

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Навчальний посібник
для студентів і аспірантів
спеціальності 181 «Харчові технології»

За загальною редакцією Ладика В. І.

ОЛДІПЛУС

2021

Автори:

Ладика В. І., Шильман Л. З., Перцевой Ф. В., Пивоваров П. П., Гринченко О. О., Гурський П. В., Тищенко О. П., Гринченко Н. Г., Сукманов В. О., Демідов І. М., Горальчук А. Б., Мазуренко І. К., Шульга О. С., Каратаєва Є. О., Мельник О. Ю., Крапивницька І. О., Чорна А. І., Нагорний О. Ю., Омельченко С. Б., Боковець С. П.

Рецензенти:

Дорохович В. В., д.т.н., професор НУХТ;
Капрельянц Л. В., д.т.н., професор ОНАХТ;
Кравченко М. Ф., д.т.н., професор КНТЕУ

Відповідальний за випуск:

Перцевой Ф. В., д.т.н., професор кафедри технології харчування

*Рекомендовано Вченою радою
Сумського національного аграрного університету
(протокол № 7 від 20 грудня 2021 року)*

Методологія наукових досліджень : навчальний посібник для студентів і аспірантів спеціальності 181 «Харчові технології» / Ладика В. І., Шильман Л. З., Перцевой Ф. В. та ін. / за заг. редакцією Ладика В. І. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 222 с.

ISBN 978-966-289-580-3

Уперше в Україні підготовлено посібник із виконання наукової роботи з технології харчової продукції. У ньому містяться методологічні основи наукової роботи та сучасні методи дослідження харчових речовин і продуктів. Посібник розроблений колективом авторів – провідних науковців галузі – під керівництвом академіка В. І. Ладика і буде корисним студентам та аспірантам під час підготовки випускних робіт.

УДК 664:001.8(075)

© Сумський національний аграрний університет, 2021

ISBN 978-966-289-580-3

© ОЛДІ-ПЛЮС, 2021

■ ВСТУП	7
■ 1. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ НАУКОВОГО ЗНАННЯ	9
1.1 Поняття «Наука»	9
1.2 Поняття про наукове знання.....	11
1.3 Основні етапи проведення наукового дослідження.....	11
1.4 Реєстрація прав інтелектуальної власності.....	24
Перелік джерел посилання до розділу 1	31
■ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	32
2.1 Органолептична оцінка	32
2.2 Інструментальні методи.....	38
2.2.1 Фізичні методи оцінки	38
2.2.2 Хімічні методи оцінки.....	48
2.2.3 Фізико-хімічні методи оцінки	53
Перелік джерел посилання до розділу 2	58
■ 3. СТАНДАРТИЗОВАНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	60
3.1 Визначення білків	60
3.1.1 Фотометричний метод	63
3.1.2 Метод прискореного аналізу	64
3.1.3 Калориметричний метод.....	65
3.1.4 Рефрактометричний метод.....	66
3.1.5 Метод формольного титрування.....	66
3.2 Визначення жирів.....	67
3.2.1 Гравіметричний метод із екстракцією жиру сумішшю хлороформу й етилового спирту	70
3.2.2 Гравіметричний метод із екстракцією жиру бензином	71
3.2.3 Рефрактометричний метод.....	71
3.2.4 Метод визначення жиру з використанням фільтрувальної ділильної лійки	72
3.2.5 Кислотний метод. Визначення масової частки жиру в молоці й молочних продуктах.....	72
3.2.6 Оптичний (турбідиметричний) метод визначення масової частки жиру в сирому молоці	73

3.2.7 Екстракційний метод визначення масової частки жиру в сичугових і плавлених сирах.....	73
3.2.8 Рефрактометричний метод визначення масової частки жиру в кондитерських виробих і напівфабрикатах	74
3.2.8.1 У шоколаді, шоколадних напівфабрикатах, праліне, какао-порошку, марципані, борошняних кондитерських виробих, оздоблювальних і випечених напівфабрикатах, халві тощо	74
3.2.8.2 У кондитерських виробих типу ірис, вершкова помадка, вершкова тягучка, цукерки «Старт», «Корівка» і т. ін.	74
3.2.9 Екстракційно-ваговий метод визначення масової частки жиру в борошняних кондитерських виробих, оздоблювальних і випечених напівфабрикатах.....	75
3.3 Визначення цукрів	75
3.3.1 Йодометричний метод.....	78
3.3.2 Метод Бертрана	79
3.3.3 Поляриметричний метод	79
3.3.4 Перманганатометричний метод.....	80
3.3.5 Рефрактометричний метод.....	80
3.3.6 Метод інверсійної поляриметрії.....	81
3.4 Визначення вологи і сухих речовин.....	81
3.4.1 Метод визначення сухої речовини й вологи в пастеризованому молоці, морозиві, кисломолочному сири й кисломолочносирних виробих висушуванням наважки за $+102 \pm 2$ °С.....	87
3.4.2 Прискорений метод визначення сухої речовини в пастеризованому і стерилізованому молоці й кисломолочних напоях	87
3.4.3 Прискорений метод визначення вологи й сухої речовини в морозиві висушуванням зважки при температурі $+180 \pm 2$ °С	87
3.4.4 Метод визначення вологи у вершковому маслі без наповнювача	88
3.4.5 Визначення вмісту вологи у згущених молочних консервах	88
3.4.6 Визначення вмісту вологи на приладі Чижової.....	88
3.4.7 Визначення вмісту вологи рефрактометром.....	89

3.4.8 Визначення вмісту вологи висушуванням у сушильній шафі при температурі $+103 \pm 2$ °С.....	89
3.4.9 Визначення вмісту вологи висушуванням у сушильній шафі при температурі $+150 \pm 2$ °С.....	89
3.4.10 Ваговий метод (висушування в сушильній шафі).....	89
3.4.11 Метод визначення вмісту вологи й летючих речовин	90
3.5 Обробка результатів дослідження (графіки) за допомогою редактора електронних таблиць Excel	90
Перелік джерел посилання до розділу 3	94

■ 4. ХАРАКТЕРИСТИКА РЕОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....96

4.1 Основні терміни та визначення.....	98
4.2 Харчові продукти як реологічні тіла	106
4.3 Властивості рідиноподібних систем.....	108
4.4 Властивості твердоподібних систем.....	114
4.5 Властивості пін та піноподібних систем.....	118
Перелік джерел посилання до розділу 4	125

■ 5. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ 128

5.1 Ротаційний віскозиметр сталої напруги зсуву ВПН-0,2М.....	128
5.2 Ротаційний віскозиметр типу RN.....	131
5.3 Реовіскозиметр Геплера	134
5.4 Плоскопаралельний еластопластометр Толстого	137
5.5 Модифіковані ваги Каргіна - Соголової	141
5.6 Пенетрометр «Labor»	145
Перелік джерел посилання до розділу 5	148

■ 6. ВИКОРИСТАННЯ ТАБЛИЧНОГО РЕДАКТОРА EXCEL ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКІВ РЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 149

6.1 Математично-статистична обробка результатів реологічних досліджень	149
6.2 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на ротаційному віскозиметрі ВПН-0,2М.....	154
6.3 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на ротаційному віскозиметрі типу RN	160
6.4 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на реовіскозиметрі Геплера	163

6.5 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на модифікованих вагах Каргіна – Соголової та еластопластометрі Толстого	165
6.6 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на пенетрометрі «Labor»	170
Перелік джерел посилання до розділу 6	172
■ 7. МЕТОДИ ОЦІНКИ ОКРЕМИХ ВИДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	173
7.1 Методи оцінки м'ясних продуктів	173
7.2 Методи оцінки молочних продуктів	177
7.3 Методи оцінки рибних продуктів	179
7.4 Методи оцінки плодоовочевої продукції.....	182
7.5 Методи оцінки хлібобулочних та кондитерських виробів	183
7.6 Методи оцінки безалкогольних напоїв	188
7.7 Методи оцінки олій та жирів.....	189
Перелік джерел посилання до розділу 7	191
■ 8. МЕТОДИ ОЦІНКИ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ	192
8.1 Методи оцінки напівфабрикатів	192
8.2 Методи оцінки бульйонів	199
8.3 Методи оцінки перших страв.....	201
8.4 Методи оцінки других страв.....	203
8.5 Методи оцінки солодких страв та напоїв	207
8.6 Методи оцінки борошняних та кондитерських виробів	210
8.7 Методи аналізу правильності ведення технологічного процесу	211
Перелік джерел посилання до розділу 8	217
■ 9. ВИЗНАЧЕННЯ І РОЗРАХУНОК КАЛОРІЙНОСТІ ВИРОБІВ ТА ГОТОВИХ СТРАВ	218
Перелік джерел посилання до розділу 9	220

Відповідно до Закону України «Про вищу освіту» особа, яка отримала другий (магістерський) рівень вищої освіти, може продовжити своє навчання для отримання третього (освітньо-наукового) рівня. Цей рівень вищої освіти відповідає восьмому кваліфікаційному рівню Національної рамки кваліфікацій і передбачає здобуття особою теоретичних знань, умінь, навичок та інших компетентностей, достатніх для продукування нових ідей, розв'язання комплексних проблем у галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, оволодіння методологією наукової та педагогічної діяльності, а також проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення. У результаті успішного виконання здобувачем вищої освіти відповідної освітньо-наукової програми та публічного захисту дисертації у спеціалізованій вченій раді йому присуджується ступінь доктора філософії.

Особа має право здобувати ступінь доктора філософії під час навчання в аспірантурі (ад'юнктурі). Особи, які професійно здійснюють наукову, науково-технічну чи науково-педагогічну діяльність за основним місцем роботи, мають право здобувати ступінь доктора філософії поза аспірантурою, зокрема під час перебування у творчій відпустці, за умови успішного виконання відповідної освітньо-наукової програми та публічного захисту дисертації у спеціалізованій вченій раді.

Основні вимоги до структури, об'єму дисертацій, а також до процедури захисту і затвердження встановлені Постановою Кабінету Міністрів України від 28 червня 1997 р. № 644 «Про порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань».

Відповідно до цього нормативного документа «Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата (доктора філософії) чи доктора наук є кваліфікаційною науковою працею, виконаною особисто автором у вигляді підготовленого рукопису або опублікованої наукової монографії. Вона містить висунуті автором для прилюдного захисту науково обґрунтовані теоретичні чи експериментальні результати, наукові положення, а також характеризується єдністю змісту і свідчить про особистий внесок здобувача в науку».

■ 1. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ НАУКОВОГО ЗНАННЯ

Дисертація на звання вченого ступеня кандидата наук (доктора філософії) – це кваліфікаційна наукова праця – рукопис обсягом 100–150 машинописних сторінок (для гуманітарних і суспільних наук – 140–180 сторінок), оформлена відповідно до вимог Держстандарту.

Результати досліджень, викладені в кандидатській дисертації, мають відповідати одній з таких вимог:

а) одержання нових науково обґрунтованих результатів, що в сукупності вирішують конкретне наукове завдання, яке має важливе значення для визначеної галузі науки;

б) одержання нових науково обґрунтованих теоретичних чи експериментальних результатів, що в сукупності є важливим для розвитку конкретного напрямку визначеної галузі науки.

Метою цього посібника є надання здобувачу допомоги у виконанні дисертаційної роботи.

1.1 Поняття «Наука»

Поняття «наука» має кілька визначень, основними з яких є такі:

– 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; вона 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.

Безпосередні цілі науки – отримання знань про об'єктивний і суб'єктивний світ, досягнення 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.

Нині залежно від сфери, предмета й методу пізнання розрізняють науки: про природу – природні; про суспільство – гуманітарні та соціальні; про мислення й пізнання.

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, відшукання 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.

Функції науки. 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 рішенням 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.

1.2 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.

1.3 Основні етапи проведення наукового дослідження

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

Наукові дослідження будь-якого класу, виду організуються в певній послідовності. Щодо прикладних науково-дослідних робіт виділяють такі етапи.

Вибір теми дослідження

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 напрямку 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. Наприклад, 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); установлення актуальності проблеми, тобто її цінності для науки і техніки.

Після обґрунтування проблеми і встановлення її структури приступають до вибору теми наукового дослідження. 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 вимозі 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.

Наукова тема – це складне завдання, що потребує вирішення. Вважається, що правильний вибір теми роботи наполовину забезпечує успішне її виконання.

Під час вибору теми рекомендується враховувати: її актуальність, новизну, теоретичну і практичну значущість, відповідність профілю роботи після закінчення ЗВО, наявність чи відсутність літератури і практичних матеріалів, напрацювання самого студента за темою у вигляді курсових робіт та наукових доповідей, а також інтерес студента до обраної теми, його суб'єктивні можливості провести необхідні дослідження.

Вибір теми полегшують консультації з викладачами та професорами, ознайомлення з літературою за обраною спеціальністю, перегляд уже відомих у технологіях положень і висновків під новим кутом зору. Тема дисертації може базуватися на дослідженнях, що проводились на стадії магістратури.

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. Особливе місце серед них займають дисертації і автореферати до них. 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 та його якості як ученого.

Депоновані рукописи також належать до неопублікованих наукових документів. Суть депонування полягає в передачі 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.

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

Тези (від грец. Tezos – твердження) 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 дослівний 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 першоосною для запису чорнового варіанту основного тексту письмової роботи.

Конспект (від лат. Conspectus – огляд, опис) – 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 НДІ за обраною темою дослідження, має поставити мету, якої необхідно досягти в результаті виконання роботи, і завдання, які необхідно вирішити, щоб досягти цієї мети.

