламінарного потоку з досить малим значенням критерію Рейнольдса, і, відповідно, постійною величиною в'язкості. Тобто в'язкість ньютонівських рідин не залежить від швидкості зсуву і є константою рідини, яка визначається за формулою:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

де  $\eta$  – динамічна в'язкість, Па·с;

$\tau$  – напруження зсуву, Па;

$\dot{\gamma}$  – швидкість зсуву, с<sup>-1</sup>.



**Рис. 3. Характерні повні реологічні криві структурованих рідин (рідиноподібних систем)**

*a* – криві повзучості; *б* – залежність в'язкості від напруження зсуву

де  $\tau_r$  – умовна межа практично незруйнованої структури (межа умовно-постійної в'язкості), Па;

$\tau_m$  – умовна межа практично гранично зруйнованої структури, Па;

$\eta_0$  – найбільша гранична ньютонівська в'язкість, тобто умовно-постійна в'язкість практично незруйнованої структури, Па·с;

$\eta_m$  – найменша стала в'язкість практично гранично зруйнованої структури, Па·с

Для неньютонівських (структурованих) рідин в'язкість – функція швидкості зсуву (напруження зсуву), тому її називають ефективною в'язкістю. Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву характеризується двома областями напружень з постійним значенням в'язкості – найбільшою граничною в'язкістю  $\eta_0$  практично незруйнованої структури і найменшою в'язкістю  $\eta_m$  гранично зруйнованої структури. У рідиноподібних системах кожному значенню швидкості зсуву ( $\dot{\gamma}$ ) у стаціонарному потоці відповідає певний ступінь рівноважного руйнування структури. Залежність ефективної в'язкості від напруження або швидкості зсуву вважають основною характеристикою структурно-механічних властивостей дисперсних систем, позаяк ефективна в'язкість є узагальнюючою характеристикою, що описує рівноважний стан між процесами відновлення та руйнування структури у встановленому потоці. На відміну від твердоподібних, у рідиноподібних системах величина деформації нічим не обмежена.

Характерними для рідиноподібних (неньютонівських) систем є наявність критичних напружень зсуву, які визначають умовні границі характерних станів системи: межу плинності  $\tau_0$  для області практично незруйнованої структури і межу практично зруйнованої структури  $\tau_m$ . Тобто величина напруження  $\tau_0$  відповідає напруженню, яке імітує початок лавинного руйнування структури. Межу плинності також називають динамічним граничним напруженням зсуву, величину якого можна визначити методом екстраполяції прямолінійної ділянки графіку  $\tau = f(\gamma)$  до  $\gamma=0$ .

У тих випадках, коли область найбільшої в'язкості гранично незруйнованої структури недосяжна, важливим є метод її знаходження екстраполяцією залежності  $\eta=f(\tau)$ , до значення  $\tau \rightarrow 0$ . Для цього вибирається саме залежність  $\eta=f(\tau)$ , а не  $\eta=f(\gamma)$ . З метою екстраполяції найзручнішою є логарифмічна форма ( $\ln \eta=f(\tau)$ ), екстраполяція до  $\tau \rightarrow 0$  дозволяє знайти  $\eta_0$ .

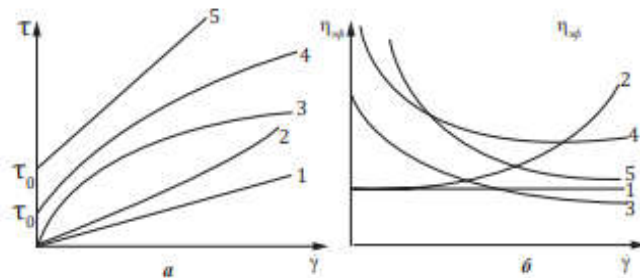
У цих системах з метою практичних розрахунків можуть бути введені ще дві практично корисних величини: умовна динамічна межа плинності  $\tau_{k2}$  і найменша пластична в'язкість  $\eta_m^*$  – по Бінгаму. Запровадження цих величин доцільно у випадках, коли на кривій плинину є досить широка, практично лінійна ділянка, що відповідає найбільш крутому нахилу до осі  $\tau$ .

Якщо пластична в'язкість, що визначена для цієї ділянки  $\eta_m^* = \frac{\tau - \tau_{k2}}{\gamma} = ctg \alpha$  ( $\alpha$  – кут, що утворює пряма з віссю абсцис і відсікає відрізок  $\tau = \tau_{k2}$ ) і є в цих межах сталою величиною, яка при цьому значно менша, ніж  $\eta_0$ , то криву плинину можна апроксимувати прямою Бінгама. Така апроксимація базується на припущенні, що за  $\tau < \tau_{k2}$  плин відсутній, а за  $\tau > \tau_{k2}$  плин відбувається зі сталою в'язкістю.

Вказана ділянка відповідає зоні перегину кривої плинину, хоча ця зона може бути не знайденою через недосягнення постійної в'язкості  $\eta_m$  (що відповідає загибну кривої) унаслідок наступаючого розриву суцільності за досить високої в'язкості або турбулентності. Інструментальне визначення ефективної в'язкості передбачає вимірювання парних значень ( $\tau$ ;  $\gamma$ ) у широких межах  $\gamma$  для зображення кривої плинину і функції в'язкості.

Для характеристики рідин використовують криві плинуну – реограми, що являють собою залежність напруги зсуву від швидкості деформації зсуву в умовах простого зсуву.

Реограма ньютонівських рідин являє собою криву 1 (рис. 4), що проходить через початок координат. Усі криві повзучості (2...5), що відхиляються від прямої лінії, відповідають неньютонівським рідинам. При цьому крива 2 показує дилатантний плин, характерний здебільшого для концентрованих дисперсних систем, за якого збільшення швидкості деформації призводить до «ускладнення зсуву» (за високої концентрації дисперсної фази внаслідок утворення просторової структури виникає межа плинності); крива 3 показує псевдопластичний плин, що характерний для «зсувного розм'якшення» унаслідок руйнування структури зі збільшенням швидкості деформації; крива 4 показує нелінійний пластичний плин, характерний для більшості пластичних тіл, лінійна ділянка кривої 5 характерна для бінгамівських тіл і відповідає ідеально пластичному плинуну.



**Рис. 4. Неповні криві плинуну (а) і функції в'язкості (б)**

1 – ньютонівської рідини; 2 – дилатантної рідини; 3 – структурно-в'язкої рідини, 4 – нелінійного пластичного тіла, 5 – лінійного пластичного тіла

Математичний опис поведінки рідини є передумовою для інженерного розрахунку процесу плинуну. Для ньютонівських рідин застосовуються моделі, що досить точно описують їхню поведінку в дослідній області напруги (табл. 9).

Таблиця 9

#### Реологічні моделі неповних кривих плинуну

Автор моделі	Рівняння стану	Швидкість зсуву	Функція в'язкості

Ньютон	$\tau = \eta\dot{\gamma}$	$\dot{\gamma} = \frac{\tau}{\eta}$	$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$
Освальд	$\tau = K\dot{\gamma}^n$	$\dot{\gamma} = \left(\frac{\tau}{K}\right)^{1/n}$	$\eta_{\text{еф}} = K\dot{\gamma}^{n-1}$
Бінгам	$\tau = \tau_0 + \eta_m^* \dot{\gamma}$	$\dot{\gamma} = \frac{\tau - \tau_0}{\eta_{\text{пл}}}$	$\eta_{\text{еф}} = \eta_m^* + \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}}$
Гершель-Балклі	$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$	$\dot{\gamma} = \frac{(\tau - \tau_0)^{1/n}}{\eta_m^*}$	$\eta_{\text{еф}} = K\dot{\gamma}^{n-1}$

Примітка. Позначення величин, що входять у формули:  $\tau$  – напруження зсуву, Па;  $\dot{\gamma}$  – швидкість зсуву,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\eta$  – ньютонівська в'язкість, Па·с;  $\eta_{\text{еф}}$  – ефективна в'язкість, Па·с;  $K$  – коефіцієнт консистенції, Па·с<sup>n</sup>;  $\eta_m^*$  – найменша пластична в'язкість (бінгамівська), Па·с;  $n$  – індекс плинності;  $\tau_0$  ( $\tau_{k2}$ ) – умовна динамічна (бінгамівська) гранична напруга зсуву, Па.

Моделі неньютонівських рідин містять принаймні дві реологічні характеристики матеріалу. Якщо неньютонівські рідини досліджують у широкому діапазоні швидкостей зсуву, починаючи з  $\dot{\gamma} \rightarrow 0$ , то одержують повні криві плинності. Найширше розповсюдження отримала узагальнена модель, яка описується рівнянням Гершеля – Балклі, за яким можна описати дев'ять кривих плинності (табл. 10).

Таблиця 10

### Характеристика сталих рівняння Гершеля-Балклі

Граничне напруження зсуву	Індекс плинності	В'язкість	Назва тіла
0	$\infty$	$\infty$	Пружне
>0	0	>0	Пластичне
>0	1	>0	пластично-в'язке
0	<1	>0	псевдопластичне
0	>1	>0	Дилатантне
>0	<1	>0	нелінійно-пластичне
>0	>1	>0	нелінійно-дилатантне
0	1	>0	істиннов'язке
0	0	0	ідеальна рідина

У деяких неньютонівських рідинах ефективна в'язкість залежить від тривалості зсуву  $t$ :

$$\frac{\tau}{\gamma} = \eta(\dot{\gamma}; t) = \eta_{\text{ef}}(t)$$

При цьому йдеться про напруження зсуву, що досягає динамічної рівноваги з деяким запізненням. Структурно-кінетична поведінка виявляється особливо чітко під час стрибкоподібної зміни швидкості зсуву. Якщо під час збільшення швидкості зсуву настає уповільнене із часом зменшення ефективної в'язкості, то мова йде про явище тиксотропії. Дисперсна система такого виду називається тиксотропною рідиною.

Якщо під час підвищення швидкості зсуву настає уповільнене із часом підвищення ефективної в'язкості, то йдеться про реопексивну поведінку рідини. Дисперсна система такого виду називається реопексивною рідиною.

Тиксотропію і реопексію вважають зворотними тільки в тому разі, коли після припинення напруження зсуву поступово встановлюється початкове значення ефективної в'язкості. Якщо ж, навпаки, початкове значення ефективної в'язкості не досягається після припинення напруження зсуву, то мова йде про незворотну тиксотропію і реопексію.

Коефіцієнт тиксотропії (%) розраховується за формулою:

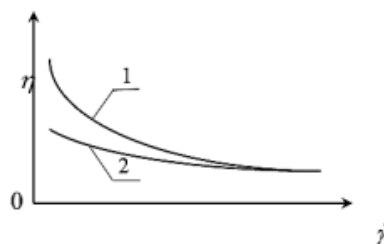
$$\lambda_m = \frac{\eta_3}{\eta_n} \times 100$$

де  $\lambda_m$  – коефіцієнт тиксотропії, %;

$\eta_3$  – значення в'язкості зворотного ходу, Па·с;

$\eta_n$  – значення в'язкості прямого ходу, Па·с.

Для визначення коефіцієнта тиксотропії у формулу підставляють значення в'язкості з мінімальною, однаковою швидкістю зсуву. За наявності тиксотропної поведінки криві прямого та зворотного ходу реограми не збігаються (рис. 5), тобто спостерігається гістерезис.



**Рис. 5. Залежність в'язкості прямого та зворотного ходу в тиксотропних тіл 1 – прямий хід; 2 – зворотний хід**

Динамічна та ефективна в'язкість залежить від температури та найчастіше описується рівнянням Френкеля – Андраде:

$$\eta = A \times \exp\left(\frac{E}{R \times T}\right)$$

де  $A$  – коефіцієнт, пропорційний в'язкості, який порівняно мало залежить від температури, Па·с;

$E$  – енергія активації, якої має набути молекула, щоб перейти на нове положення рівноваги, кДж/моль;

$R$  – універсальна газова стала (8,31 кДж/моль·К);

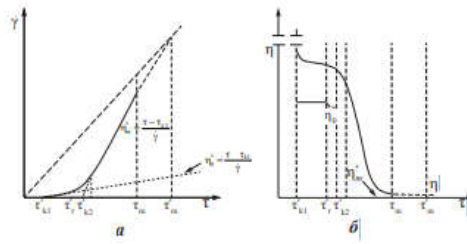
$T$  – абсолютна температура, К.

Логарифмуючи рівняння та знаючи температурну залежність в'язкості, можна знайти значення енергії активації, бо залежність між  $\ln \eta$  та  $\frac{1}{T}$  описується прямою лінією. Проте варто пам'ятати, що графік  $\ln \eta = f\left(\frac{1}{T}\right)$  для реальних рідин являє собою пряму тільки у порівняно вузькому діапазоні температур; у ширшому температурному інтервалі, як правило, спостерігається скривлення залежності. Для дослідження властивостей рідиноподібних систем широко використовують ротаційні віскозиметри.

#### **4. Властивості твердоподібних систем**

До твердоподібних систем належать як пружно-крихкі або еластично-крихкі, так і пружно-пластичні тіла. Пружно-пластичні (істинно-пластичні) тіла (рис. 6) характеризуються наявністю істинної границі плинності  $\tau_k$ , що збігається з границею пружності, тобто такою граничною напругою зсуву, нижче якої експериментально ніякої течії не спостерігається за найбільшої можливої тривалості вимірювання і їх точності існуючими методами. Це означає, що в'язкість і період релаксації в області  $\tau < \tau_k$  (область пружності) практично нескінченно великі (не можуть бути вимірними).





**Рис. 6. Характерні реологічні криві для твердоподібних систем (істинно-або умовно-пластичних)** а – криві повзучості; б – залежність в'язкості від напруження зсуву  $\tau_{k1}$  – умовна статична границя плинності, Па;  $\tau_r$  – умовна границя практично незруйнованої структури (межа умовно-сталого в'язкості), Па;  $\tau_{k2}$  – умовна динамічна (бінгамівська) гранична напруга зсуву, Па;  $\tau_m$  – міцність структури за пружно-крихкого або еластичного розриву, Па;  $\tau_m'$  – умовна межа практично гранично зруйнованої структури, Па;  $\eta_0^*$  – найбільша пластична в'язкість (шведівська), Па·с;  $\eta_m^*$  – найменша пластична в'язкість (бінгамівська), Па·с;  $\eta_m$  – найменша стала в'язкість гранично зруйнованої структури, Па·с;  $\tau_k$  – істинна границя плинності, що збігається з істинною границею пружності (ГНЗ)  $\tau < \tau_{k1}$  (на рисунку вона не зображена)

Проте, зважаючи на класичні уявлення Максвелла й сучасну теорію теплового руху у твердих тілах (кристалах), потрібно допускати принципову наявність у них релаксації за умов дуже малих напруг зсуву. Під час накладання напружень, дещо більших за істинну границю плинності, спостерігається повільна деформація типу повзучості. У цій області структура руйнується під час деформації в дуже малому ступені, тому плин відбувається практично в незруйнованій структурі.

Проте цей плин обмежується граничною деформацією, характерною для твердих тіл, під час досягнення якої відбувається лавинне руйнування жорсткого каркасу і, залежно від типу структури, у системі виникає або розрив суцільності (чисто конденсаційно-кристалізаційної структури), або плин, уже не обмежений граничною деформацією (змішані кристалізаційно-коагуляційні структури, див. далі). В істинно-пружній області, окресленій межею пружності (плинності), напруги  $\tau < \tau_k$  викликають тільки пружні й еластичні деформації, повністю обернені за величиною, тобто які зникають після розвантаження. Дещо вищою за межу пружності (у кристалізаційних структурах) є область повільного плину типу повзучості у практично незруйнованій структурі. Для цієї області за наявності прямолінійної

ділянки кривої плинину для практичних розрахунків може бути введена величина найбільшої пластичної в'язкості. Цей метод використовують для визначення пластичної в'язкості під час дослідження харчових продуктів за допомогою еластопластометра Толстого (за умов простого зсуву) та ваг Каргіна-Соголової (за умов одноосьового стиснення).

Такі тіла характеризуються умовно-пружною областю, обмеженою умовною границею текучості  $\tau_{k1}$ . У цій області напруг під час тривалого спостереження можна встановити необоротні деформації, що свідчать про наявність повзучості з в'язкістю, хоча й дуже високою, але вимірювальною на практиці. За напруги  $\tau < \tau_k$  подібне тіло дуже повільно тече, причому початкова ділянка, а іноді і вся умовно-пружна область реологічної кривої, описується прямою, що свідчить про наявність на цій ділянці найбільшої сталої в'язкості  $\eta_0$ . Ця ділянка характеризується також константами  $E_{пр}$ ,  $E_{ел}$ ,  $G_{пр}$ ,  $G_{ел}$ .

Під час переходу напруг через умовну границю текучості, тобто за  $\tau < \tau_{k1}$ , в умовно-пластичному тілі в деякому інтервалі напруг лавинно розвиваються процеси руйнування, через що вязкість стрибкоподібно падає на кілька порядків.

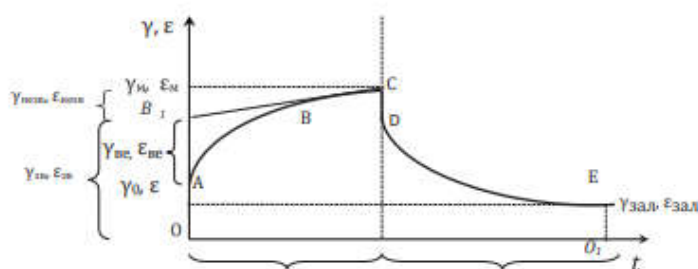
Різкість падіння ефективної в'язкості, тобто різкість і висота максимуму похідної  $\frac{d\eta}{d\tau}$ , що характеризує виникнення чіткої границі плинності  $\tau_{?1}$ , збільшується зі зростанням різниці  $\eta_0 - \eta_m$ , тому що з досить загального рівняння реологічної кривої або кривої  $\eta(\tau)$  величина  $-\frac{d\eta}{d\tau}$  пропорційна  $(\eta_0 - \eta_m)$ . Ця форма залежності підсумкового періоду релаксації від напруги й наявність дуже високої в'язкості незруйнованої структури (великого періоду релаксації) визначає дану систему як твердоподібну.

Вище умовної границі плинності  $\tau_k$  на реологічній кривій  $\gamma(\tau)$  можна спостерігати лінійну ділянку, довжина якої буває різною. Ця ділянка обмежена критичним напруженням  $\tau_r'$ . Для практичних розрахунків можна визначити величину пластичної (шведівської) в'язкості  $\eta_0^*$ , обернене значення якої – рухливість  $\frac{1}{\eta_0^*}$ , виражає інтенсивність руйнування структури в цій області, бо ефективна

в'язкість на цій ділянці поступово зменшується. За напруги, що перевищує граничну напругу практично незруйнованої структури  $\tau_r'$ , зі збільшенням напруги відбувається наростаюче руйнування структури, яке закінчується або розривом суцільності, що характеризується межею міцності  $\tau_m$ , або коли в'язкість системи зі зруйнованою структурою досить велика, досягається напруга граничного руйнування структури  $\tau_m'$ , вище якого гранично зруйнована структура тече з найменшою сталою в'язкістю  $\eta_m$ . Умовно-пластичні системи займають проміжне місце між рідиноподібними системами і твердими тілами. Їхнє руйнування за малих градієнтів швидкості відбувається поступово зі зростанням градієнта, як у рідиноподібних систем. За досить високих градієнтів стаціонарний потік не спостерігається, і руйнування з розривом суцільності відбувається під час досягнення граничної деформації [9].