Формулювання мети наукового дослідження

Мета наукової роботи – це здобуття нових знань про досліджуваний об'єкт, установлення деяких його характеристик або характеру явища загалом. Як показує практика, науково-дослідницька робота на кафедрі технології харчування має здебільшого прикладний характер. Це означає, що результати такої роботи безпосередньо спрямовані на їхнє практичне втілення в промисловості.

Відзначимо найважливіші 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 експертизі 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. Прикладами можуть слугувати: 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. До наукової гіпотези висуваються такі вимоги: 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. Уся отримана інформація має 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.

Методи емпіричних досліджень

Спостереження – це систематичне, цілеспрямоване сприйняття об'єкта. Щоб бути плідним, 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. Метод рівняння буде плідним, якщо виконуються такі 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 затімарюють 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.

У науковому дослідженні експеримент і теорія пов'язані якнайтісніше. Будь-яке ігнорування експерименту неминуче призводить до помилок, тому всесвітнє розгортання експериментальних досліджень є одним з найважливіших шляхів розвитку всієї сучасної науки.

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. Іноді, 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. Звичайно, у науці цінні насамперед несподівані результати, проте можливість їхнього отримання не знижує важливості планування: план організовує роботу, робить її цілеспрямованою.

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.

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. Якщо назвати результат експерименту вихідним параметром, то експеримент можна визначити як сукупність дослідів, що дозволяють установити вплив на вихідний параметр різних факторів. Основна мета експерименту – виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, перевірка справедливості гіпотез і на цій основі широке і глибоке вивчення теми наукового дослідження. Щоб досягти цього, необхідно приділяти увагу чистоті експерименту, тобто проводити його за максимально можливого усунення зовнішніх перешкод.

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.

Дуже важливим в організації наукового експерименту є вибір засобів виміральної 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.

Останнім часом дослідники частіше стали застосовувати математичну теорію експерименту, яка дозволяє значно зменшити обсяг роботи і підвищити точність дослідження.

Оформлення робочого журналу

У робочому журналі систематично фіксують: дату проведення експерименту, умови його і всі первинні експериментальні дані та спостереження. У ньому зазначають також 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.

Аналіз результатів досліджень

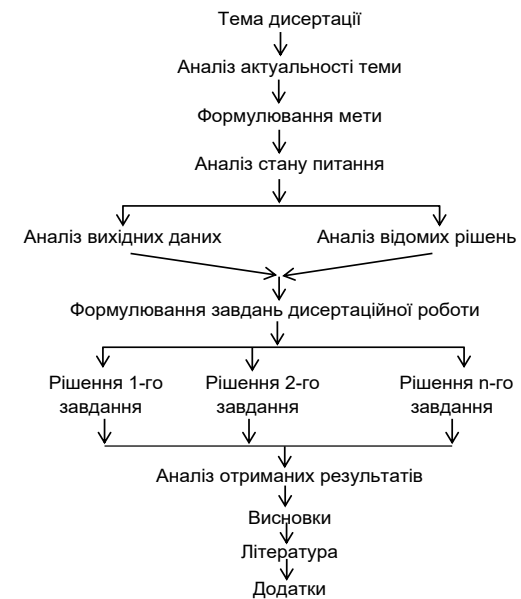
Важливе місце під час виконання наукової роботи займає аналіз результатів експерименту. Це завершальна частина, на базі якої робиться висновок про підтвердження гіпотези наукового дослідження. Аналіз експерименту є творчою частиною дослідження. Оскільки за цифрами іноді важко уявити фізичну сутність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

Щоб не викликала сумніву достовірність отриманих результатів, використовується їхня математична обробка.

Оформлення наукової роботи

Результати наукового дослідження аспіранта оформлюють у вигляді дисертації.

У найзагальнішому вигляді структуру дисертації можна представити так:



1.4 Реєстрація прав інтелектуальної власності

Організація та умови одержання прав на винаходи, 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 цьому 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.

Опис винаходу (корисної моделі) підписується заявником у тому самому порядку, що й заявка про видачу патенту.

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;
- 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 установленної форми. Ці документи подають разом із заявкою або протягом двох місяців від дати подання заявки.

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.

Перелік джерел посилання до розділу 1

1. Білей П.В., Довга Н.Д., Ханик Я.М. Методологія наукових досліджень : навчальний посібник. – Львів : НУ «Львівська політехніка», 2003. – 176 с.
2. Від аспіранта – до академіка : зб. законодавч. і нормат. матеріалів з питань наук. діяльності, атестації наук. працівників. – К. : Ред. «Бюл. Вищої атестат. комісії України» ; Вид-во «Толока», 2006. – 80 с.
3. ДСТУ 3008–95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – К. : Держстандарт України, 1995. – 35 с.
4. ДСТУ 3017–95 «Видання. Основні види. Терміни та визначення».
5. Кузнецов Ю.М. Патентознавство та авторське право : підручник. – К. : Кондор, 2005. – 428 с.
6. Методичні рекомендації до написання наукової праці / О.А. Васильєв. – Дніпропетровськ : ДДУ, 2002. – 176 с.
7. Положення про підготовку науково-педагогічних і наукових кадрів : нормат. документ. – К. : Вид-во «Толока», 2005. – 28 с.
8. Свідло К.В., Лазарева Т.А., Бачієва Л.О. Методологія і організація наукових досліджень в харчовій галузі : підручник. – Харків : Світ книг, 2013. – 196 с.
9. Чернілевський Д.В. Методологія наукової діяльності : навч. посібник. – Вінниця : Вид-во АМСКП, 2010. – 484 с.
10. Шейко В.М., Кушнарєнко Н.М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності : підручник. – К. : Знання, 2006. – 307 с.

■ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

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 устанавлюється правова основа забезпечення якості і безпеки продовольчої сировини і харчових продуктів. Тобто забезпечення якості харчових продуктів і їхня безпека розглядаються на державному рівні.

2.1 Органолептична оцінка

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 апаратні 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, кислотності, 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.

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 застосованого 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 урахуватися 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:

- дуже погана якість – 1;
- незадовільна – 2;

- задовільна – 3;
- добра – 4;
- дуже добра – 5.

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:

- ця 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.

2.2 Інструментальні методи

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.

2.2.1 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 2.1 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 2.1 – Класифікація спектральних методів

Спектроскопія	Джерело аналітичного сигналу	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-й 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 – ІК-спектрометрія; 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 (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Основні фотометричні величини

Термін	Символ
Оптична щільність	D
Пропущення	T
Коефіцієнт поглинання	K
Молярний коефіцієнт поглинання за довжини хвилі	ϵ_{λ}
Товщина поглинання шару (кювети), см	l
Довжина хвилі світла, нм	λ

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 досліджуваній 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 флуоресценції 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 флуоресценції 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 флуоресценції борошна можна визначити його гатунок, вид і наявність у ньому шкідливих домішок – борошно з наявністю ріжка викликає фіолетове мерехтливе світіння. На колір та інтенсивність флуоресценції впливають також інші фактори, наприклад, під час висушування пшеничного і житнього борошна флуоресценція змінюється від блискучої блакитної до жовтої, для флуоресценції 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 флуоресціює, 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 флуорометрами.

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 поведінку 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 поведінку 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 помірно 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-горілчаних виробів, вина, соків, сиропів, олії, тваринних жирів тощо.

Для сипучих і дрібних за розміром продуктів використовується об'ємна (насіпна) щільність, тобто маса одиниці об'єму продукту за вільного насипання (укладання). Насіпна 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 адгезиметри (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, кисло-молочного 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 визначити 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).

2.2.2 Хімічні методи оцінки

Цими методами 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 досліджуваним 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 луґу 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, лікери-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-горілчанних 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 сирієї 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 їдкою калію, потім водою, етиловим спиртом і етиловим ефіром. Під час цього видаляються продукти гідролізу супутніх клітковини 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, зернобобових 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, фосфати, 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.

2.2.3 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.

Розрізняють такі фізико-хімічні методи дослідження харчових продуктів: поляриметричні, рефрактометричні, електрохімічні, електрофоретичні, хроматографічні. До фізико-хімічних методів може бути також віднесений і фотокolorиметричний 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 фазу 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.

Газо-рідинна хроматографія є найважливішим методом для вивчення складу жирних кислот природних жирів і олії, а також ліпідів, виділених з різних харчових продуктів. Метод газо-рідинної 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 нерухома 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.

Перелік джерел посилання до розділу 2

1. Горальчук А.Б. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навчальний посібник / А.Б. Горальчук, П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко, М.І. Погожих, В.В. Полевич, П.В. Гурський / ХДУХТ. – Харків, 2006.

2. Житникова В.С. Спектральные методы исследования пищевых продуктов. – Орел : ОРЕЛГТУ, 2006.

3. Крайнюк Л.М. Методи контролю якості харчової продукції : посібник. – Суми : Університетська книга, 2012.

4. Стандартизация и контроль качества продукции : учебник / Г.Н. Ловачева, А.И. Мглинец, Н.Р. Успенская. – М. : Экономика, 1990.

5. Тарасенко Є.В., Костюк В.С. Методи контролю харчових виробництв. Опорний конспект лекцій для студентів спеціальності 7.091711 «Технологія харчування». Навчально-методичне видання. – К. : КНТУ, 2002.

6. Теоретичні основи харчових технологій. Лабораторний практикум. – Харків : ХДУХТ, 2008.

■ 3. СТАНДАРТИЗОВАНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Нині фахівці харчової промисловості розробляють велику кількість нових технологій одержання харчової продукції. Складовою частиною таких технологій є контроль якості. Введення нових харчових добавок і наповнювачів до рецептурного складу харчових продуктів передбачає розробку методів їхнього контролю. Водночас розробка нових методів оцінки якості не має відставати від розробки нових технологій.

Існують загальні показники якості харчової продукції, контроль яких здійснюється багатьма галузями харчової промисловості. Накопичений досвід лабораторного контролю харчових продуктів дозволив визначити найбільш надійні методи, що й увійшли в стандарти методів випробувань.

3.1 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 (сірчанокислої 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 вміст 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 3.1.

Алгоритм виконання окремих методів подано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Сутність стандартизованих методів визначення білків

Найменування	Суть
1	2
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

Закінчення таблиці 3.1

1	2
Метод проведення аналізу за К'ельдалем	Метод базується на спалюванні органічних компонентів проби в молочній колбі з використанням сірчаної кислоти; вивільнюваний при цьому азот визначають титруванням і за його кількістю обчислюють вміст 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

3.1.1 Фотометричний метод

1. Підготовка до випробування. Готують реактиви 1 (10 г фенолу й 0,05 г нітропрусиду натрію розчиняють у дистильованій воді) і 2 (5 г гідроокису натрію розчиняють у дистильованій воді, охолоджують, додають розчин гіпохлориту натрію з розрахунку його вмісту 0,42 г/дм³, або 0,2 г дихлоризоціангідрату натрію, об'єм колби заповнюють до позначки дистильованою водою). Готують вихідний розчин гіпохлориту натрію (150 г хлорного вапна перемішують із 250 см³ дистильованої води; 105 г вуглекислого натрію розчиняють у 250 см³ дистильованої води; обидва розчини з'єднують, постійно помішуючи). Будують градувальний графік.

2. Проведення випробування. Частину здрібненої середньої проби кладуть у бюксу, закривають кришкою, зважують. З бюкси відбирають 0,4–0,5 г продукту на аркуш беззольного фільтра й разом із ним відпускають у колбу К'ельдаля. Бюксу закривають, зважують і за різницею мас розраховують точну масу продукту.

Такий же аркуш фільтра кладуть у контрольну колбу К'ельдаля. В обидві колби додають 10 см³ концентрованої сірчаної кислоти, 1–2 г сірчаноокислого калію й проводять мінералізацію, періодично для інтенсивності процесу додаючи перекис водню. Після мінералізації колби охолоджують, вміст кількісно переносять у вимірювальні колби місткістю 250 см³, об'єм заповнюють до позначки й усе перемішують. 5 см³ мінералізату переносять у колбу місткістю 100 см³ і заповнюють до позначки дистильованою водою. Далі проводять кольорову реакцію, для цього 1 см³ удруге розведеного мінералізату переносять у пробірку, додають 5 см³ реактиву 2, вміст пробірки перемішують і через 30 хв визначають оптичну густину розчинів на спектрофотометрі за довжини хвилі 625 нм або на фотоелектроколориметрі із застосуванням червоного світлофільтра (вимірювання проводиться в порівнянні з контрольним розчином, що готували одночасно, використовуючи для цього контрольний мінералізаційний розчин). За отриманим значенням оптичної густини за допомогою калібрувального графіка знаходять концентрацію азоту.

3. Опрацювання результатів. Масова частка білка визначається розрахунковим шляхом на підставі отриманого значення концентрації азоту.

3.1.2 Метод прискореного аналізу

1. Підготовка до випробування. Готують розчин гідроксиду натрію (500 г розчиняють у 1000 см³ дистильованої води). Готують подвійний індикатор (2 г метилового червоного й 1 г метиленового блакитного розчиняють в 1000 см³ 96 % етилового спирту). Використовують готові розчини перекису водню, борної та концентрованої соляної кислоти.

2. Проведення випробування. У кварцеву пробірку кладуть ті ж компоненти, що й за методом проведення аналізу за К'ельдалем, вміст пробірки обережно перемішують і вносять до неї 20 см³ перекису водню, не допускаючи спінення. Пробірку нагрівають доти, доки рідина не стане прозорою й безбарвною або злегка блакитнуватою, потім її охолоджують і приєднують до перегінного апарата. У конічну колбу місткістю 250 см³ відмірюють 20 см³ розчину борної кислоти й додають 3–4 краплі розчину подвійного індикатора. Відмірюють 60 см³ розчину гідроксиду натрію й обережно доливають його через ділильну лійку в пробірку. Відкривають затиск на лінії подачі пари з конічної колби місткістю 2000 см³ і направляють пару в лійку. Перегонку проводять до досягнення

об'єму конденсату від 50 до 70 см³. Конденсат титрують розчином соляної кислоти до переходу зелених кольорів у сірий. Паралельно проводять контрольний аналіз, використовуючи 5 см³ дистильованої води замість молока.