Для дослідження незруйнованих структур необхідно користуватися методикою  $\gamma(t)$  за  $\tau = \text{const}$ , а для одержання повної реологічної кривої – методикою  $\tau(\gamma)$  за  $\frac{d\gamma}{dt} = \text{const}$ .

Характерна крива залежності відносної деформації від тривалості дії сталого напруження наведена на рисунку 7.



**Рис. 7. Крива повзучості дослідного зразка під дією прикладеної напруги (за навантаження та розвантаження)**

На ній виділяють такі ділянки:

$\gamma_0, \epsilon_0$  (ділянка OA) – пружна умовно-миттєва деформація, що миттєво (за дуже короткий проміжок часу) виникає під дією прикладеної напруги та миттєво зникає після її зняття;

$\gamma_m, \epsilon_m$  (ділянка OC) – максимально досягнута деформація під дією

прикладеної напруги;

$\gamma_{зв}, \epsilon_{зв}$  (ділянка  $OB_1$ ) – високоеластична деформація – повністю оборотна відносна деформація:  $\gamma_{зв} = \gamma_0 + \gamma_{ве}$  ( $\epsilon_{зв} = \epsilon_0 + \epsilon_{ве}$ );

$\epsilon_{ве}$  (ділянка  $AB_1$ ) – високоеластична деформація – відносна деформація, що поступово зникає після зняття напруги:  $\gamma_{ве} = \gamma_{зв} - \gamma_0$  ( $\epsilon_{ве} = \epsilon_{зв} - \epsilon_0$ );

$\gamma_{зал}, \epsilon_{зал}$  (ділянка  $EO_1$ ) – залишкова (пластична) деформація, що не зникає після зняття прикладеної напруги протягом нескінченно тривалого часу:  $\gamma_{зал} = \gamma_{пл}$  ( $\epsilon_{зал} = \epsilon_{пл}$ ).

Відокремлення загальної деформації на зворотну і незворотну здійснюється спрощеним методом екстраполяції лінійної ділянки деформації до перетину з віссю ординат (запропонованим Ребіндером). Припускається, що швидкість наростання незворотної деформації стала і не залежить від величини еластичної деформації. Якщо екстраполювати лінійну ділянку до нуля і перенести її в початок координат, то отримують швидкість наростання незворотної деформації.

Як правило, під час досліджень реальних систем криві деформації за умов навантаження та розвантаження не збігаються, а утворюють петлю гістерезису (для цього криву деформації розвантаження переносять у початок координат, причому вона буде нижче кривої навантаження). Пояснень цього явища може бути декілька – перехід механічної енергії в теплову, руйнування структури під дією прикладеного навантаження та її нездатність до відновлення після зняття навантаження.

## 5. Властивості пін та піноподібних систем

*Піни* – це висококонцентровані дисперсні двофазні системи, у яких дисперсійне середовище – рідина, а дисперсна фаза – газ. Наприклад, дисперсною фазою – газ може бути повітря, а дисперсійним середовищем – рідина може бути напіврідкий розчин цукру, кислоти чи пектину. Цей розчин утворює оболонку дисперсних

часток газу (повітря), що відокремлює одну фазу від іншої. Сила поверхневого натягу завжди прагне скоротити до мінімуму загальну поверхню поділу всієї системи, зробити її найменшою. При дії цієї сили окремі бульбашки повітря в піні прагнуть з'єднатися в одну масу. Процес самоплинного руйнування піни й емульсії називається коалесценцією. У пінах процес коалесценції йде досить інтенсивно завдяки близькому розташуванню крапельок однієї відносно іншої.

Піни – це термодинамічно нестійкі системи, оскільки мають розвинену поверхню поділу. Нестійкість викликана надлишком вільної енергії у поверхневому шарі, який розділяє дисперсну фазу та дисперсійне середовище, унаслідок чого погіршуються органолептичні показники готової продукції. Для стабілізації виробів до їхнього складу вносять стабілізатори, які до того ж збільшують піноутворюючі властивості.

Дві найважливіші характеристики піни – це об'єм піни та її стабільність. Об'єм піни залежить від здатності піноутворювача до адсорбції на межі розподілу фаз і швидкого зниження поверхневого натягу та енергійності збивання.

Стабільність піни залежить від здатності піноутворювача давати стабільні міжфазні плівки і в'язку безперервну фазу. Хоча всі поверхнево-активні речовини здатні до зниження поверхневого натягу та піноутворення, але не всі здатні до утворення стабільних пін. Насправді деякі з них можуть гасити піну. На основі літературних даних можна виділити такі основні властивості пін, що характеризують пінну систему: піноутворююча здатність, кратність, стабільність та дисперсність піни. Піноутворююча здатність розчину – кількість піни, що виражається її об'ємом (у мл) або висотою стовпа (у мм), що утворюється з постійного об'єму розчину у разі дотримання визначених умов протягом певного часу.

Кратність піни являє собою відношення об'єму піни  $V_n$  до об'єму розчину  $V_p$ , що пішов на її утворення:

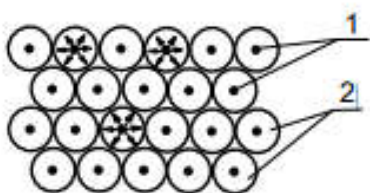
$$\beta = \frac{V_n}{V_p} = (V_r - V_p)$$

де  $V_n$  – об'єм піни;

$V_p$  – об'єм розчину;  
 $V_r$  – об'єм газу в піні.

*Стабільність піни* – це її здатність зберігати загальний об'єм, дисперсний склад і перешкоджати витіканню рідини (синерезису). Часто як міру стабільності піни використовують час існування («життя») елемента піни (окремої бульбашки, плівки) або визначеного її об'єму. Дисперсність піни, яка може бути задана середнім розміром пухирця, розподілом бульбашок за розмірами або поверхнею поділу розчинів – кількість газу в одиниці об'єму піни. «Чисті» рідини не спроможні утворювати піни досить високої стабільності. Це положення добре відомо з практики і було підтверджено багатьма вченими на основі уявлень термодинаміки.

Стійку піну можна отримати тільки у присутності стабілізатора – піноутворювача. Це пов'язано з тим, що поверхня рідини, яка стикається з газоподібним середовищем, перебуває в особливих умовах у порівнянні з основною масою рідини. Ці умови виникають тому, що молекули поверхневого шару рідини на відміну від молекул, що знаходяться в глибині, піддаються неоднаковому тяжінню молекул рідини і газу. Кожна молекула всередині рідини з усіх боків прикріплюється сусідніми молекулами, розташованими на відстані радіуса сфери дії міжмолекулярних сил (рис. 8).



**Рис. 8. Схема поверхневого натягу**

1 – молекули; 2 – сфера дії міжмолекулярних сил

Щоб зробити піну більш стійкою, стабілізувати її, як піноутворюючий засіб зазвичай використовують білок курячого яйця, що перешкоджає прориванню плівки бульбашок і агрегуванню останніх.

Стабільність пін визначається природою піноутворюючої

речовини. Низькомолекулярні сполуки утворюють піни, стійкість яких досягає максимального значення за деякої концентрації, після чого знижується практично до нуля.

Ці властивості пін визначають її структурно-механічні властивості. На відміну від рідин піни мають особливості, що дозволяють розглядати їх як структуровані системи, які мають властивості твердих тіл. Зовнішньо це виявляється в здатності піни зберігати певний час початкову форму. Очевидно, є зв'язок між структурно-механічними властивостями піни, синерезисом і в'язкістю поверхневих прошарків. Високу в'язкість мають піни, що характеризуються меншою швидкістю витікання рідини і високою в'язкістю адсорбційних прошарків. Ці властивості притаманні розчинам речовин, що містять полярні органічні групи (наприклад, насиченим жирним спиртам чи кислотам), які добре адсорбуються на поверхні поділу фаз рідина – газ.

Основні чинники, що впливають на процес піноутворення:

- будова молекул ПАР;
- концентрація ПАР;
- температура;
- рН середовища;
- поверхневий натяг розчину;
- присутність інших речовин.

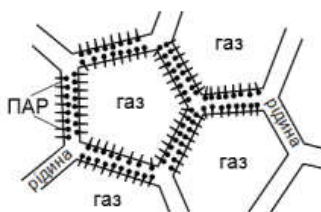
Будова молекул поверхнево-активних речовин (ПАР). Піноутворююча здатність розчинів ПАР залежить від розташування в молекулі гідрофільної групи: чим ближче вона розташована до середини молекули, тим піноутворююча здатність розчинів вища. Порівняти літературні дані про піноутворюючу здатність ПАР різноманітних класів досить важко, що пояснюється різними умовами проведення дослідів і використанням різноманітних методів визначення цього чинника впливу.

Залежність піноутворюючої здатності від концентрації ПАР. Зі збільшенням концентрації ПАР піноутворення розчинів зазвичай спочатку збільшується до максимального значення, потім залишається практично постійним аж до межі розчинності цього ПАР або

знижується. Подібна залежність характерна для всіх речовин.

Збільшення піноутворюючої здатності зі збільшенням концентрації пов'язують із міцелоутворенням, оскільки в разі досягнення критичної концентрації міцелоутворення (ККМ) спостерігається максимальний об'єм піни. Крім того, в області ККМ відбувається завершення формування адсорбційного прошарку з максимальною механічною в'язкістю. При наступному збільшенні концентрації ПАР у розчині (вище ККМ) швидкість дифузії молекул у поверхневий прошарок зменшується, чим і пояснюється, очевидно, деяке зниження піноутворюючої здатності.