3. Опрацювання результатів. Вміст загального азоту обчислюють на підставі отриманих результатів титрування й перераховують на білок.

3.1.3 Колориметричний метод

1. Підготовка до випробування. Готують буферний розчин (31,70 г лимонної кислоти й 8,40 г ортофосфату натрію кладуть у колбу місткістю 500 см³ і додають до неї 400 см³ води, колбу нагрівають до температури вище +70 °С, вміст її перемішують до повного розчинення речовин і охолоджують до температури +20 ± 2 °С). Готують розчин барвника (4,60 г барвника поміщають у колбу ємністю 500 см³ і додають до неї 200 см³ води, колбу нагрівають до температури не вище +70 °С, вміст її перемішують до повного розчинення барвника, а розчин очищують за допомогою паперового фільтра у вимірювальну колбу місткістю 2000 см³). У мірну колбу з розчином барвника переносять і буферний розчин. Вміст колби охолоджують до температури +20 ± 2 °С, колбу доливають водою до позначки, закривають гумовою пробкою й суміш перемішують шляхом перекидання не менше 6 разів. Розчин повинен мати рН = 2,3 ± 0,1 й оптичну густину (0,82 ± 0,02) на довжині хвилі 590 нм. Якщо значення цих величин не відповідають необхідним, то в першому випадку розчин розбавляють сірчаною кислотою або лугом, а в другому – додаванням буферного розчину або розчину барвника. До випробування розчин витримують не менше 12 год.

2. Проведення випробування. У скляну пробірку наливають 1 см³ молока, доливають 20 см³ розчину барвника й вміст перемішують, перевертаючи закриту пробірку 2–10 разів. Потім пробірку вміщують у центрифугу й центрифугують протягом 10–20 хв. Далі відбирають 1 см³ надосадової рідини, вливають у колбу місткістю 50 см³, наповнюють колбу водою до позначки й вміст перемішують. Аналогічним способом розбавляють робочий розчин барвника в 50 разів. На фотоелектроколориметрі або спектрофотометрі вимірюють оптичну густину розведеного розчину барвника стосовно розведеного вмісту вимірювальної колби.

3. Опрацювання результатів. На підставі отриманого значення оптичної густини розрахунковим шляхом обчислюють масову частку білка в продукті.

3.1.4 Рефрактометричний метод

1. Підготовка до випробування. Наважку хлористого кальцію масою 40,0 г кладуть у колбу місткістю 1000 см³, доливають до неї 500 см³ води й перемішують до повного розчинення солі. Уміст колби нагрівають до температури 20 ± 2 °С і наповнюють водою до позначки.

2. Проведення випробування. У 3 флакони наливають по 5 см³ молока, додають по 6 крапель розчину хлориду кальцію. Флакони закривають пробками й уміст перемішують шляхом перекидання. Потім флакони ставлять на водяну баню, наливаючи в неї воду так, щоб її рівень досягав половини висоти флаконів. Баню закривають, ставлять на електроплитку, доводять воду в бані до кипіння й кип'ятять не менше 10 хв. Далі флакони на тій же бані витримують у холодній воді не менше 2 хв, витягають із бані й руйнують білковий згусток шляхом струшування. Потім флакони вміщують у центрифугу й центрифугують не менше 10 хв. Прозору сироватку, що утворилася, відбирають і 1–2 краплі її наносять на вимірювальну призму рефрактометра. Вимірювальну призму закривають освітлювальною. Спостерігаючи в окуляр рефрактометра, спеціальним коректором прибирають забарвленість межі світла й тіні та проводять не менше 3 вимірювань за шкалою «білок». Далі на вимірювальну призму капають 2 краплі досліджуваного молока й за шкалою «білок» проводять не менше 5 спостережень. Обчислюють середнє арифметичне результатів спостережень для сироватки й молока.

3. Опрацювання результатів. Масову частку білка обчислюють розрахунковим шляхом.

3.1.5 Метод формольного титрування

1. Підготовка до випробування. Готують прилади (блок автоматичного титрування підключають до аналізатора й до мережі, прогривають протягом 10 хв; дозатор блоку заповнюють розчином гідроксиду натрію; потенціометричний аналізатор налаштовують на діапазон вимірів рН, що містить рН = 9; блок автоматичного титрування налаштовують на точку еквівалентності, яка дорівнює 9 одиницям рН, подачу розчину за краплями, починаючи із рН = 4 й 30-секундну витримку після досягнення точки еквівалентності). Визначають поправку до результатів вимірів масової частки білка методом формольного титрування.

2. Проведення випробування. У склянку наливають 20 см³ молока й опускають у нього стрижень магнітного змішувача.

Склянку встановлюють на магнітний змішувач, вмикають його двигун й електроди потенціометричного аналізатора занурюють у молоко. Натискають кнопку «пуск» блоку автоматичного титрування, а через 2–3 с – кнопку «витримка». Розчин гідроксиду натрію при цьому починає надходити з дозатора блоку в склянку з молоком, нейтралізуючи останнє. Після досягнення точки еквівалентності (рН = 9) і з ходом часу витримки (30 с) процес нейтралізації автоматично припиняється, а на панелі блоку автоматичного титрування засвічується сигнал «кінець».

Після цього вмикають кнопки «пуск» і «витримка», визначають кількість розчину луку, витраченого на нейтралізацію молока до внесення формальдегіду, і додають у склянку 5 см³ формальдегіду. Після закінчення 2–2,5 хв знову натискають кнопки «пуск» й «витримка». Після закінчення процесу визначають загальну кількість розчину, витраченого на нейтралізацію. Паралельно проводять контрольне дослідження з нейтралізації суміші 20 см³ води й 5 см³ розчину формальдегіду.

3. Обробка результатів. Масову частку білка обчислюють розрахунковим шляхом на основі кількості розчину, витраченого на нейтралізацію молока до й після внесення формальдегіду. Метод застосовується тільки для свіжого молока (кислотністю не вище 20 Т), проводиться одночасно з методом К'ельдаля та в 6-кратній повторюваності.

3.2 Визначення жирів

Уміст 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 3.2.

Таблиця 3.2 – Суть стандартизованих методів визначення жирів

Метод	Суть
1	2
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

Продовження таблиці 3.2

1	2
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 – Бондзінські – Рацлава)

Закінчення таблиці 3.2

1	2
Рефрактометричний метод визначення масової частки жиру в кондитерських виробках і напівфабрикатах (у шоколаді, шоколадних напівфабрикатах, праліне, борошняних кондитерських виробках, 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 виробках 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 виробках 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

3.2.1 Гравіметричний метод із екстракцією жиру сумішшю хлороформу й етилового спирту

1. Підготовка до випробування. Готують екстрагувальну суміш (ЕС) (2 об'єми хлороформу – 1 об'єм етилового спирту) і установку для екстрагування жиру.

2. Проведення випробування. Підготовлену пробу додатково гомогенізують, беруть наважку масою близько 2 г, переносять у фільтрувальну лійку з поділками за допомогою 5 см³ етилового спирту (за наявності в продукті молочного жиру додають 2 краплі оцтової кислоти), суміш витримують 10 хв, доливають 20 см³ ЕС, струшують 2 хв, відсмоктують отриманий екстракт.

Екстракцію повторюють двічі, додаючи по 15 см³ ЕС і струшуючи 1 хв. Екстракти із приймача за допомогою 10 см³ ЕС кількісно переносять у лійку з поділками місткістю 1000 см³, доливають 100 см³ дистильованої води та додають 3 г хлористого натрію. Лійку з умістом струшують 2 хв, нижній, хлороформовий шар зливають у бюксу, ставлять її на водяну баню й випарюють розчинник до зникнення запаху. Бюксу із залишком ставлять у сушильну шафу, нагріту до температури +100 ± 5 °С, сушать протягом 1 хв, охолоджують 25–30 хв в ексикаторі й зважують.

3. Опрацювання результатів.

3.2.2 Гравіметричний метод із екстракцією жиру бензином

1. Підготовка до випробування. Бюкси після мийки сушать на піщаній бані, охолоджують в ексикаторі й зважують.

2. Проведення випробування. Підготовлену пробу гомогенізують, на годинникове скло беруть наважку масою близько 10 г, кількісно переносять її в циліндр екстрактора, додають зневоднювальний реактив та 25 см³ бензину, вміст ретельно розтирають протягом 5 хв. Далі відбирають аліквоту екстракту, переносять її в бюксу, ставлять на водяну баню й випарюють розчинник до зникнення запаху. Бюксу охолоджують в ексикаторі й зважують.

3. Опрацювання результатів.

3.2.3 Рефрактометричний метод

1. Підготовка до випробування. Призми рефрактометра протирають ватою, яка змочена водою, спиртом або естером (ефіром), висушують і перевіряють установку нульового пункту за дистильованою водою. Визначають показник заломлення 1-бромнафталіну та жиру (10 г продукту змішують із 20 см³ етилового естеру (ефіру), екстракт фільтрують, відганяють естер (ефір) і отриманий жир використовують для рефрактометрії.

2. Проведення випробування. Підготовлену пробу гомогенізують за допомогою подрібнювача тканини. Наважку масою близько

5 г кількісно переносять із годинникового скла в порцелянову ступку за допомогою 4 г сірчаноокислого натрію, додають 2 г піску й додають від 5,5 до 6,5 г 1-бромнафталіну, розтирають близько 3 хв і пропускають крізь паперовий фільтр. Визначають показник заломлення.

3. Опрацювання результатів.

3.2.4 Метод визначення жиру з використанням фільтрувальної ділильної лійки

1. Підготовка до випробування. Пробу ковбас нарізають гострим ножом на кругові скибочки товщиною не більше 1 мм, потім ріжуть на смужки й рубають ножом так, щоб розмір часток проби був не більше 1 мм, ретельно перемішують.

2. Проведення випробування. Наважку продукту масою $2,0 \pm 0,2$ г кількісно переносять у фільтрувальну лійку з поділками, доливають 20 см^3 ЕС і проводять екстракцію, струшуючи лійку протягом 2 хв (для напівкопчених, варено-копчених і сирокочених ковбас перед проведенням екстракції наважку настоюють з ЕС протягом 5 хв), екстракт відсмоктують за допомогою водоструменевого насосу. Екстракцію проводять ще 2 рази, доливаючи не менше 10 см^3 ЕС.

3. Опрацювання результатів.

3.2.5 Кислотний метод. Визначення масової частки жиру в молоці й молочних продуктах

Молоко коров'яче

1. Підготовка до випробування.

2. Проведення випробування. У два молочні жироміри дозатором наливають по 10 см^3 сірчаної кислоти й обережно, щоб уникнути змішування рідини, додають піпеткою по $10,77 \text{ см}^3$ молока. Потім додають 1 см^3 ізоамілового спирту. Рівень суміші встановлюють на 1–2 мм нижче основи горловини жироміру, для чого дозволяється додати трохи крапель дистильованої води. Закриті пробками жироміри струшують до повного розчинення білкових речовин, встановлюють пробкою вниз на 5 хв на водяну баню при температурі $+65 \pm 2$ °С, потім центрифугують протягом 5 хв, знову занурюють у водяну баню на 5 хв і швидко роблять обчислення жиру.

3. Опрацювання результатів.

Кисломолочні продукти, вершкове масло, сколотини, сироватка

1. Підготовка до випробування.
2. Проведення випробування. Визначення жиру ведеться з урахуванням додаткових вимог.
3. Опрацювання результатів.

3.2.6 Оптичний (турбідиметричний) метод визначення масової частки жиру в сирому молоці

1. Підготовка до випробування. Готують розчинник із використанням трилону Б, гідроокису натрію, допоміжної речовини ОП-7, піногасника АС-60. У процесі експлуатації контролюють метрологічні характеристики приладу ЦЖМ-1, здійснюють щоденний контроль його градування.

2. Проведення випробування. Прилад ЦЖМ-1 приєднують до мережі за 1 год до роботи. Підготовлена для випробування нагріта до температури $+40 \pm 2$ °С проба молока надходить у змішувач, де поєднується з розчинником. Суміш гомогенізується й подається у фотометричний кювет. Випромінювання, яке проходить крізь шар суміші, фотометрується. Відлік масової частки ведеться за шкалою приладу.

3. Опрацювання результатів.

3.2.7 Екстракційний метод визначення масової частки жиру в сичугових і плавлених сирах

1. Підготовка до випробування. Відібрану пробу сиру подрібнюють, кладуть у порцелянову ступку й ретельно перемішують. Колбу висушують у сушильній шафі протягом 45 ± 15 хв. Безпосередньо перед використанням готують змішаний розчинник з рівних об'ємів діетилового й петролейного ефірів.