Бульбашки газу в пінах мають великі розміри, форму багатогранників і відділені одна від одної дуже тонкими шарами дисперсійного середовища. Під час примусового збільшення поверхні розділу фаз створюється надлишок поверхневої енергії, тому утворені дисперсні системи нестійкі. Для стабілізації емульсій та пін застосовують харчові поверхнево-активні речовини. Молекули ПАР мають дифільну природу, за рахунок чого вони позитивно адсорбують на поверхні розділу фаз та знижують поверхневий натяг. Орієнтація молекул ПАР (рис. 9) на поверхні часточок дисперсної фази така: гідрофільні групи ( $\text{NH}_2$ ,  $\text{COOH}$ ,  $\text{OH}$ ) спрямовані у бік полярної рідини, неполярні гідрофобні (метильні, фенольні, радикали жирних кислот) – у бік неполярної рідини чи масла.



*Рис. 9. Схема структури піни*

Співвідношення гідрофільних і гідрофобних частин у молекулі ПАР визначає її характер і може служити критерієм для отримання різних видів емульсії. Тому ефективність ПАР з 1949 р. характеризують за допомогою спеціального числа – гідрофільно-ліпофільного балансу – ГЛБ. Значення ГЛБ коливається в межах від 1 до 40. Якщо число ГЛБ лежить у межах 36, утворюється емульсія типу



вода в маслі (в/м), а піна взагалі не утворюється, ПАР із числом ГЛБ 8-13 дають емульсію масло у воді (м/в) і водночас є добрими піноутворювальними речовинами.

Значення ГЛБ будь-якої ПАР можна підрахувати за допомогою відповідних довідників.

За малих концентрацій ПАР у дисперсійному середовищі на поверхні розділу фаз утворюється мономолекулярний адсорбційний шар з горизонтальною орієнтацією молекул.

У міру насичення адсорбційного шару молекули ПАР усе більше орієнтуються вуглеводневими ланцюгами до поверхні і змінюють стійкість утворених систем.

Основою сучасної класифікації ПАР є хімічна структура сполук, що дає можливість виділити чотири основних класи ПАР: аніоноактивні, катіоноактивні, неіоногенні та амфотерні.

За стабільністю дисперсних систем ПАР поділяють на дві групи:

– ПАР першого роду – сполуки, що в об'ємі розчину та в адсорбційному шарі перебувають у молекулярно-дисперсному стані та утворюють швидкоруйнівні системи;

– ПАР другого роду – утворюють у розчині колоїдні системи, емульсії та піни, які мають високу стійкість.

У харчовій промисловості застосовують переважно ПАР другого роду неіоногенного типу. Усі харчові ПАР можна класифікувати так:

природні речовини (білкові речовини тваринного, рослинного й бактеріального походження, фосфоліпіди, екстракти деяких речовин);

синтезовані речовини (ефіри багатоатомних спиртів і продукти конденсації оксикислот з вищими жирними кислотами).

Оскільки дія різних ПАР дуже специфічна і залежить від їхньої молекулярної будови, найчастіше харчові ПАР застосовують у вигляді композиційних сумішей. Причини цього можуть також мати економічний характер: будь-який дефіцитний ПАР можна частково замінити дешевшою композиційною сумішшю. В інших випадках додавання до ПАР мінеральних та органічних продуктів підсилює їхню дію. Взаємовплив різних ПАР у композиціях часто називають синергетичним або антагоністичним. Синергетичний взаємовплив

різних ПАР у композиції надає їй універсальних властивостей, дає можливість цілеспрямовано підсилювати піноутворювальні, емульгувальні та стабілізуювальні властивості сумішей у ширшому діапазоні рН, температури, іонної сили, за різних концентрацій рецептурних компонентів.

Вплив температури на піноутворюючу здатність. В області позитивних температур піноутворення ПАР із підвищенням температури зазвичай збільшується, а потім, пройшовши через максимум, починає знижуватися. Для низки речовин подібна залежність не дотримується, і навіть за температури, близької до 100°C, об'єм утвореної піни залишається великим.

Вплив рН на піноутворюючу здатність. Жирні кислоти та їхні лужні солі в кислому середовищі практично не утворюють піну. Максимальне піноутворення жирних кислот зазвичай спостерігається за рН=8...9. За цих умов молекули жирної кислоти займають найбільшу площу, що припадає на одну молекулу в моношарі і, очевидно, в адсорбційних прошарках плівок піни. Зі збільшенням довжини гідрофобного ланцюга в низці натрієвих солей насичених жирних кислот максимум піноутворюючої здатності порушується у лужний бік.

Білкові розчини виявляють максимальну піноутворюючу здатність, як правило, в ізоелектричній точці. Розчини желатину і лактальбуміну мають максимальну піноутворюючу здатність за рН=4,5. При рН близько 2 їхня піноутворююча здатність також підвищується.

Збільшення піноутворюючої здатності розчинів желатину спостерігається й у лужному середовищі. У разі додавання електролітів відбувається зсув ізоелектричної точки, водночас зміщується і максимум піноутворення.

Залежність піноутворюючої здатності від поверхневого натягу розчину. Зі зменшенням поверхневого натягу розчину його піноутворююча здатність збільшується; із зменшенням необхідно прикласти менше зусиль для одержання однакового об'єму піни.

Стійкість емульсій та пін поділяють на стійкість до осадження,

або спливання дисперсної фази, та стійкість до коагуляції її часточок.

Стійкість дисперсних систем зумовлена низкою факторів. Термодинамічні фактори стійкості:

- електростатичний фактор, обумовлений виникненням подвійного електричного шару на поверхні розподілу фаз за рахунок дії електролітів;

- адсорбційно-сольватний фактор, що зменшує поверхневий натяг під час взаємодії часточок дисперсної фази з дисперсійним середовищем за рахунок адсорбції та сольвації;

- ентропійний фактор, що проявляється за рахунок теплового руху, за якого дисперсна фаза прагне до рівномірного розподілу в об'ємі системи.

Кінетичні фактори стійкості:

- структурно-механічний фактор, обумовлений виникненням на поверхні розподілу фаз плівок, що мають пружність та механічну міцність;

- гідродинамічний фактор, обумовлений різною в'язкістю змішуваних фаз.

Проте під час стабілізації дисперсних систем жоден із факторів не відіграє вирішальної ролі. На практиці системи стабілізуються тільки за рахунок впливу змішаних факторів.

#### Питання для самоперевірки:

1. Дайте визначення поняттям «реологія», «твердість», «когезія», «адгезія», «текстура».

2. Класифікація текстури харчових продуктів.

3. Класифікація сенсорної оцінки якості та текстури харчових продуктів за Боурном.

4. Інструментальні вимірювальні методи для визначення кінестетичних ознак.

5. Назвіть дві групи структури дисперсних систем у стані термодинамічної рівноваги за Ребіндером.

6. Класифікація харчових продуктів за реологічними

властивостями і текстурними ознаками за Мачихінім.

7. Назвіть властивості рідиноподібних систем.
8. Назвіть властивості твердоподібних систем.
9. Назвіть властивості пін та піноподібних систем.

## **Тема 8**

### **Інструментальні методи дослідження структурно-механічних властивостей**

1. Ротаційний віскозиметр сталої напруги зсуву ВПН-0,2М
2. Ротаційний віскозиметр типу RN
3. Реовіскозиметр Геплера
4. Плоскопаралельний еластопластометр Толстого
5. Модифіковані ваги Каргіна-Соголової
6. Пенетрометр «Labor»

Для контролю якості вихідної сировини, напівфабрикатів і готового продукту, а також для контролю технологічного процесу використовують віскозиметри. Необхідна умова під час проведення досліджень – підтримання в робочому зазорі ламінарного руху продукту, а також температури. Підготовка до роботи і порядок роботи

1. Перед початком роботи треба перевірити санітарний стан вузлів приладів, які планується використати у вимірюваннях.
2. Підключити прилад до електромережі.
3. Перевірити працездатність на холостому ході.
4. Для ваг Каргіна-Соголової встановити мікроскоп та врівноважити ваги.

5. Для еластопластометра Толстого встановити мікроскоп та вивірити прилад на горизонтальність.

6. Провести вимірювання впливу параметра, що досліджується, водночас слідкувати за сталістю інших параметрів.

## 1. Ротаційний віскозиметр сталої напруги зсуву ВПН-0,2М

*Будова та принцип дії.* Електричну структурну схему віскозиметра ВПН-0,2М наведено на рисунку 10. Вимірювальні вузли треба використовувати залежно від величини очікуваної в'язкості об'єкта, що досліджується, й інтервалу напруги зсуву згідно з таблицею 11.

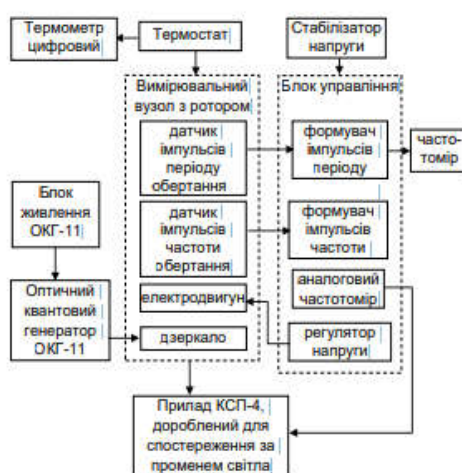


Рис. 10. Електрична структурна схема віскозиметра ВПН-0,2М

Таблиця 11

### Характеристика параметрів вимірювальних вузлів

Параметр	Розмір вимірювального вузла, мм		
	100	40	20
В'язкість, Па·с	$10^{-1} \dots 10^4$	$5 \dots 10^5$	$20 \dots 10^7$
Напруга зсуву, Па	3...80	30...800	500...4000
Швидкість зсуву, $c^{-1}$	$10^{-3} \dots 160$	$10^{-3} \dots 50$	$10^{-3} \dots 30$
Константа вузла К, Па/В	0,4902	4,42	13,6
Коефіцієнт форми А	$3,19 \times 10^{-3}$	$7,47 \times 10^{-3}$	$1,37 \times 10^{-2}$
Об'єм зазора, $cm^3$	50	35	15

Величина зазора, м	–	$2,01 \times 10^{-3}$	$1,98 \times 10^{-3}$
--------------------	---	-----------------------	-----------------------

Примітка. Значення деяких параметрів в'язкості, напруги, швидкості зсуву орієнтовні. Швидкість зсуву  $10^{-3} \dots 10^{-1} \text{с}^{-1}$  вимірюється частотоміром. Вимірювання швидкості зсуву від  $10^{-5}$  до  $10^{-3}$  здійснюється оптичним способом за допомогою ОКГ-11 і спостережного потенціометра КСП-4.