2. Проведення випробування. Близько 2 г подрібненого сиру кладуть у бюксу, переносять у суху плоскодонну чи екстракційну колбу. У колбу з випробуваною пробкою наливають $9 \pm 1 \text{ см}^3$ соляної кислоти, витримують на киплячій водяній бані з постійним струшуванням доти, доки сир повністю не розчиниться. Після цього колбу тримають на киплячій водяній бані ще 20 хв і охолоджують до температури $+20 \pm 2$ °С. Якщо обробку сиру соляною кислотою проводять в екстракційній колбі, то в неї наливають 10 см^3 етилового спирту і обережно й ретельно перемішують. Після екстракції

верхній шар рідини має бути чистим і чітко відокремленим від нижнього шару. Його переносять у плоскодонну колбу шляхом декантації або за допомогою сифонної трубки. Наступні екстракції (другу і третю) проводять, додаючи по 15 см³ діетилового й петролейного ефірів. Після зникнення запахів розчинників колбу нагрівають, поставивши її на 1 год у сушильну шафу, потім охолоджують в ексікаторі до температури +20 ± 2 °С і зважують із розрахунком до 0,001 г. Наступні зважування колби проводять після висушування протягом 30–60 хв доти, доки різниця в масі між послідовними зважуваннями не буде більше 0,001 г. Одночасно з визначенням масової частки жиру проводять контрольний дослід із 10 см³ дистильованої води.

3.2.8 Рефрактометричний метод визначення масової частки жиру в кондитерських виробках і напівфабрикатах

3.2.8.1 У шоколаді, шоколадних напівфабрикатах, праліне, какао-порошку, марципані, борошняних кондитерських виробках, оздоблювальних і випечених напівфабрикатах, халві тощо

1. Підготовка до випробування. Перевіряють нульову точку рефрактометра, визначають показник заломлення розчинника, його густину. Для кожної застосовуваної піпетки щоразу проводять калібрування.

2. Проведення випробування. Маса наважки подрібненого продукту залежить від передбачуваної масової частки жиру в продукті (%). Наважку розтирають 2–3 хв, доливають 2 см³ розчинника, розтирають протягом 3 хв і фільтрують суміш крізь паперовий фільтр. Фільтрат перемішують скляною паличкою. 2 краплі фільтрату наносять на призму рефрактометра при температурі +20,0 ± 0,1 °С і вираховують показник заломлення.

3. Опрацювання результатів.

3.2.8.2 У кондитерських виробках типу ірис, вершкова помадка, вершкова тягучка, цукерки «Старт», «Корівка» і т. ін.

1. Підготовка до випробування. Перевіряють нульову точку рефрактометра, визначають показник заломлення розчинника і його густину, роблять калібрування піпетки розчинником.

2. Проведення випробування. Продукт масою близько 1,5 г зважують із похибкою, не більшою 0,001 г. Доливають воду, розчиняють наважку на гарячій водяній бані, охолоджують, додають близько 1 г чистого, сухого річкового піску й 1 см³ оцтової кислоти, розтирають протягом 2 хв, додають 2 см³ монобром- або монохлорнафталіну і продовжують розтирати ще протягом 3 хв. Далі додають: для ірису – 2 г, для інших продуктів – 1 г безводного вуглекислого натрію, ретельно перемішують близько 1 хв і фільтрують крізь паперовий фільтр. 2 краплі фільтрату наносять на призму рефрактометра при температурі +20,0 ± 0,1 °С і вираховують показник заломлення.

3. Опрацювання результатів.

3.2.9 Екстракційно-ваговий метод визначення масової частки жиру в борошняних кондитерських виробках, оздоблювальних і випечених напівфабрикатах

1. Підготовка до випробування. Подрібнений досліджуваний продукт у кількості 10 г (при вмісті жиру у виробках понад 10 % наважка може бути зменшена до 5 г) зважують із похибкою, не більшою 0,01 г.

2. Зважений продукт вміщують у конічну колбу місткістю 250 см³, доливають 100 см³ 1,5 % соляної кислоти й кип'ятять у колбі зі зворотним холодильником на слабкому вогні протягом 30 хв. Потім колбу охолоджують водою до кімнатної температури, додають 50 см³ хлороформу, суміш розшаровують, відбирають хлороформний розчин жиру, фільтрують, відганяють хлороформний шар і висушують жир.

3. Опрацювання результатів.

3.3 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).

Уміст 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 3.3.

Таблиця 3.3 – Суть стандартизованих методів визначення цукрів

Метод	Суть
1	2
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 (CuSO_4 – рідина Фелінга) в одновалентний закис міді (червоний осад). Осад закису міді окислюють залізоамонійними галунами до 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 уміст цукру
Поляриметричний метод (об'єкти контролю – молочні продукти, до рецептури яких входить цукор, кисломолочносирні вироби й морозиво)	Метод базується на поляриметричному визначенні глюкози та здатності лактози руйнуватися під дією окису кальцію
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 залізосиньородистий калій. За об'ємом випробуваного фільтрату, витраченого на титрування певного об'єму залізосиньородистого калію, обчислюють масову частку загального цукру в продукті

Закінчення таблиці 3.3

1	2
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

3.3.1 Йодометричний метод

1. Підготовка до випробування. Готують розчин Фелінга № 1 та інших реактивів (1 % розчину крохмалю, 0,1Н розчину сірчаватистокислого натрію, 7,3Н розчину соляної кислоти для інверсії, 0,1Н розчину йоду).
2. Проведення випробування.
 - 2.1. Готування фільтрату (із кисломолочносирних виробів із цукром, кремів, кисломолочних продуктів із цукром, морозива із цукром, із шоколадного масла).

- 2.2. Визначення редукувальної здатності фільтрату до інверсії. У реакції беруть участь 0,1Н розчин йоду, розчин гідроокису натрію, 0,5Н розчин соляної кислоти. Йод, що виділився, титрують 0,1Н розчином сірчаватистокислого натрію. Після переходу кольорів титрованого розчину з бурого в жовтуватий у колбу доливають 1 см³ 1 % розчину крохмалю й продовжують титрування до зникнення синього забарвлення.

- 2.3. Визначення редукувальної здатності фільтрату після інверсії. У реакції беруть участь 7,3Н розчин соляної кислоти до інверсії, 0,1Н розчин гідроокису натрію, 0,1Н розчин йоду, 0,5Н розчин соляної кислоти. Йод, що виділився, титрують 0,1Н розчином сірчаватистокислого натрію. Після переходу кольорів титрованого розчину з бурого в жовтуватий у колбу додають 1 см³ 1 % розчину крохмалю й продовжують титрування до зникнення синього забарвлення.

3. Опрацювання результатів.

3.3.2 Метод Бертрана

1. Підготовка до випробування. Готують розчин Фелінга № 1, розчин Фелінга № 2, залізоамонійних галунів, марганцевокислого калію, 7,3Н розчину соляної кислоти для інверсії.
2. Проведення випробування.
 - 2.1. Визначення здатності редукувального фільтрату до інверсії. У реакції беруть участь розчини Фелінга № 2 залізоамонійних галунів. Після закінчення промивання фільтрат із промивними водами титрують розчином марганцевокислого калію до блідо-рожевого забарвлення, визначаючи кількість розчину, який пішов на титрування.

- 2.2. Визначення редукувальної здатності фільтрату після інверсії. У реакції беруть участь 7,3Н розчин соляної кислоти для інверсії, 1Н розчин гідроокису натрію, розчини Фелінга № 1 і 2, розчин залізоамонійних галунів. Для інверсії цукрів фільтрат кип'ятять. Фільтрат із промивними водами титрують так, як описано в п. 2.1.

3. Опрацювання результатів.

3.3.3 Поляриметричний метод

1. Підготовка до випробування. Готують розчин оцтовокислого цинку, залістосиньородистого калію.
2. Проведення випробування. Готують фільтрат, додають у нього окис кальцію, концентровану оцтову кислоту. Після проведення

хімічної реакції фільтрат пропускають через сухий складчастий паперовий фільтр і поляризують без світлофільтра в поляриметричній кюветі довжиною 400 мм. Кювету заповнюють розчином двічі й щоразу роблять по 3–5 відліків за шкалою цукрометра.

3. Опрацювання результатів.

3.3.4 Перманганатометричний метод

1. Підготовка до випробування. Готують насичений розчин залізоамонійних галунів, розчин марганцевокислого калію, розчини Фелінга № 1 й № 2, азбестовий фільтр, розчин соляної кислоти густиною 1,103 г/см³.

2. Проведення випробування. У реакції під час підготовки фільтрату беруть участь розчин сірчаноокислого цинку й залізистосиньородистий калій, що сприяють звільненню зразка від розчинних у воді компонентів, що заважають визначенню цукрів.

2.1. Визначення цукрів до інверсії. Розчини Фелінга № 1 і № 2 та фільтрат (по 20 см³ кожний) змішують і кип'ячать протягом 3 хв. Осаду оксиду міді, що випав, дають трохи осісти, гарячу рідину фільтрують крізь скляний фільтр. Колбу й фільтр промивають кілька разів окропом дистильованої води до зникнення лужної реакції промивних вод.

У колбу з осадом оксиду міді доливають 20–30 см³ розчину залізоамонійних галунів. Уміст колби титрують розчином марганцевокислого калію до появи блідо-рожевого забарвлення. Далі роблять розрахунок маси цукрів до інверсії.

2.2. Визначення цукрів після інверсії. Роблять інверсію цукрів у фільтраті соляною кислотою густиною 1,103 г/см³. Визначення цукрів проводять аналогічно п. 2.1.

3. Опрацювання результатів.

3.3.5 Рефрактометричний метод

1. Підготовка до випробування. Перевіряють нульову точку рефрактометра за дистильованою водою.

2. Проведення випробування. Для визначення сахарози з підготовленої аналітичної проби у склянку відбирають наважку масою, визначеною стандартом залежно від виду концентрату. Готують фільтрат залежно від виду концентрату. У фільтраті визначають показник заломлення.

3. Опрацювання результатів.

3.3.6 Метод інверсійної поляриметрії

Визначення сахарози.

1. Підготовка до випробування. Готують розчин соляної кислоти густиною 1,103 г/см³.

2. Проведення випробування. З аналітичної проби харчового концентрату беруть наважку масою 13 г, додають дистильовану воду, витримують концентрат у воді для переходу сахарози в розчин, періодично збовтуючи. Для осадження білків і поствітління розчину до нього додають такі осаджувачі: 2 см³ розчину сірчаноокислого цинку, після перемішування – 2 см³ розчину залізистосиньородистого калію. Вміст колби обережно перемішують обертовими рухами й залишають на 5–10 хв. Після повного осаджування компонентів, що заважають визначенню сахарози, уміст колби доливають дистильованою водою до позначки, ретельно перемішують і фільтрують крізь сухий складчастий фільтр. Потім визначають кут обертання площини поляризації розчину до інверсії й після неї. Інверсію сахарози у фільтраті проводять соляною кислотою.

3. Опрацювання результатів.

3.4 Визначення вологи і сухих речовин

Усі 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 (солонина, 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 вміст 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 непрямими методами вміст 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 непрямим методом. Якщо ж досліджувати цим способом патоку, що містить суміш різних цукрів і декстринів,

то результат дасть видимий вміст 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, вміст 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, кисло-молочному сири, 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 °С; 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) °С висушують овочеві, фруктові та рибні консерви, а за +100 – (+105) °С – 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 регульовальними 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 ± 2 °С.

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 просівають 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 3.4.

Таблиця 3.4 – Суть стандартизованих методів визначення вологи і сухих речовин

Метод	Суть
1	2
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.

Закінчення таблиці 3.4

1	2
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 зустріне 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.

3.4.1 Метод визначення сухої речовини й вологи в пастеризованому молоці, морозиві, кисломолочному сирі й кисломолочносирних виробах висушуванням наважки за $+102 \pm 2$ °С

1. Підготовка до випробування піску.
2. Проведення випробування. Скляну бюксу з 20–30 г добре промитого й прожареного піску зі скляною паличкою ставлять у сушильну шафу й витримують при $+102 \pm 2$ °С протягом 30–40 хв. У цю бюксу піпеткою додають молоко або зважену масу інших досліджуваних продуктів, уміст ретельно перемішують і нагрівають на водяній бані, потім бюксу ставлять до сушильної шафи з температурою $+102 \pm 2$ °С. Висушують у шафі 2 год, охолоджують в ексикаторі 40 хв. Висушування проводять до постійної маси.
3. Опрацювання результатів.

3.4.2 Прискорений метод визначення сухої речовини в пастеризованому і стерилізованому молоці й кисломолочних напоях

1. Підготовка до випробування бюкси.
2. Проведення випробування. У підготовлену бюксу піпеткою накрапають 3 см³ досліджуваного продукту, висушують у сушильній шафі при $+105$ °С протягом 60 хв. Висушування здійснюють до постійної маси.
3. Опрацювання результатів.

3.4.3 Прискорений метод визначення вологи й сухої речовини в морозиві висушуванням наважки при температурі $+180 \pm 2$ °С

1. Підготовка до випробування бюкси.
2. Проведення випробування. У підготовлену бюксу відважують 1 г морозива й додають 1 см³ дистильованої води. Бюксу з наважкою ставлять на нагрівальний прилад, накритий залізною пластинкою, температура поверхні якої $+180 \pm 2$ °С. Уміст бюкси випарюють до легкого пожовтіння залишку у вигляді пористої маси, після чого бюксу ставлять у сушильну шафу з температурою $+110 \pm 2$ °С на 10 хв, потім охолоджують в ексикаторі. Висушування проводять до постійної маси.
3. Опрацювання результатів.

3.4.4 Метод визначення вологи у вершковому маслі без наповнювача

1. Підготовка до випробування. У сухій алюмінієвій склянці зважують 5 або 10 г досліджуваного пряженого чи вершкового масла.

2. Проведення випробування. На нагрівальному приладі в алюмінієвій склянці кип'ятять наважку, не допускаючи спінення й розбризкування. Ознакою кінцевого періоду випаровування води є припинення спінювання й тріску та поява легкого побуріння. Після висушування склянку охолоджують на чистому, гладкому металевому аркуші й зважують.