Межа допустимої похибки вимірювання в'язкості складає  $\pm 6\%$  від величини, що вимірюється. Робоча температура в термостаті встановлюється від  $+2$  до  $+150$  °С. Абсолютна похибка встановлення температури в зазорі  $+1,5$  °С від устанавленого значення. Час виходу на стаціонарний температурний режим складає 40 хв.

Під час зміни напруги зсуву необхідно слідкувати за тим, щоб період обертання ротора вимірювального вузла був не менше 1 с, що відповідає межі роботи приладу по межі допустимої похибки вимірювання швидкості зсуву.

Безпосередньо для проведення дослідження необхідно завантажити дослідний об'єкт у вимірювальний вузол. Кількість речовини, що необхідна для вимірювання, вказана у графі «Об'єм зазора». Поступово збільшуючи напругу ручкою «Встановлення напруги», підібрати період обертання (який знімають з табло частотоміра в мілісекундах, а у формулу підставляють значення в секундах) з необхідним кроком, враховуючи коефіцієнт форми вузла так, щоб значення в'язкості для зразків, що порівнюються, були розраховані за однакових значень швидкості зсуву. Для фіксованого значення напруги зняти до п'яти значень періоду обертання, вилучаючи грубі помилки, знайти середнє значення. Для отриманих значень періоду обертання занотувати значення напруги у вольтах. Повторюючи вищевказані дії, зняти необхідну кількість показань.

Динамічну або ефективну в'язкість визначають за формулою:

$$\eta = k * U * T * A$$

де  $\eta$  – ефективна або динамічна в'язкість, Па·с;

$k$  – константа вимірювального вузла, Па/В;

$U$  – напруга, В;

$T$  – період обертання, с;

$A$  – коефіцієнт форми вимірювального вузла.

Швидкість зсуву визначають за формулою:

$$\gamma = \frac{1}{T \cdot A}$$

Напруження зсуву визначають за формулою:

$$\tau = k \cdot U$$

Для порівняння в'язкості двох та більше об'єктів порівнюють в'язкість з однаковою швидкістю зсуву, яку, як правило, обирають в області максимальної в'язкості гранично незруйнованої структури або мінімальної в'язкості зруйнованої структури.

## 2. Ротаційний віскозиметр типу RN

Будова та принцип дії. Ротаційний віскозиметр типу RN зображено на рисунку 11.

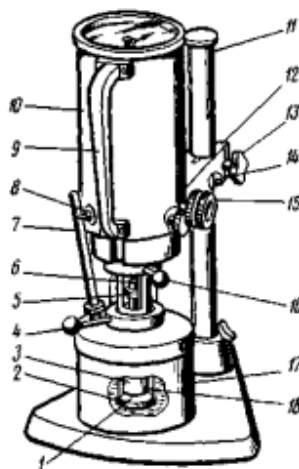


Рис. 11. Ротаційний віскозиметр типу RN

Ротаційний віскозиметр типу RN випускався фірмою «Прюфгеретевеке» (колишня НДР). Віскозиметр складається з вимірювального приладу (10), вимірювальної голівки з обертовим ротором (3) і термостатуючої камери (17). Віскозиметр кріпиться на штативі (11) за допомогою кронштейна (12) і затискного гвинта (13). Рукоятка (15) потрібна для встановлення необхідної частоти обертання ротора. Швидкість необхідно змінювати тільки за умови виключеного віскозиметра. Цифрам 1, 2, 4 і 10, що є на рукоятці перемикача (15),

відповідають такі частоти обертання ротора ( $\text{с}^{-1}$ ): 2,7; 1,3; 0,7 і 0,3.

За допомогою муфти (6) ротор (3) з'єднується з валом вимірювального приладу, фіксація виконується гайкою (5). Зовнішній нерухомий циліндр (18), розташований співосно з ротором (3), кріпиться затискним важелем (16). Дно мірних циліндрів виконано у вигляді кришки (1) із прокладкою і запірною гайкою (2). Байонетним запором термостатуюча камера з'єднується з циліндром (18). Він фіксується затискним важелем (4). Температура контролюється за показника термометра (7). Положення приладу по висоті щодо штатива (11) можна регулювати; нижнє положення обмежується упором (14) так, що у стані, готовому до виміру, прилад не спирається на плиту штатива.

Віскозиметр приєднується до мережі напругою 220 В частотою 50 Гц за допомогою кабелю; вимикач 8 розташований біля рукоятки (9).

Для розширення діапазону виміру в'язкості для віскозиметра RN фірма поставляє три вимірювальні системи, що складаються із циліндрів різного радіуса і довжини. Технічні характеристики приладу наведено в таблиці 12.

*Таблиця 12*

**Технічні характеристики віскозиметра типу RN**

Циліндр \ Ротор	N, м	M, м	H, м
R	0,0150	0,011	0,00750
r <sub>1</sub>	0,0145	0,010	0,00575
r <sub>2</sub>	0,0135	0,006	0,00425
H	0,0600	0,033	0,02250

Характеристики вимірювальних вузлів наведено в таблиці 13.

*Таблиця 13*

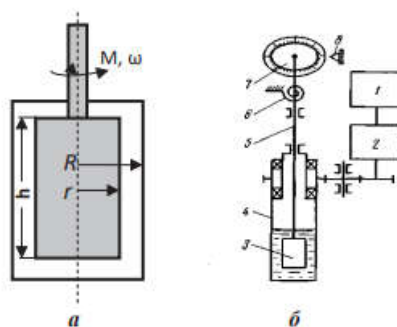
**Характеристики вимірювальних вузлів віскозиметра типу RN**

Циліндр	Ротор	Об'єм зазора,	Константа циліндра,	Градiєнт швидкості зсуву для позицій 1, 2, 4, 10 ( $\gamma$ ), $\text{с}^{-1}$



		см <sup>3</sup>	z	№ 1	№ 2	№ 4	№ 10
N	N1	13	0,27933	241,82	116,43	62,69	26,87
	N2	18	0,23693	72,32	34,82	18,75	8,04
M	M1	6	0,88625	80,78	38,90	20,94	8,98
	M2	9	0,7800	7,19	3,46	1,86	0,80
H	H1	4	2,55923	24,19	11,65	6,27	2,69
	H2	5	2,18541	8,02	3,86	2,08	0,89

Принципову схему вимірювального вузла зображено на рисунку 13а.



**Рис. 13. Принципові схеми**

а – вимірювального вузла; б – віскозиметра безпосередньої оцінки: 1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – ротор; 4 – циліндр; 5 – вал; 6 – пружина; 7 – шкала; 8 – покажчик

Описаний віскозиметр також можна застосовувати за умови вільного занурення ротора безпосередньо в посудину з вимірюваним матеріалом. Похибка не більше  $\pm 5\%$ . Вузол N використовується для дослідження низьков'язких систем, вузол M – для середньов'язких, вузол H – для високов'язких.

Віскозиметр RN рекомендується для вивчення як ньютонівських, так і неньютонівських матеріалів, зокрема мінеральних масел, пластмасових розчинів і дисперсій, віскози, шоколадних мас, фармацевтичних виробів і т. п.

На рисунку 13б зображено принципову схему віскозиметра безпосередньої оцінки, яка аналогічна схемі віскозиметра RN. Робочий ротор (3) через вал (5) з'єднаний із пружиною (6). На валу є диск зі шкалою (7), а на корпусі – покажчик в'язкості (8). Синхронним електродвигуном (1) через редуктор (2) приводиться в обертання

зовнішній циліндр (4) з досліджуваним матеріалом. Під час обертання циліндра (4) за рахунок в'язкості матеріалу на роторі (3) виникає момент опору. Через те, що ротор (3) валом пов'язаний із пружиною (6), остання деформується й закручується на кут, пропорційний певному числу розподілів на шкалі відліку. Один циліндр забезпечує одержання в'язкості за восьми значень швидкості зсуву (під час використання вала з радіусом  $r_1$  та  $r_2$ ). Під час зміни вала необхідно використовувати новий зразок, повторно використовувати зразок, що піддавався навантаженню, не рекомендується. Для одержання залежності в'язкості від швидкості зсуву прямого ходу треба змінювати частоту обертання в такому напрямку: № 10, потім № 4, № 2 та № 1.

Динамічну або ефективну в'язкість визначають за формулою:

$$\eta = \frac{\alpha * z}{\gamma}$$

де  $\alpha$  – кут відхилення на шкалі віскозиметра, рад;

$z$  – константа циліндра, Па на од. шкали;

$\gamma$  – швидкість зсуву,  $\text{с}^{-1}$ .

Швидкість зсуву визначають за формулою:

$$\gamma = \frac{2 * \pi * N * r^2}{R^2 - r^2}$$

де  $N$  – частота обертання ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$r$  – радіус ротора, м;

$R$  – радіус циліндра, м.

Напруження зсуву визначають за формулою:

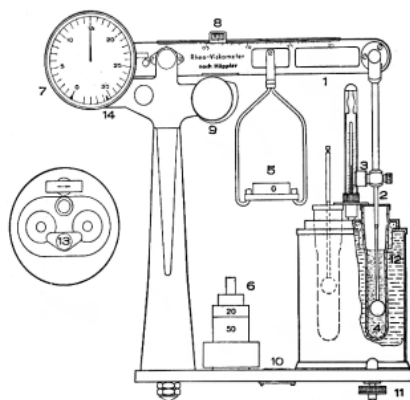
$$\tau = \alpha * z$$

### 3. Реовіскозиметр Геплера

Метод вимірювання в'язкості на реовіскозиметрі, що ґрунтується на вільному падінні кульки в трубці, широко використовується для ньютонівських рідин. Ефективну в'язкість дослідних систем можна визначати згідно із законом Стокса в діапазоні температур – 60...+120 °С, підігріваючи або охолоджуючи зразки з інтервалом 5 °С, за принципом падаючої в рідині витискувальної скляної кульки,

виготовленої заводом ФЕБ Карл Цейсс Йена з допуском на точність розміру і форми менше 0,001 мм. Швидкість падіння скляної кульки залежить від в'язкості. Для дослідження неньютонівських матеріалів рух кульки здійснюється примусово з різними швидкостями під впливом навантаження.

Будова та принцип дії. Реовіскозиметр Геплера (рис. 14) призначений для вимірювання в'язкості рідиноподібних продуктів. Під час транспортування приладу використовується ексцентрик (9) для закріплення коромисла. Вимірювальні циліндри закріплюють гвинтом (13). Стрижень з кулькою прикріплюється до коромисла за допомогою гвинта (3). Пересувна гиря (8) використовується для компенсації виштовхувальної сили дослідного зразка. Для цього у циліндр з дослідним зразком встановлюють стрижень з кулькою на середину вимірювальної ділянки, стрілка індикатора має показувати 15 мм. Після чого встановлюють гирю в положення, за якого стрілка залишиться на позначці 15 мм. За допомогою двох регулюючих гвинтів (11) встановлюють реовіскозиметр у горизонтальне положення за рівнем (10).



*Рис. 14. Кульковий реовіскозиметр Геплера*

Гвинти підтримують плиту, на якій встановлено термостат (12) і набір з п'яти вантажів (6) (цифри на вантажах означають силу, що діє на 1 см<sup>2</sup> дослідної рідини). Рух стрижня з кулькою (2) у вимірювальному циліндрі (4) здійснюється примусово за допомогою коромисла (1) під впливом навантаження (5). Дослідження пройденого кулькою шляху здійснюється за допомогою індикатора (7). За

допомогою секундоміра фіксується час, за який кулька проходить весь шлях (30 мм). При цьому необхідно виконувати декілька замірів і визначати середнє арифметичне значення часу за даним напруженням.

Для визначення в'язкості використовується п'ять вимірювальних циліндрів, кожен з яких має своє калібруюче число, а також два стрижня з кулькою. Стрижень, що має насічку, використовується для циліндрів з калібруючими числами 0,01 і 0,1, інший, без насічки, для циліндрів із числами 1, 10, 100. Інтервал вимірювання напруження зсуву 981...19 620 Па. Діапазон вимірювання в'язкості 0,04...4000 Па·с з точністю  $\pm 2\%$ . Необхідна кількість продукту залежить від вимірювальної трубки і складає 16...25 см<sup>3</sup>. Так, за різних навантажень і швидкостей кульки одержують різні значення напруги зсуву. Для неньютонівських рідин необхідно обов'язково вказувати, за якого напруження зсуву чи швидкості зсуву одержано значення в'язкості. Для таких рідин можна побудувати криву плинності, проте для цієї мети бажано використовувати й інші прилади. За допомогою віскозиметра Геплера найчастіше проводять дослідження в'язкості залежно від температури.

*Підготовка та проведення досліджень.* Вивіряють прилад на горизонтальність за допомогою двох регулювальних гвинтів та рівня. Приєднують до термостата підігрівальний котел (5). Установлюють у котлі і закріплюють один з 5-ти вимірювальних циліндрів (циліндр вибирають залежно від в'язкості дослідного зразка). Заповнюють вимірювальний циліндр дослідним зразком. Укладають у вимірювальний циліндр одну зі скляних кульок на стержні. Закріплюють стержень на коромислі за допомогою гвинта. Виконують компенсацію підіймальної сили дослідного зразка за допомогою пересувної гирі на коромислі.

Вмикають термостат з теплоносієм (вода чи соняшникова олія) і насос термостата. Після досягнення необхідної температури в котлі фіксують ексцентриком коромисло, навантажують його потрібною гирькою і звільняють коромисло, одночасно вмикаючи секундомір. Після проходження повного шляху кулькою (30 мм) фіксують секундоміром час. Виконують за даної температури 3...5

замірів і знаходять середнє значення. Підвищують температуру в потрібному інтервалі та продовжують дослідження після її стабілізації. Для стабілізації температури у вимірювальному циліндрі після її підвищення (зниження) необхідно примусово вручну кілька разів підняти й опустити в ньому кульку і витримати 15...30 хв, після чого можна виконувати вимірювання.

Ефективна в'язкість досліджуваних систем розраховується за формулою:

$$\eta = \sigma * t * K$$

де  $\sigma$  – напруження, Па;

$t$  – час проходження кулькою вимірювального інтервалу (30 мм), с;

$K$  – константа вимірювального циліндра (табл. 14).

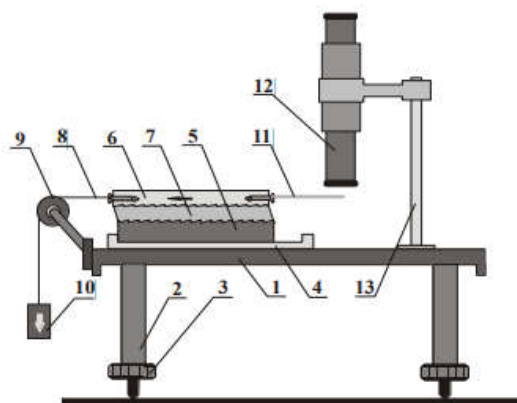
Таблиця 14

#### Характеристики вимірювальних циліндрів реовіскозиметра Геплера

Маркер циліндра	Константа циліндра	Діапазон вимірювань в'язкості, Па·с
0,01	0,00227	0,04...2,8
0,1	0,0872	0,2...4
1	1,1464	2...40
10	11,410	20...400
100	115,086	200...4000

#### 4. Плоскопаралельний еластопластометр Толстого

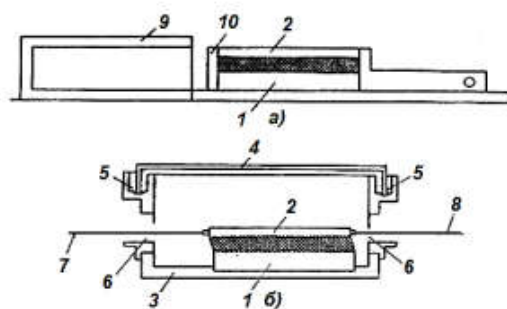
*Будова та принцип дії.* Еластопластометр (рис. 15) складається зі стола (1), на якому розміщено підставку (4) для встановлення пластини зі зразком (7), мікроскоп (12) для дослідження зміщення голки (11), блок (9), через який діє навантаження на верхню пластину (6) за рахунок підвішеної гирі (10).



**Рис. 15. Плоскопаралельний еластопластометр Толстого**

1 – стіл; 2 – опорна ніжка; 3 – регулювальний гвинт; 4 – металева підставка; 5 – металева пластина; 6 – пластина з плексигласу; 7 – дослідний зразок; 8 – шовкова нитка; 9 – блок; 10 – вантаж; 11 – спостережна голка; 12 – мікроскоп; 13 – штатив

**Приготування зразків.** Для приготування структурованих зразків (рис. 16) використовують форму (9), що являє собою паралелепіпед, в якому вертикально встановлюють дві робочі пластини: металеву та плексигласову; при цьому вони розміщуються у вкладці (10). Підготовлений таким способом зразок витримують для структурування, виймають його за допомогою вкладки (10) та встановлюють у прилад. Пастоподібні, пластичні системи розміщують між пластинами у вкладці (10), виймають та залишають для тиксотропного відновлення структури на 15...20 хв.



**Рис. 16. Форма для одержання зразків (а) і коробка для захисту дослідного зразка від впливу навколишнього середовища (б)**

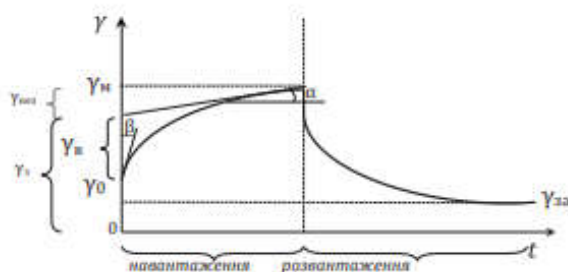
Перед проведенням дослідження пластини (1) (металева) і (2) (плексигласова), між якими розміщується зразок, вставляють у спеціальну металеву коробку (3) з кришкою (4) і затвором (5). Пластини мають ребристу поверхню для запобігання прослизання

зразків. Коробка має два отвори (6): через один виходить нитка (7) на блок, який передає навантаження, через інший виходить голка (8) для спостереження за розвитком деформації за зсувом верхньої пластини.

*Проведення досліджень.* Метод вимірювання ґрунтується на визначенні деформації зсуву, віднесеного до товщини зразка. Звичайною мірою процесу є не деформація, а піддатливість, тобто деформація, віднесена до постійно діючої напруги. Піддатливість в умовах лінійного поведіння є константою і не залежить від напруги.

Перше значення абсолютної деформації одержують за допомогою мікроскопа миттєво, як тільки навантаження починає діяти на верхню пластину. Після цього з періодичністю 1 хв знімають значення абсолютної деформації протягом 10 хв. Наступні спостереження можна вести з періодичністю 5 хв. Після зняття навантаження фіксують миттєву деформацію, а потім знімають показники приладу з такою частотою, як і під час навантаження. Дослідження припиняють, якщо протягом 30 хвилин не вдалося зафіксувати зміну абсолютної деформації.