3. Опрацювання результатів.

3.4.5 Визначення вмісту вологи у згущених молочних консервах

1. Підготовка до випробування.

2. Проведення випробування. Склянку або бюксу з 25 г прожареного піску ставлять у сушильну шафу при 102 ± 2 °C на 30 хв, охолоджують в ексікаторі протягом 30 хв і зважують. Пісок зсовують паличкою на один бік, на поверхню склянки, вільну від піску, кладуть 1,5–2 г згущених молочних консервів із цукром або 2,5–3 г згущеного стерилізованого молока. Склянку закривають кришкою й зважують, потім доливають 5 мл гарячої води $+85$ – $(+90)$ °C так, щоб вода не змішувалася з піском, перемішують наважку з водою. Відкриту склянку ставлять на 1 год на киплячу водяну баню для підсушування, потім у сушильну шафу при температурі $+102 \pm 2$ °C на 2 год. Охолоджують в ексікаторі протягом 30–40 хв і зважують. Висушування ведуть до постійної маси.

3. Опрацювання результатів.

3.4.6 Визначення вмісту вологи на приладі Чижової

1. Підготовка до випробування. Готують пакети з газетного паперу.

2. Проведення випробування. Підготовлений пакет зважують, кладуть у нього 4 г сухих молочних продуктів. Пакет з наважкою закривають, кладуть у вологомір Чижової, нагрітий до необхідної температури. Температура й тривалість витримки для різних видів продуктів регламентовані стандартом.

3. Опрацювання результатів.

3.4.7 Визначення вмісту вологи рефрактометром

1. Підготовка до випробування. Для визначення вмісту вологи рефрактометром необхідно всю лактозу, що міститься в згущених консервах, розчинити шляхом нагрівання в пробірці.

2. Проведення випробування. Уміст пробірки перемішують скляною паличкою і швидко наносять 1–2 краплі на суху чисту поверхню нижньої призми рефрактометра.

3. Опрацювання результатів.

3.4.8 Визначення вмісту вологи висушуванням у сушильній шафі при температурі $+103 \pm 2$ °C

1. Підготовка до випробування. Пісок висушують у бюксі в сушильній шафі при температурі $+103 \pm 2$ °C протягом 30 хв.

2. Проведення випробування. Закриту бюксу охолоджують в ексікаторі до кімнатної температури і зважують, потім вносять до неї від 4 до 5 г наважки продукту і зважують повторно. До вмісту доливають 5 см³ етилового спирту й перемішують його. Бюксу ставлять на водяну баню $+80$ – $(+90)$ °C, нагрівають, помішуючи, до зникнення етилового спирту. Потім пробу висушують протягом 2 год у сушильній шафі при температурі $+103 \pm 2$ °C, охолоджують в ексікаторі й зважують. Висушування продовжують до постійної маси.

3. Опрацювання результатів.

3.4.9 Визначення вмісту вологи висушуванням у сушильній шафі при температурі $+150 \pm 2$ °C

1. Підготовка до випробування.

2. Проведення випробування. Алгоритм проведення аналогічний алгоритму попереднього методу. Відмінні риси: температура висушування – $+150 \pm 2$ °C, етиловий спирт не додається, маса наважки – від 2 до 3 г, тривалість висушування – 1 год.

3. Опрацювання результатів.

3.4.10 Ваговий метод (висушування в сушильній шафі) *Застосовується під час виникнення розбіжностей в оцінці якості продукції*

1. Підготовка до випробування. Сушильні шафи перевіряють на рівномірність нагрівання за допомогою максимальних

термометрів. Ексикатори заповнюють сухим хлористим кальцієм, пришліфовані краї змазують вазеліном. Проводять очищення піску.

2. Проведення випробування. З підготовленої проби беруть дві наважки і проводять випробування паралельно в одній сушильній шафі. У підготовлену, висушену до постійної маси бюксу з піском кладуть наважку масою близько 5 г, закривають кришкою і зважують. Наважку ретельно перемішують із піском, кладуть у сушильну шафу й сушать протягом 4 год при температурі $+103 \pm 2$ °С.

3. Опрацювання результатів.

3.4.11 Метод визначення вмісту вологи й летючих речовин

1. Підготовка до випробування. Склянку для зважування попередньо висушують протягом 30 хв при температурі $+100$ – $(+105)$ °С, охолоджують в ексикаторі й зважують.

2. Проведення випробування. У підготовлену склянку відважують близько 5 г олії й висушують у сушильній шафі при температурі $+100$ – $(+105)$ °С до постійної маси.

3. Опрацювання результатів.

3.5 Обробка результатів дослідження (графіки) за допомогою редактора електронних таблиць Excel

Обчислювальні та графічні можливості редактора електронних таблиць Excel дозволяють створювати будь-які документи, що містять числові та текстові дані, робити розрахунки за допомогою стандартних функцій чи створених формул.

Можливість додати графік чи діаграму до робочої таблиці дозволяє проілюструвати зв'язки більш наочно, аніж аналіз таблиці із числовими даними. Для побудованих за табличними даними точкових графіків, що відбивають залежність величин одна від одної, додання ліній тренда дозволяє апроксимувати отримані результати.

За допомогою програми Microsoft Excel можна створювати прості графіки, а також складні діаграми.

Програма пропонує на вибір дев'ять плоских та шість об'ємних типів діаграм. Кожен з них має ще кілька варіантів виконання.

Наприклад, під час створення гістограми можна використовувати розірвані, складені або згуртовані стовпчики. Є можливість

також об'єднувати основні типи діаграм, накладати на діаграму графік.

Програма Excel дозволяє розмістити діаграму на окремому аркуші (аркуші окремих діаграм) або безпосередньо на робочому аркуші. Подібно до інших графічних об'єктів (рисуноків, геометричних фігур, стрілок тощо) впроваджені діаграми можуть бути розміщені в будь-якому місці на робочому аркуші. Можна змінювати розміри діаграм та модифікувати їх.

Основними поняттями під час роботи з діаграмами є поняття *Ряд даних* та *Категорія*.

Ряд даних – це безліч значень, що ви хотіли б нанести або відбити на діаграмі.

Категорії задають положення конкретних значень у масиві. У проведених експериментах лабораторної роботи № 1 категоріями будуть значення рН середовища.

Головна відмінність між рядами даних та категоріями полягає в такому: ряд даних – це безліч значень, що ви задасте на діаграмі, а категоріями будуть «назви» для цих значень.

Створення діаграми в Excel починається з натискання кнопки *Майстер діаграм* на стандартній панелі інструментів.

Процес створення діаграми налічує п'ять кроків.

Після виконання кожного з них ви можете перейти до наступного. Для цього натисніть кнопку *Далі* або поверніться до попереднього кроку, натиснувши кнопку *Назад*. Ви маєте змогу в будь-який час відмовитися від побудови діаграми, натиснувши кнопку *Відміна*, або пропустити кроки, що залишилися, та побудувати діаграму, ґрунтуючись на введеній дотепер інформації. Натисніть для цього кнопку *Готово*.

У першому вікні діалогу майстра діаграм потрібно підтвердити або задати дані, що потрібні для зображення на діаграмі. Краще заздалегідь виділити діапазон значень таблиці, що братиме участь у побудові діаграми, а вже потім викликати майстра діаграм. У такому разі поле *Діапазон*, що задається кроком один, уже міститиме посилання на вихідні дані.

Задаючи діапазон, що містить вихідні дані для діаграми, є сенс внести до нього всі заголовки, що ідентифікують ряди даних і категорії діаграм. Майстер діаграм після цього вставить текст цих заголовків у діаграму.

Друге вікно майстра діаграм є вибором типу діаграми. Необхідно вибрати тип діаграми.

Після цього натисніть кнопку *Далі*.

Майстер діаграм виводить третім кроком інший набір рисунків, що є варіантами вбудованих форматів (*Автоформат*), для вибраного типу діаграм.

Автоформат діаграми – це просто набір правил форматування діаграми.

Четверте вікно діалогу майстра діаграм виводить макет діаграми.

У цьому вікні можна перевірити, чи правильно майстер діаграм інтерпретує вихідні дані. Використовуйте перемикач *Ряди даних знаходяться* для завдання розташування рядів даних у рядках або у стовпчиках. Використовуйте поле *Вважати стовпці мітками осі X*, щоб зазначити, що стовпчик (якщо такий є) містить назви категорій. Використовуйте поле *Вважати рядки мітками легенди*, щоб зазначити, що рядок (якщо такий є) містить назви рядів даних.

У п'ятому вікні діалогу є можливість додати назву діаграми та назву для кожної осі.

На зразку діаграми відразу зображаються введені вами назви після натискання кнопки *Готово*.

За допомогою команди *Вставити – Нові дані* з меню програми є можливість додати нові значення з таблиці, ввести їх у побудовану раніше діаграму.

Методика проведення роботи:

Запустити програму Excel на виконання.

На полі **Лист 1** створити таблицю з вихідними даними, наприклад, у такому вигляді:

№	pH	ВУЗ, %
1		
2		

Заповнити таблицю результатами, отриманими під час проведення досліджень.

1. Виділити діапазон значень, що містить дані **pH** та **ВУЗ, %**.
2. Викликати *Майстер діаграм* та зазначити на поточному аркуші 1 ділянку для побудови графіка залежності **ВУЗ, %** від **pH**.
3. Перевірити візуально, чи правильно зазначений діапазон вихідних даних для побудови графіка на 1-му кроці діалогу з *Майстром діаграм*.
4. Перейти до 2-го кроку діалогу з *Майстром діаграм*, натиснувши на кнопку *Далі*.
5. Вибрати тип діаграми *Точкова* (рис. 3. 1) на 2-му та добрати автоформат (бажано 1-й або 3-й) на 3-му кроці діалогу.

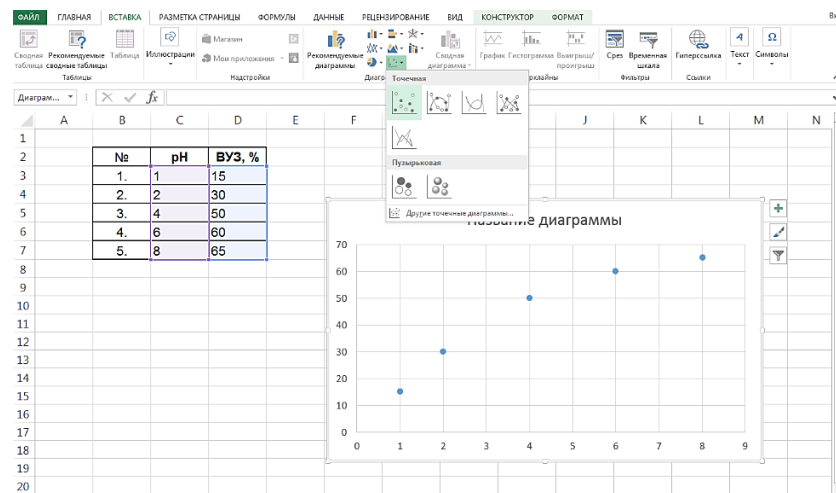


Рисунок 3.1 – Точковий тип діаграми

6. На 4-му кроці перевірити, чи правильно встановлено показник *Ряди даних* знаходяться в стовпцях, *Вважати* 1 стовп. мітками осі X, *Вважати* 1 стр. мітками легенди, та перейти до останнього кроку діалогу з *Майстром діаграм*.
7. На останньому, 5-му кроці, заповнити поле *Назва діаграми* та назви по осях *Категорія (X)* та *Значення (Y)* і завершити побудову графіка натисканням кнопки *Готово*.
8. Виділити ряд даних на графіку та знайти в меню *Вставка* пункт *Лінії тренда*.

9. У діалоговому вікні *Лінії тренда* вибрати тип апроксимуючої кривої (Лінійна або Поліноміальна ступінь 2) та на вкладиші *Параметри* задати в разі необхідності назву кривої (рис. 3.2). Установити режим висновку одержуваного рівняння та прогнозу *Вперед/Назад на... одиниць*.

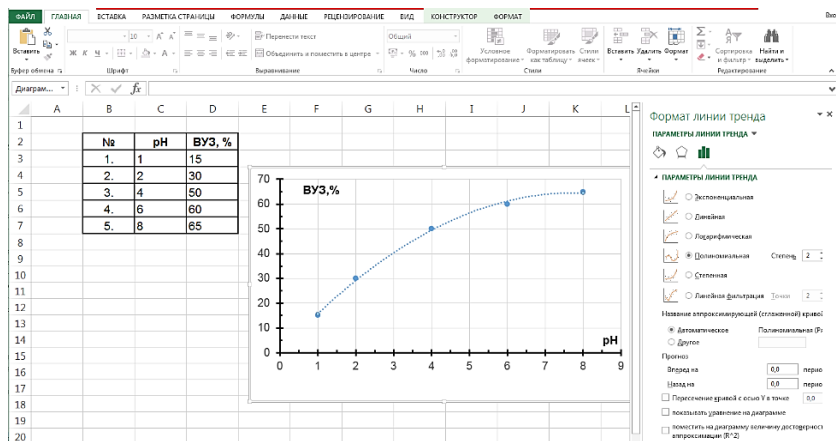


Рисунок 3.2 – Лінія тренда на діаграмі

10. Відредагувати елементи отриманого графіка (перемістити та повернути назви осей, виділити назву графіка, додати помітки на графіку і т. ін.).

11. Підготувати принтер до роботи. За допомогою меню *Файл, Друк* вивести побудовані графіки на друк.

12. Завершити роботу з програмою Excel.

За аналогією виконуйте обробку матеріалів інших досліджень.

Перелік джерел посилання до розділу 3

1. Вытовтов А. А. Теоретические и практические основы органолептического анализа продуктов питания : учеб. пособие. 2010.

2. Сенсорний аналіз харчових продуктів : навч. підручник / Ф. Ф. Гладкий [та ін.] ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : Технологічний центр, 2018. – 131 с.

3. Методи контролю якості харчової продукції : навчальний посібник. Черевко О.І., Крайнюк Л.М., Касілова Л.О. – Суми : Університетська книга, 2019. – 512 с.

4. Забезпечення та хімічний контроль якості харчових продуктів : навч. посібник / Р.П. Влодарчик, І.М. Кобаса, М.М. Воробець та ін. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2015. – 336 с.

5. Плахотін В.Я. Контроль якості харчових продуктів. – Київ : Урожай, 1988. – 144 с.

4. ХАРАКТЕРИСТИКА РЕОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

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. 4.1).

На кожній грані куба присутня одна складова нормальної напруги σ_x і дві складових дотичної напруги $\tau_{x,y}$ і $\tau_{x,z}$ (перший індекс вказує на площину, другий – на напрямок складових). На рис. 4.1 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 градієнт швидкості зсуву (деформації).

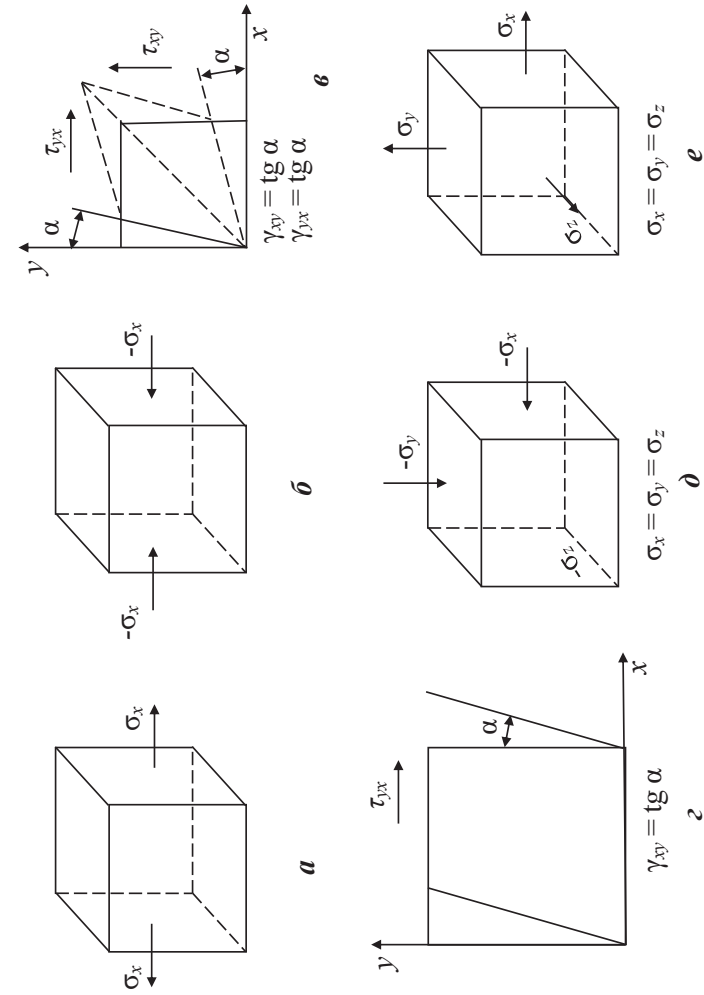


Рисунок 4.1 – Види навантажень та деформацій виділеного елементарного кубу продукту
 а – одноосьове розтягнення; б – одноосьове стиснення; в – чистий зсув; г – простий зсув;
 д – ізометричне стиснення (гідростатичний тиск); е – ізометричне розширення

4.1 Основні терміни та визначення

Аналіз опублікованих робіт [1–5; 10; 11; 13; 18; 19] показує, що їх автори не завжди дотримуються єдиної термінології, фізичного сенсу вимірюваних величин, що ускладнює розуміння і використання одержаних результатів. Тому вважаємо за необхідне навести перелік основних термінів реології (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Терміни та їхній фізичний сенс

Термін	Позначення	Визначення та фізичний сенс
1	2	3
Нормальне напруження ¹ (розтягування, стиснення), Па	σ	Напруження, що діє по нормалі до поверхні матеріалу
Дотичне напруження ¹ (напруження зсуву), Па	τ	Напруження, що діє по дотичній до поверхні матеріалу
Граничне напруження зсуву, Па	τ_0	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, м	Δl	Зміна розмірів матеріалу під час розтягування або стиснення, що відбувається під дією нормальних сил. Може бути додатною або від'ємною
Абсолютна деформація зсуву, м	Δv	Зміна відстані між протилежними точками в сусідніх шарах тіла, що відбувається під час зміщення шарів під дією дотичних сил
Відносна деформація, ² відносні одиниці (в.о.)	ε або γ	Відносна деформація, що виникає в тілах під час прикладення напруги. Визначається відношенням абсолютної деформації до розміру матеріалу (до моменту прикладення навантаження)

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Умовно-пружна деформація (пружна умовно-миттєва), в.о.	ε_0 або γ_0	Відносна деформація, яка виникає в неабсолютно твердих тілах та зникає після зняття напруження за дуже короткий проміжок часу
Високоеластична деформація, в.о.	$\varepsilon_{ве}$ або $\gamma_{ве}$	Відносна деформація, яка виникає за умов напруження та зникає під час зняття напруження не миттєво, а за певний проміжок часу
Зворотна деформація, в.о.	$\varepsilon_{зв}$ або $\gamma_{зв}$	Повністю зворотна відносна деформація. Є сумою умовно-миттєвої та високоеластичної деформації
Незворотна деформація, в.о.	$\varepsilon_{незв}$ або $\gamma_{незв}$	Незворотна відносна деформація, що виникає внаслідок розвитку пластичних деформацій матеріалу
Максимальна деформація, в.о.	ε_m або γ_m	Максимально досягнута відносна деформація під дією прикладеної сили
Залишкова деформація, в.о.	$\varepsilon_{зал}$ або $\gamma_{зал}$	Відносна деформація, яка не зникає після зняття прикладеної напруги протягом нескінченно довгого проміжку часу
Період релаксації, с	θ	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), Па·с	η	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, Па·с	$\eta_{еф}$	Коефіцієнт в'язкості неньютонівських рідин. Залежить від швидкості зсуву
Кінематична в'язкість, м ² /с	ν	Коефіцієнт, що визначається як відношення динамічної (ефективної) в'язкості до густини рідини

Закінчення таблиці 4.1

1	2	3
В'язкість структурованих систем або пластична в'язкість (шведівська), Па·с	η_0^*	Коефіцієнт, що характеризує властивість матеріалу структурованого стану текти без руйнування під дією постійного напруження
В'язкість пружної післядії, Па·с	$\eta_{пр}$	Коефіцієнт, що характеризує внутрішнє тертя з градієнтом швидкості, що відповідає області пружної деформації
Модуль миттєвої пружності, ³ Па	$E_{пр}$ або $G_{пр}$	Здатність тіла чинити опір пропорційно його деформації
Модуль еластичності, Па	$E_{ел}$ або $G_{ел}$	Здатність тіла, що характеризує зникнення деформації із часом після зняття напруження
Швидкість зсуву, с ⁻¹	$\dot{\gamma}$	Відносна швидкість шарів рідини на одиницю відстані між ними
Піддатливість, Па ⁻¹	I	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 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 σ , під час дії напруження по дотичній – τ .

2. Деформацію розтягу (стиску), що розвивається під час дії напруження по нормалі до поверхні матеріалу, позначають через ϵ , під час дії напруження по дотичній, деформацію зсуву – γ .

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 [6;15;18].

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 [6; 15; 20; 21; 23].

Сприйняття текстури пов'язане зі структурою харчового продукту [20]. 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 [20].

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 табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Загальна класифікація характеристик текстури харчових продуктів

Текстура	Визначення класу і можливих підкласів	Ознака
1	2	3
за Szczesniak, 1963 [23]		
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

Закінчення таблиці 4.2

1	2	3
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 [22]		
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 [20]		
I Загальні текстурні ознаки	Структура, текстура, консистенція	
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, обрушеність
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. [15; 16; 21].

Консистенція і в'язкість належать до текстури і являють собою дві з безлічі можливих її відмінних ознак (рис. 4.2).

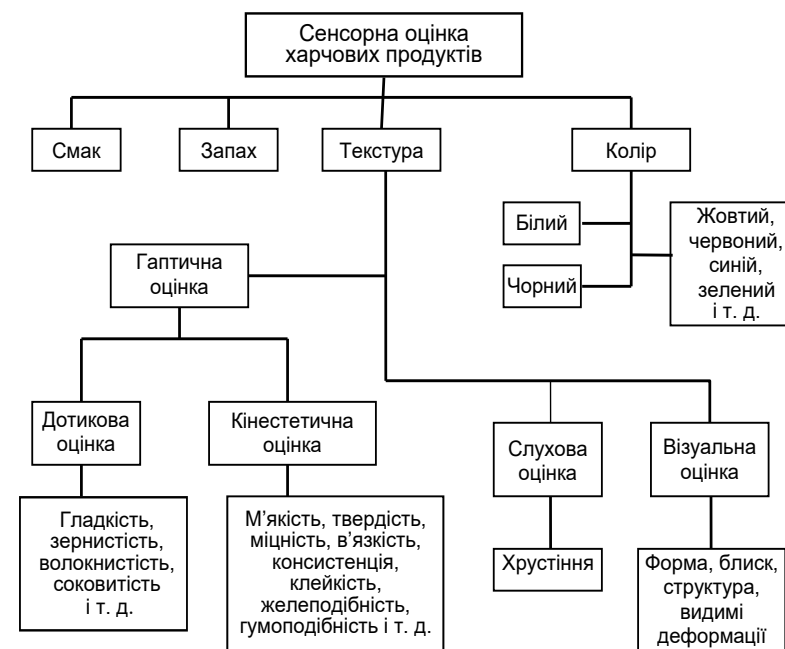


Рисунок 4.2 – Класифікація сенсорної оцінки якості та текстури харчових продуктів (за Боурном) [8; 12]

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.

4.2 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 табл. 4.3.

Структури дисперсних систем у стані термодинамічної рівноваги за Ребіндером поділяються на дві групи [4; 9]:

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 4.3 – Класифікація харчових продуктів за реологічними властивостями і текстурними ознаками (за Мачініним) [7; 15]

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'язко-пружність, тиксотропія	Рідкий, густий
Колоїдний розчин	Білкові розчини, непрозорі фруктові та ягідні соки	Ньютонівська та неньютонівська в'язкість, тиксотропія, в'язко-пружність	Рідкий, густий, слизистий
Рідино-подібна	Суспензії (какао, фруктові та овочеві соки, супи), емульсії (молоко, майонез, вершки)	Ньютонівська та неньютонівська в'язкість, тиксотропія, реопексія, в'язко-пружність	Рідкий, густий, кремоподібний, тягучий, в'язкопекучий, клейкий
Пасто-подібна	Фруктове пюре (яблучний мус), горіховий мус, кисломолочний сир, фарш	Неньютонівська в'язкість, тиксотропія, реопексія, в'язко-пружність	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, в'язко-пружність	М'який, той, що мажеється, слизкий, кремоподібний, клейкий, пастилоподібний, 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	Пружність, пластична в'язкість, в'язко-пружність	М'який, міцний, крихкий, ламкий, в'язкий
Тверда	Тривалого зберігання, шоколад, Карамель, зерно, ядро горіха, макаронні вироби, морква	Пружність, твердість, висока текучість і міцність, крихкість	Міцний, твердий, крихкий, ламкий, склоподібний

4.3 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 4.3 (а, б) зображено характерні реологічні криві: криві плинності $\dot{\gamma} = f(\tau)$ 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:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}, \quad (4.1)$$

де η – динамічна в'язкість, Па·с;

τ – напруження зсуву, Па;

$\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву, с⁻¹.

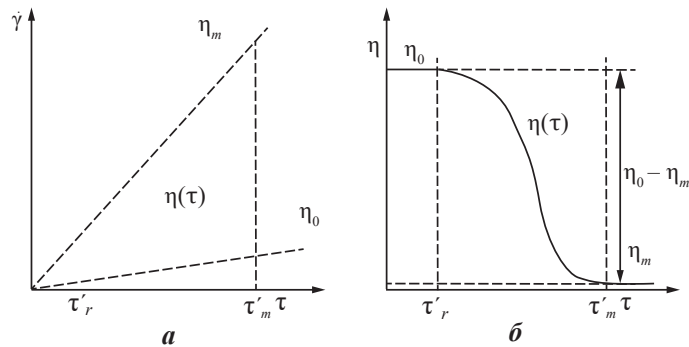


Рисунок 4.3 – Характерні повні реологічні криві структурованих рідин (рідноподібних систем)

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

де τ'_r – умовна межа практично незруйнованої структури (межа умовно-постійної в'язкості), Па; τ'_m – умовна межа практично гранично зруйнованої структури, Па;

η_0 – найбільша гранична ньютонівська в'язкість, тобто умовно-постійна в'язкість практично незруйнованої структури, Па·с; η_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 ефективною в'язкості від швидкості зсуву характеризується двома областями напружень з постійним значенням в'язкості – найбільшою граничною в'язкістю η_0 практично незруйнованої структури і найменшою в'язкістю η_m гранично зруйнованої структури. У рідиноподібних системах кожному значенню швидкості зсуву $\dot{\gamma}$ у стаціонарному потоці відповідає певний ступінь рівноважного руйнування структури. Залежність ефективною 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 τ_0 для області практично незруйнованої структури і межу практично зруйнованої структури τ_m . Тобто величина напруження τ_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 $\tau = f(\dot{\gamma})$ до $\dot{\gamma} = 0$.