Під час дослідження структурно-механічних характеристик модельних систем, напівфабрикатів та готової продукції необхідно підібрати фіксоване навантаження для всіх систем, що вивчаються (тобто навантаження для всіх зразків має бути однаковим), для того, щоб порівняти їх значення. Крім цього важливо також забезпечити однакову температуру та висоту зразків. Для визначення структурно-механічних показників будують залежність відносної деформації від часу дії напруги  $\gamma=f(t)$  (рис. 17).



**Рис. 17. Крива повзучості дослідного зразка під дією прикладеної напруги зсуву (за навантаження та розвантажування)**

Відносну деформацію визначають за формулою:

$$\gamma = \frac{K \cdot n}{d}$$

де  $k$  – ціна поділки мікроскопа, м;

$n$  – число поділок у шкалі мікроскопа;

$d$  – товщина зразка, м.

Розділення загальної деформації на зворотну і незворотну проводять шляхом екстраполяції лінійної ділянки графіка  $\gamma=f(t)$  на вісь ординат.

Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної визначають за формулою:

$$K_{\gamma} = \frac{\gamma_{зв}}{\gamma_{м}}$$

де  $\gamma_{зв}$  – величина зворотної деформації;

$\gamma_{м}$  – величина максимальної деформації.

Напруження зсуву визначають за формулою:

$$\tau = \frac{m \cdot g}{S}$$

де  $\tau$  – напруження зсуву, Па;

$m$  – маса вантажу, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння (9,81 м/с<sup>2</sup>);

$S$  – площа пластинки, м<sup>2</sup>.

Піддатливість системи визначають за формулою:

$$I = \frac{\gamma_{м}}{\tau}$$

де  $I$  – піддатливість системи, Па<sup>-1</sup>;

$\gamma_{м}$  – відносна максимальна деформація.

Модуль миттєвої пружності визначають за формулою:

$$G_{пр} = \frac{\tau}{\gamma_0}$$

де  $G_{пр}$  – модуль миттєвої пружності, Па;

$\gamma_0$  – відносна умовно-миттєва деформація.

Модуль еластичності визначають за формулою:

$$G_{ел} = \frac{\tau}{\gamma_{ве}}$$

де  $G_{ел}$  – модуль еластичності, Па;

$\gamma_{ве}$  – відносна високоеластична деформація.



Пластичну в'язкість визначають за формулою:

$$\eta_0^* = \frac{\tau}{\operatorname{tg}\alpha}$$

де  $\eta_0^*$  – пластична в'язкість, Па·с;

$\operatorname{tg}\alpha$  – кут нахилу кінцевої лінійної ділянки кривої до осі абсцис.

В'язкість пружної післядії визначають за формулою:

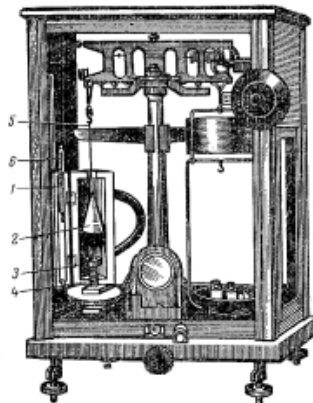
$$\eta_{\text{пр}} = \frac{\tau}{\operatorname{tg}\beta}$$

де  $\eta_{\text{пр}}$  – в'язкість пружної післядії, Па·с;

$\operatorname{tg}\beta$  – кут нахилу початкової лінійної ділянки кривої до осі абсцис.

## 5. Модифіковані ваги Каргіна-Соголової

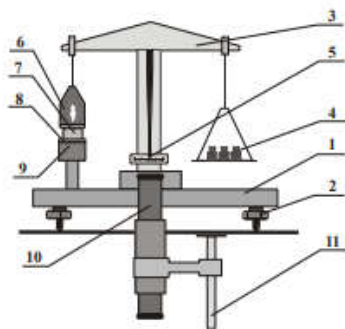
*Будова та принцип дії.* Загальний вигляд ваг Каргіна-Соголової зображено на рисунку 18.



**Рис. 18. Модифіковані ваги Каргіна-Соголової**

1 – термостатна камера; 2 – пуансон; 3 – підйомна підставка; 4 – гвинт для регулювання висоти підставки; 5 – нитка, на якій підвішений пуансон; 6 – термометр

Принцип дії ґрунтується на деформації стиснення під дією пуансона. Ваги врівноважують, після чого з шальки знімають необхідну гирьку (4) – саме на таку масу пуансон (6) стає важчий та діє на зразок 7, який розміщують на підставці (9) (рис. 19).



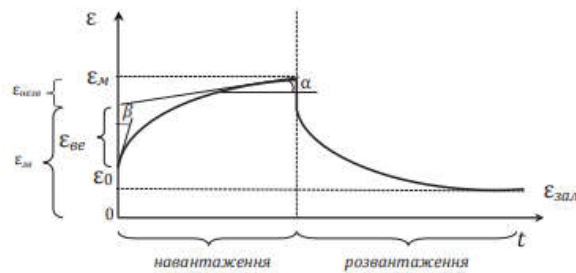
**Рис. 19. Принципова схема модифікованих ваг Каргіна-Соголової**

- 1 – основа терезів; 2 – регулювальний гвинт; 3 – коромисло; 4 – гирі;  
 5 – стрілка; 6 – пуансон; 7 – зразок; 8 – фторопластова пластинка;  
 9 – підйомна підставка; 10 – окуляр мікроскопа; 11 – штатив

Спостереження ведуть за зміщенням стрілки 5 за допомогою мікроскопа (10).

Перше значення абсолютної деформації одержують за допомогою мікроскопа миттєво, як тільки навантаження починає діяти на зразок. Після цього періодично (через 1 хв) знімають значення абсолютної деформації протягом 10 хв. Наступні спостереження можна вести з періодичністю 5 хв. Після повернення на шальку гирьки фіксують миттєву деформацію, а потім аналогічно знімають покази приладу, з тією частотою, як і під час навантаження. Дослідження припиняють, якщо протягом 30 хвилин не вдалося зафіксувати зміну абсолютної деформації.

Під час дослідження структурно-механічних характеристик модельних систем, напівфабрикатів та готової продукції необхідно підібрати фіксоване навантаження для всіх систем, що вивчаються, тобто навантаження для всіх зразків має бути однаковим. Крім цього, важливо також забезпечити однакову температуру та висоту зразків. Для визначення структурно-механічних показників будують залежність відносної деформації від часу дії напруги  $\epsilon=f(t)$  (рис. 20).



**Рис. 20. Крива повзучості дослідного зразка під дією прикладеної напруги, що діє по нормалі (за навантаження та розвантажування)**

Відносну деформацію визначають за формулою:

$$\varepsilon = \frac{a \cdot n}{h}$$

де  $a$  – кількість поділок шкали;  $n$  – ціна поділки шкали, м;

$h$  – висота зразка, м.

Розподіл загальної деформації на зворотну і незворотну проводять шляхом екстраполяції лінійної ділянки графіка  $\varepsilon=f(t)$  на вісь ординат (рис. 20).

Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної визначають за формулою:

$$K_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_{зв}}{\varepsilon_{заг}}$$

де  $\varepsilon_{зв}$  – величина зворотної деформації;

$\varepsilon_{заг}$  – величина загальної деформації.

Напруження на зразок визначають за формулою:

$$\sigma = \frac{m \cdot g}{S}$$

де  $\sigma$  – напруження на зразок, Па;

$m$  – маса вантажу, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$S$  – площа перетину зразка, м<sup>2</sup>.

Модуль миттєвої пружності визначають за формулою:

$$E_{пр} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

де  $E_{пр}$  – модуль миттєвої пружності, Па;

$\varepsilon_0$  – відносна умовно-миттєва деформація.

Модуль еластичності деформації визначають за формулою:

$$E_{\text{ел}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\text{вe}}}$$

де  $E_{\text{ел}}$  – модуль еластичності, Па;

$\varepsilon_{\text{вe}}$  – відносна вискоеластична деформація.

Пластичну в'язкість визначають за формулою:

$$\eta_0^* = \frac{\sigma}{\text{tg}\alpha}$$

де  $\eta_0^*$  – пластична в'язкість, Па·с;

$\text{tg}\alpha$  – кут нахилу кінцевої лінійної ділянки кривої до осі абсцис.

В'язкість пружної післядії визначають за формулою:

$$\eta_{\text{пр}} = \frac{\sigma}{\text{tg}\beta}$$

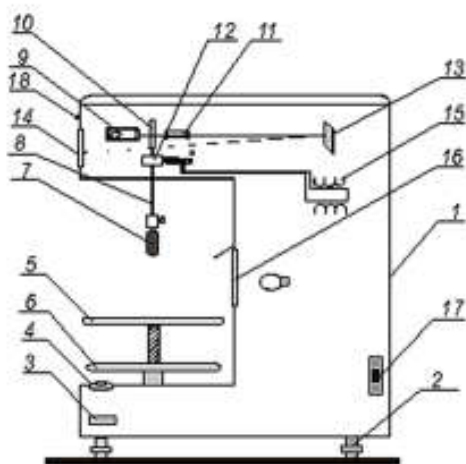
де  $\eta_{\text{пр}}$  – в'язкість пружної післядії, Па·с;

$\text{tg}\beta$  – кут нахилу початкової лінійної ділянки кривої до осі абсцис.