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 $\eta = f(\dot{\gamma})$. З метою екстраполяції найзручнішою є логарифмічна форма $(\ln \eta = f(\tau))$, екстраполяція до $\tau \rightarrow 0$ дозволяє знайти η_0 [1].

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

Якщо пластична в'язкість, що визначена для цієї ділянки $\eta_m^* = \frac{\tau - \tau_{k2}}{\dot{\gamma}} = ctg\alpha$ (α – 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 η_0 , то криву плинності 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 [9].

Вказана ділянка відповідає зоні перегину кривої плинності, хоча ця зона може бути не знайденою через недосягнення постійної в'язкості η_m (що відповідає загибу кривої) унаслідок наступаючого розриву суцільності за досить високої в'язкості або турбулентності.

Інструментальне визначення ефективної в'язкості передбачає вимірювання парних значень ($\tau; \dot{\gamma}$) у широких межах $\dot{\gamma}$ для зображення кривої плинності і функції в'язкості.

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

Реограма ньютонівських рідин являє собою криву 1 (рис. 4.4), 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 плинності.

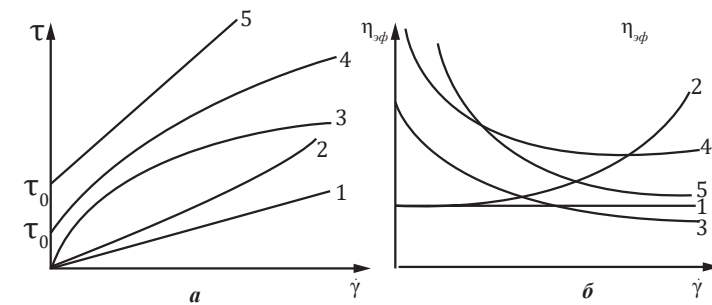


Рисунок 4.4 – Неповні криві плинності (а) і функції в'язкості (б)
1 – ньютонівської рідини; 2 – дилатантної рідини; 3 – структурно-в'язкої рідини, 4 – нелінійного пластичного тіла, 5 – лінійного пластичного тіла

Математичний опис поведінки рідини є передумовою для інженерного розрахунку процесу плинності. Для ньютонівських рідин застосовуються моделі, що досить точно описують їхню поведінку в дослідній області напруги (табл. 4.4).

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 (див. рис. 4.3 (а); 4.6 (а)).

Найширше розповсюдження отримала узагальнена модель, яка описується рівнянням Гершеля – Балклі, за яким можна описати дев'ять кривих плинності (табл. 4.5).

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

$$\frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \eta(\dot{\gamma}, t) = \eta_{ef}(t). \quad (4.2)$$

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.

Таблиця 4.4 – Реологічні моделі неповних кривих плинину

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	$\tau = \tau_0 + \eta_m^* \dot{\gamma}$	$\dot{\gamma} = \frac{\tau - \tau_0}{\eta_m}$	$\eta_{\text{еф}} = \eta_m^* + \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}}$
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: τ – напруження зсуву, Па; $\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву, с^{-1} ; η – ньютонівська в'язкість, Па·с; $\eta_{\text{еф}}$ – ефективна в'язкість, Па·с; K – коефіцієнт консистенції, Па·с^{*n*}; η_m^* – найменша пластична в'язкість (бінгамівська), Па·с; *n* – індекс плинину; τ_0 (τ_{k2}) – умовна динамічна (бінгамівська) гранична напруга зсуву, Па.

Таблиця 4.5 – Характеристика сталих рівняння Гершеля - Балклі

Граничне напруження зсуву	Індекс плинину	В'язкість	Назва тіла
0	∞	∞	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

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:

$$\lambda_m = \frac{\eta_s}{\eta_n} \times 100, \quad (4.3)$$

де λ_m – коефіцієнт тиксотропії, %;

η_s – значення в'язкості зворотного ходу, Па·с;

η_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. 4.5), тобто спостерігається гістерезис.

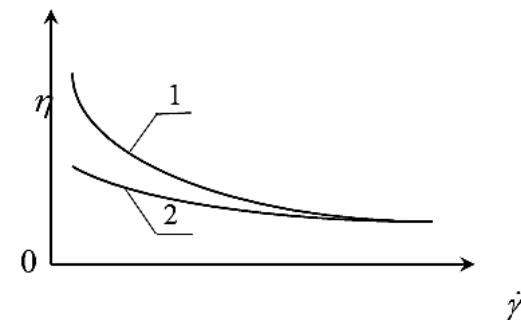


Рисунок 4.5 – Залежність в'язкості прямого та зворотного ходу в тиксотропних тілах
1 – прямий хід; 2 – зворотний хід

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

$$\eta = A \cdot \exp\left(\frac{E}{R \cdot T}\right), \quad (4.4)$$

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

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

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

T – абсолютна температура, К.

Логарифмуючи рівняння 4.4 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 [1; 7; 10; 15; 17; 19].

4.4 Властивості твердоподібних систем

До твердоподібних систем належать як пружно-крихкі або еластично-крихкі, так і пружно-пластичні тіла. Пружно-пластичні (істинно-пластичні) тіла (рис. 4.6) характеризуються наявністю істинної границі плинності τ_k , що збігається з границею пружності, тобто такою граничною напругою зсуву, нижче якої експериментально ніякої течії не спостерігається за найбільшій 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). 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 напружень зсуву. Під час накладення 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.

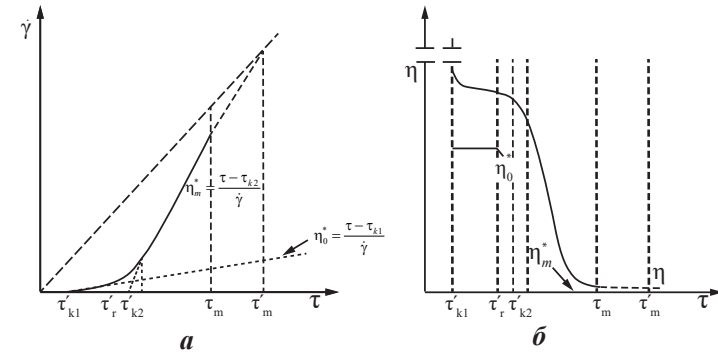


Рисунок 4.6 – Характерні реологічні криві для твердоподібних систем (істинно- або умовно-пластичних)

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

τ_{k1} – умовна статична границя плинності, Па; τ'_r – умовна границя практично незруйнованої структури (межа умовно-сталого в'язкості), Па; τ'_{k2} – умовна динамічна (бінгамівська) гранична напруга зсуву, Па; τ_m – міцність структури за пружно-крихкого або еластичного розриву, Па; τ'_m – умовна межа практично гранично зруйнованої структури, Па; η_0^* – найбільша пластична в'язкість (шведівська), Па·с; η_m^* – найменша пластична в'язкість (бінгамівська), Па·с; η_m – найменша стала в'язкість гранично зруйнованої структури, Па·с; τ_k – істинна границя плинності, що збігається з істинною границею пружності (ГНЗ) $\tau_k < \tau_{k1}$ (на рисунку вона не зображена).

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 плинину 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 τ_{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 вимірною 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 η_0 . Ця ділянка характеризується також константами E_{np} , $E_{ел}$, G_{np} та $G_{ел}$.

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 в'язкість стрибкоподібно падає на кілька порядків (рис. 4.4 (б)).

Різкість падіння ефективної в'язкості, тобто різкість і висота максимуму похідної $\frac{d\eta}{d\tau}$, що характеризує виникнення чіткої границі плинності $\tau_{п1}$, 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 τ_k на реологічній кривій $\dot{\gamma}(\tau)$ можна спостерігати лінійну ділянку, довжина якої буває різною. Ця ділянка обмежена критичним напруженням τ'_r . Для практичних розрахунків можна визначити величину пластичної

(шведівської) в'язкості η_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 τ'_r , зі збільшенням напруги відбувається наростаюче руйнування структури, яке закінчується або розривом суцільності, що характеризується межею міцності τ_m , або коли в'язкість системи зі зруйнованою структурою досить велика, досягається напруга граничного руйнування структури τ'_m , вище якого гранично зруйнована структура тече з найменшою сталою в'язкістю η_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 $\tau = const$ [4; 9; 12; 13], а для одержання повної реологічної кривої – методикою $\tau(\gamma)$ за $\frac{d\gamma}{dt} = const$.

Характерна крива залежності відносної деформації від тривалості дії сталого напруження наведена на рис. 4.7. На ній виділяють такі ділянки:

γ_0, ϵ_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;

γ_m, ϵ_m (ділянка OC) – максимально досягнута деформація під дією прикладеної напруги;

$\gamma_{зв}, \epsilon_{зв}$ (ділянка OB₁) – високоеластична деформація – повністю оборотна відносна деформація: $\gamma_{зв} = \gamma_0 + \gamma_{ве}$ ($\epsilon_{зв} = \epsilon_0 + \epsilon_{ве}$);

$\epsilon_{ве}$ (ділянка AB₁) – 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 EO₁) – залишкова (пластична) деформація, що не зникає після зняття прикладеної напруги протягом нескінченно тривалого часу: $\gamma_{зал} = \gamma_{пл}$ ($\epsilon_{зал} = \epsilon_{пл}$).

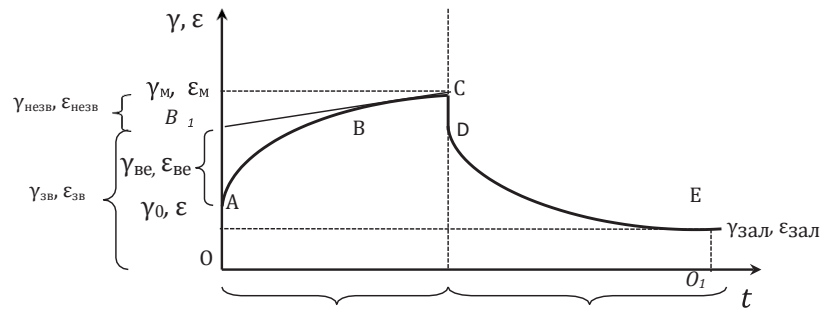


Рисунок 4.7 – Крива повзучості дослідного зразка під дією прикладеної напруги (за навантаження та розвантаження)

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 [12].

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 [14].

4.5 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 [24–29].

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 [30–32].

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

$$\beta = \frac{V_n}{V_p} = (V_g + V_p),$$

де V_n – об'єм піни;

V_p – об'єм розчину;

V_g – 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. 4.8).

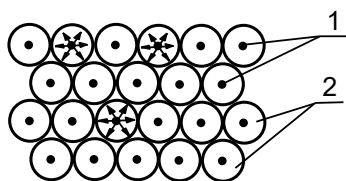


Рисунок 4.8. Схема поверхневого натягу
1 – молекули; 2 – сфера дії міжмолекулярних сил

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. Відомо [24–28], що низькомолекулярні сполуки утворюють піни, стійкість яких досягає максимального значення за деякої концентрації, після чого знижується практично до нуля.

Усі вищезазначені 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 [26–30].

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. 4.9) на поверхні часточок дисперсної фази така: гідрофільні групи (NH_2 , COOH , OH) спрямовані у бік полярної рідини, неполярні гідрофобні (метильні, фенольні, радикали жирних кислот) – у бік неполярної рідини чи масла [24; 30].

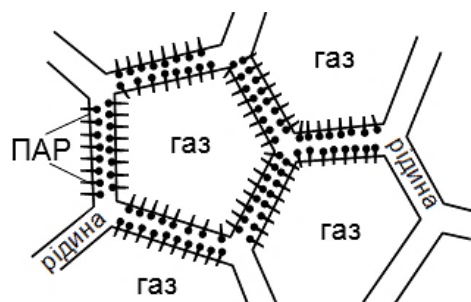


Рисунок 4.9. Схема структури піни

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 3–6, 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 [30–32].

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 швидко розпадаються 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) та 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. У літературі 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 °С, 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 плівки 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 [28; 31].

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 плівки, 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.

Перелік джерел посилання до розділу 4

1. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М. : Химия, 1977. – 438 с.
2. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 383 с.
3. Иванова-Чумакова Л.В, Ребиндер П.А., Крус Г.И. Особенности деформационного поведения студней желатины // Коллоидный журнал. – 1956.– Т. 18. – С. 682–690.
4. Измайлова З.Н., Ребиндер П.А. Структурообразование в белковых системах. – М. : Наука, 1974. – 268 с.
5. Маслов Г.В., Маслова А.М. Реология рыбы и рыбных продуктов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
6. Матц С.А. Структура и консистенция пищевых продуктов. – М. : Пищевая промышленность, 1972. – С. 237.
7. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
8. Методы исследования молока и молочных продуктов / под общ. редакцией А.М. Шалыгиной. – М. : Колос, 2000. – 368 с.
9. Михайлов Н.В., Ребиндер П.А. О структурно-механических свойствах дисперсных и высокомолекулярных систем // Коллоидный журнал. – 1955. – Т. 17. – С. 107–119.