## 6. Пенетрометр «Labor»

Пенетрацією називається метод дослідження структурно-механічних властивостей напівтвердих і твердих продуктів шляхом визначення опору продуктів проникненню в них інденторів (конуса, кулі, голки, циліндра) із строго визначеними розмірами, масою і матеріалом з точно визначеною температурою і за визначений час. Дослідження може проводитися з постійним зусиллям пенетрації (при цьому визначається глибина занурення); з постійною глибиною занурення (вимірюється зусилля); з постійною швидкістю занурення (реєструється зусилля залежно від глибини занурення). На цій основі розраховуються різні параметри, що мають стосунок до консистенції.

*Будова та принцип дії.* Пенетрометр (рис. 21) складається з корпусу (1) на трьох опорних ніжках: однією нерегульованою (2) і двома регульованими (3) для вивірення на горизонтальність за допомогою рівня (4). Пенетрометр має підйомний столик (5) для підведення зразків до індентора (7), закріпленого на стрижні (8) з мікрошкалою (10), має вмикач напруги (17) та кнопку пуску індентора (18). Для фіксування значень приладу пенетрометр має екран спостереження (14), а для освітлення дослідного зразка – освітлювальний екран (16).



**Рис. 21. Пенетрометр «Labor»**

1 – корпус; 2 – ніжка нерегульована; 3 – гвинт ніжки регульованої; 4 – рівень; 5 – підйомний столик; 6 – штурвал підйомного столика; 7 – індентор; 8 – стрижень; 9 – джерело світла; 10 – мікрошкала; 11 – конденсор; 12 – фіксатор; 13 – дзеркало; 14 – екран для спостереження; 15 – електромагнітна котушка; 16 – екран для освітлення зразка; 17 – вмикач пенетрометра; 18 – кнопка пуску індентора

Принцип дії ґрунтується на вільному зануренні (проникненні) індентора в дослідний зразок за визначений час. Метод занурення конуса для характеристики структурно-механічних властивостей в'язкопластичних тіл був запропонований Ребіндером.

*Проведення досліджень.* За допомогою вимикача (17) подають напругу до екрана спостереження (14), на якому видно шкалу (10) екрана підсвічування зразка (16) та на котушку електромагніта (15). На стрижні закріплюють вибраний індентор і переміщують його в ручному режимі, виставляючи на «0» за шкалою спостереження (10). Дослідний зразок у спеціальній посудині (висота якої вище 35 мм) установлюють на підйомний столик, а потім за допомогою штурвала (6) зразок підводять до контакту індентора з поверхнею зразка. Після чого кнопкою пуску (18) звільнюють індентор, що починає занурюватися у зразок, час занурення складає 5 с. Значення величини penetрації фіксуються на екрані спостереження.

За допомогою пенетрометра вимірюють граничну напругу зсуву як одну з важливих реологічних характеристик матеріалу, що використовуються для оцінки міцності його структури. Крім того, граничну напругу зсуву доцільно визначати перед початком

досліджень на вагах Каргіна-Соголової для встановлення нижньої межі навантаження, за якого досліджуваний зразок починає текти. При визначенні граничної напруги зсуву на пенетрометрі з метою визначення нижньої межі навантаження для дослідження зразків на еластопластометрі Толстого необхідно отримане значення граничної напруги зсуву поділити на 3, зважаючи на те, що модуль зсуву та модуль пружності пов'язані через коефіцієнт Пуассона  $E=3 \cdot G$ , а отже, і гранична напруга зсуву, що визначається по нормалі, в три рази більша, ніж гранична напруга зсуву, що визначається дотично.

Гранична напруга зсуву (ГНЗ) незруйнованої структури  $\sigma_0$  (Па) розраховується за формулою Ребіндера:

$$\sigma_0 = k \frac{m \cdot g}{h^2}$$

де  $m$  – маса індентора і стрижня приладу, яка діє на дослідний продукт (за мінусом тертя й опору пружини індентора), кг;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$h$  – глибина занурення конуса, м;

$k$  – константа індентора (табл. 15).

*Таблиця 15*

#### **Залежність константи індентора від кута з вершиною**

Константа індентора	Кут з вершиною конуса $\alpha$ , град			
	30	45	60	90
К	0,456	0,286	0,164	0,0657

На пенетрометрі проведено велику кількість досліджень реологічних властивостей різних харчових продуктів (цукеркові маси, хлібопекарське і кондитерське тісто, м'ясні і молочні продукти, пшеничний хліб, косметичні креми, продукти переробки винограду і яблук, фрукти). На основі значення граничної напруги зсуву запропоновано таку класифікацію матеріалів (табл. 16).

*Таблиця 16*

#### **Класифікація матеріалів за величиною ГНЗ**

Напруження зсуву, $\sigma_0 \cdot 10^{-2}$ , Па	Оцінка дослідного матеріалу
---	-----------------------------

<50	дуже м'який, майже текучий
50...100	дуже м'який, але не розмащується
100...200	м'який, розмащується
200...800	пластичний, розмащується
800...1000	твердий, але зі здатністю до розмащування
1000...1500	досить твердий з обмеженою здатністю до розмащування
>1500	значно твердий

### Питання для самоперевірки:

1. Опишіть будову та принцип дії ротаційного віскозиметру сталої напруги зсуву ВПН-0,2М.
2. Опишіть будову та принцип дії ротаційного віскозиметру типу RN.
3. Опишіть будову та принцип дії реовіскозиметру Геплера.
4. Опишіть будову та принцип дії плоскопаралельного еластопластометру Толстого.
5. Опишіть будову та принцип дії модифікованих вагів Каргіна-Соголової.
6. Опишіть будову та принцип дії пенетрометру «Labor».
7. Класифікація матеріалів за величиною граничної напруги зсуву.
8. Технічні характеристики віскозиметру типу RN.
9. Опишіть електричну структурну схему віскозиметру ВПН-0,2М.

## Перелік рекомендованих літературних джерел

1. Гніцевич В. А. Васильєва О. А. Актуальні проблеми виробництва солодких страв з пінною структурою. *Обладнання та технології харчових виробництв* : темат. зб. наук. праць. Вип. 4. Донецьк : ДонДУЕ. 2000. С. 182-185.
2. Забезпечення та хімічний контроль якості харчових продуктів : навч. посібник / Р. П. Влодарчик та ін. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2015. 336 с.
3. Інноваційні технології харчових виробництв : моногр. / за ред. В. А. Піддубного. Київ : Кондор, 2017. 320 с.
4. Крайнюк Л. М. Методи контролю якості харчової продукції : посібник. Суми : Університетська книга, 2012. 32 с.
5. Методи контролю продукції тваринництва та рослинних жирів : навч. посіб. / О. І. Черевко, Л. Р. Димитрієвич, Л. Г. Зіборова ; за ред. Л. М. Крайнюк. 2-е вид., перероб. і допов. Суми : Університетська книга, 2023. 300 с.
6. Методи контролю якості харчової продукції : метод. рекомендації до лабораторних робіт / уклад. : М. М. Воробець, І. М. Кобаса, І. В. Кондрачук. Чернівці : Чернівец. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2022. 32 с.
7. Методи контролю якості харчової продукції : навч. посіб. / за ред. Л. М. Крайнюк. Суми : Університетська книга, 2018. 512 с.
8. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. / В. І. Ладика, Л. З. Шильман, Ф. В. Пивоваров та ін. ; за заг. ред. В. І. Ладика. Херсон : Олді-плюс, 2022. 222 с.
9. Методологія наукових досліджень : навчальний посібник для студентів і аспірантів спеціальності 181 «Харчові технології» / В. І. Ладика, Л. З. Шильман, Ф. В. Перцевой та ін. Херсон : Олді+, 2022. 222 с.
10. Наноматеріали та нанотехнології. Їх використання у харчовому виробництві: навч. посіб. / В. А. Костенко, С. В. Кадомський, В. В. Малишев. Київ : Університет Україна, 2017. 327



с.

11. Пивоваров П. П., Прасол Д. Ю. Теоретичні основи технології харчових виробництв. Харків : Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2000. 118 с.
12. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навчальний посібник / А. Б. Горальчук та ін. Харків : ХДУХТ, 2006. 63 с.
13. Свідло К. В., Лазарева Т. А., Бачієва Л. О. Методологія і організація наукових досліджень в харчовій галузі : підручник. Харків : Світ книг, 2020. 225 с.
14. Сенсорний аналіз харчових продуктів : навч. підручник / Ф. Ф. Гладкий та ін. Харків : Технологічний центр, 2018. 131 с.
15. Тарасенко Є. В., Костюк В. С. Методи контролю харчових виробництв : опорний конспект лекцій для студентів спеціальності 7.091711 «Технологія харчування». Київ : КНТУ, 2002. 133 с.
16. Теоретичні основи харчових технологій. Лабораторний практикум. Харків : ХДУХТ, 2008. 49 с.
17. Черевко О. І., Крайнюк Л. М., Касілова Л. О. Методи контролю якості харчової продукції : навчальний посібник. Суми : Університетська книга, 2019. 512 с.
18. Kälviäinen N. Texture modifications in semisolid and solid foods: sensori characterization and acceptance in diferent age groups: Academic Dissertation. Agriculture and Forestry, University. Helsinki, 2002. 74 p.
19. Marsilli R. Texture and Mouthfeel: Making Rheology Real. Weeks Publishing Company. 1993. P. 4.
20. Sherman P. Industrial Rheology. London, New-Jork : Academic Press, 1970. 423 p.
21. Szczesniak A. S. An overview of recent advances in food texture research. Food Technology. 1977. Vol. 31, № 4. P. 71.
22. Vaclavik V. A. Essentials of food science. Springer Science+Business Media, 2008. P. 28-32.

## **МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВОЇ ТВОРЧОСТІ**

Конспект лекцій

Укладачі: **Шевчук** Наталя Петрівна

**Петрова** Олена Іванівна

**Зюзько** Алла Валентинівна

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 6 Тираж 20 прим. Зам. №  
Надруковано у видавничому відділі Миколаївського національного  
аграрного університету  
54020 м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.