10. Николаев Б.А. Измерения структурно-механических свойств пищевых продуктов. – М. : Экономика, 1964. – 223 с.
11. Пирогов А.Н., Доня Д.В. Исследование инвариантности метода внедрения конуса при определении предельного напряжения сдвига // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 10. – С. 17–19.
12. Ребиндер П.А. Новые методы характеристик упруго-пластических свойств структурированных дисперсных систем и растворов // Новые методы физико-химических исследований поверхностных явлений. – М. : Изд-во АН СССР, 1950. – 188 с.
13. Рейнер М. Деформация и течение. – М. : Гостоптехиздат, 1963. – 318 с.
14. Рейнер М. Реология. – М. : Наука, 1965. – 223 с.
15. Реометрия пищевого сырья и продуктов : справочник / под ред. Ю.А. Мачихина. – М. : Агропромиздат. – 1990, 271 с.
16. Сафронова Т.М. Органолептическая оценка рыбной продукции : справочник. – М. : Агропромиздат, 1985. – 216 с.
17. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А.В. Горбатов, А.М. Маслов, Ю.А. Мачихин и др. : под ред. А.В. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 296 с.
18. Терминология и методы оценки структурно-механических свойств рыбы и рыбных продуктов. Методическое руководство. – Л. : Гипрорыбфлот, 1978. – 66 с.
19. Урьев Н.Б., Талейсник М.А. Пищевые дисперсные системы (физико-химические основы интенсификации технологических процессов) М. : Агропромиздат, 1985. – 296 с.
20. Niina Kälviäinen. Texture modifications in semisolid and solid foods: sensori characterization and acceptance in different age groups: Academic Dissertation / Agriculture and Forestry, University. – Helsinki, 2002. – 74 p.
21. Ray Marsilli. Texture and Mouthfeel: Making Rheology Real // Weeks Publishing Company. – 1993. – P. 4.
22. Sherman P. Industrial Rheology. – London, New-York : Academic Press, 1970. – 423 p.
23. Szczesniak A.S. An overview of recent advances in food texture research // Food Technology. – 1977. – Vol. 31, № 4. – P. 71.
24. П.П. Пивоваров, Д.Ю. Прасол. Теоретичні основи технології харчових виробництв. Х. : Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2000. – 118 с.
25. Общая технология пищевых производств / под ред. Ковалевской Л.П. – М. : Колос, 1993. – 384 с.
26. Общая технология пищевых производств / под ред. Назарова Н.И. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 360 с.
27. Технология пищевых производств / под ред. Ковалевской Л.П. – М. : Колос, 1997. – 707 с.
28. Гніцевич В.А. Актуальні проблеми виробництва солодких страв з пінною структурою / В.А. Гніцевич, О.А. Васильєва // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. праць. Т. 2. / відп. ред. В.О. Сукманов. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2000. – Вип. 4. – С. 182–185.
29. Vaclavik V.A. Essentials of food science / Vickie A. Vaclavik, Elizabeth W. Christian. – Springer Science+Business Media, LLC, 2008.
30. Просеков А.Ю. Роль межфазных поверхностных явлений в производстве дисперсных продуктов с пенной структурой / А.Ю. Просеков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 8. – С. 24–27.
31. Просеков А.Ю. Влияние различных технологических факторов на качество пенообразных пищевых масс / А.Ю. Просеков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 10. – С. 15–17.
32. Просеков А.Ю. Устойчивость пенообразных масс / А.Ю. Просеков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 7. – С. 40–45.

5. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

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 ходу.
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.

5.1 Ротаційний віскозиметр сталої напруги зсуву ВПН-0,2М

Будова та принцип дії. Електричну структурну схему віскозиметра ВПН-0,2М наведено на рис. 5.1.

Вимірювальні вузли треба використовувати залежно від величини очікуваної в'язкості об'єкта, що досліджується, й інтервалу напруги зсуву згідно з табл. 5.1.

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.

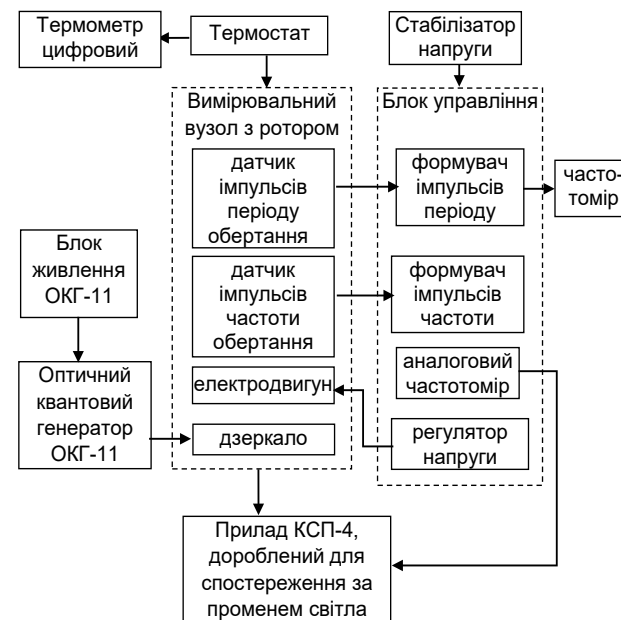


Рисунок 5.1 – Електрична структурна схема віскозиметра ВПН-0,2М

Безпосередньо для проведення дослідження необхідно завантажити дослідний об'єкт у вимірювальний вузол. Кількість речовини, що необхідна для вимірювання, вказана в табл. 5.1 у графі «Об'єм зазора». Поступово збільшуючи напругу ручкою «Встановлення напруги», підібрати період обертання (який знімають з таблиці 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 вольтгах. Повторюючи вищевказані дії, зняти необхідну кількість показань.

Таблиця 5.1 – 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 $10^{-3} \dots 10^{-1} c^{-1}$ вимірюється частотоміром. Вимірювання швидкості зсуву від 10^{-5} до 10^{-3} здійснюється оптичним способом за допомогою ОКГ-11 і спостережного потенціометра КСП-4.

Динамічну або ефективну в'язкість визначають за формулою:

$$\eta = k \cdot U \cdot T \cdot A, \quad (5.1)$$

де η – 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:

$$\dot{\gamma} = \frac{1}{T \cdot A}. \quad (5.2)$$

Напруження зсуву визначають за формулою:

$$\tau = k \cdot U. \quad (5.3)$$

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.

5.2 Ротаційний віскозиметр типу RN

Будова та принцип дії. Ротаційний віскозиметр типу RN зображено на рис. 5.2.

Ротаційний віскозиметр типу RN випускався фірмою «Прюфгеретевеверке» (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 (c^{-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.

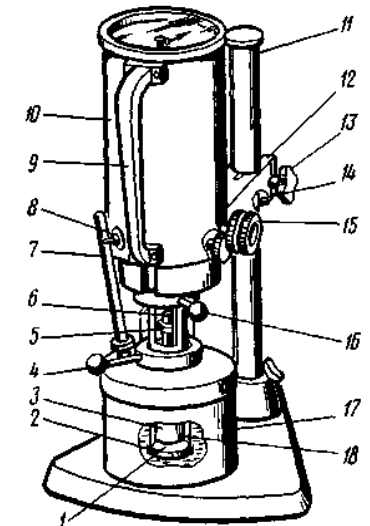


Рисунок 5.2 – Ротаційний віскозиметр типу RN

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 табл. 5.2. Характеристики вимірювальних вузлів наведено в табл. 5.3, принципову схему вимірювального вузла зображено на рис. 5.3 (а).

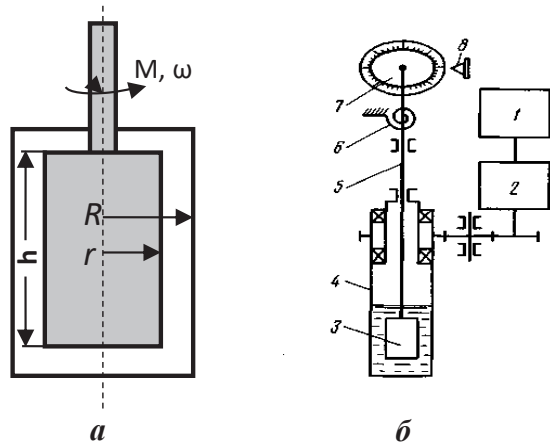


Рисунок 5.3 – Принципові схеми

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 М – для середньов'язких, вузол Н – 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 рис. 5.3 (б) 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.

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики віскозиметра типу RN

Ротор	Циліндр	N, м	M, м	H, м
	R		0,0150	0,011
	r_1	0,0145	0,010	0,00575
	r_2	0,0135	0,006	0,00425
	h	0,0600	0,033	0,02250

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.

Таблиця 5.3 – Характеристики вимірювальних вузлів віскозиметра типу RN

Циліндр	Ротор	Об'єм зазора, см ³	Константа циліндра, z	Гradient швидкості зсуву для позицій 1, 2, 4, 10 ($\dot{\gamma}$), с ⁻¹			
				№ 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

Динамічну або ефективну в'язкість визначають за формулою:

$$\eta = \frac{\alpha \cdot z}{\dot{\gamma}}, \quad (5.4)$$

де α – кут відхилення на шкалі віскозиметра, рад; z – константа циліндра, Па на од. шкали; $\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву, c^{-1} .

Швидкість зсуву визначають за формулою:

$$\dot{\gamma} = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot r^2}{R^2 - r^2}, \quad (5.5)$$

де N – частота обертання ротора, c^{-1} ; r – радіус ротора, м; R – радіус циліндра, м.

Напруження зсуву визначають за формулою:

$$\tau = \alpha \cdot z. \quad (5.6)$$

5.3 Реовіскозиметр Геплера

Метод вимірювання в'язкості на реовіскозиметрі, що ґрунтується на вільному падінні кульки в трубі, широко використовується для ньютонівських рідин. Ефективну в'язкість дослідних систем можна визначати згідно із законом Стокса в діапазоні температур $-60 \dots +120$ °С, підігрівачи 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. 5.4) 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.

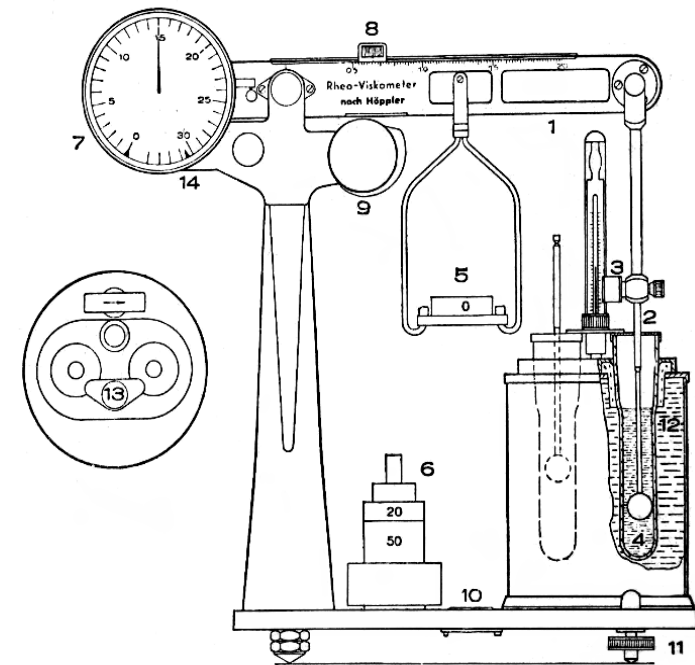


Рисунок 5.4 – Кульковий реовіскозиметр Геплера

Гвинти підтримують плиту, на якій встановлено термостат 12 і набір з п'яти вантажів 6 (цифри на вантажах означають силу, що діє на 1 cm^2 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 см³. 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 Гепплера найчастіше проводять дослідження в'язкості залежно від температури.

Підготовка та проведення досліджень. Вивіряють прилад на горизонтальність за допомогою двох регульовальних 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 підйомної 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:

$$\eta = \sigma \cdot t \cdot K, \quad (5.7)$$

де σ – напруження, Па; t – час проходження кулькою вимірювального інтервалу (30 мм), с; K – константа вимірювального циліндра (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Характеристики вимірювальних циліндрів реовіскозиметра Гепплера

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

5.4 Плоскопаралельний еластопластометр Толстого

Будова та принцип дії. Еластопластометр складається зі стола 1 (рис. 5.5), 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.

Приготування зразків. Для приготування структурованих зразків використовують форму 9 (рис. 5.6), 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.

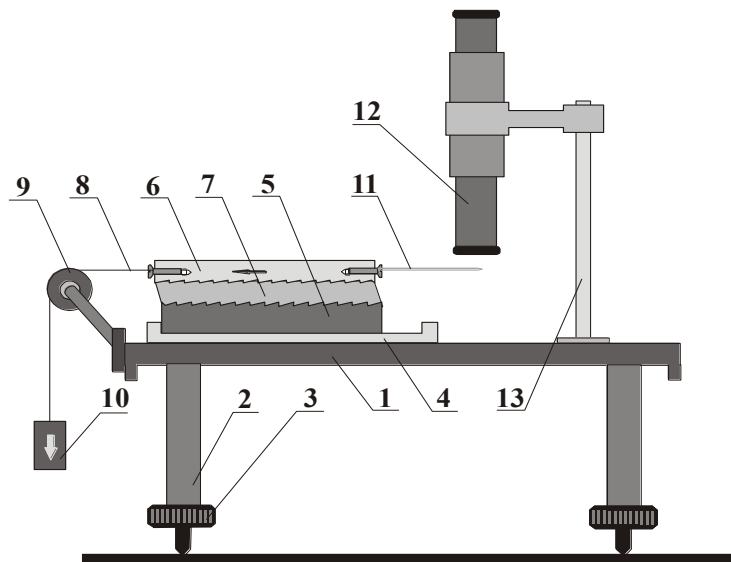


Рисунок 5.5 - Плоскопаралельний еластопластометр Толстого

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

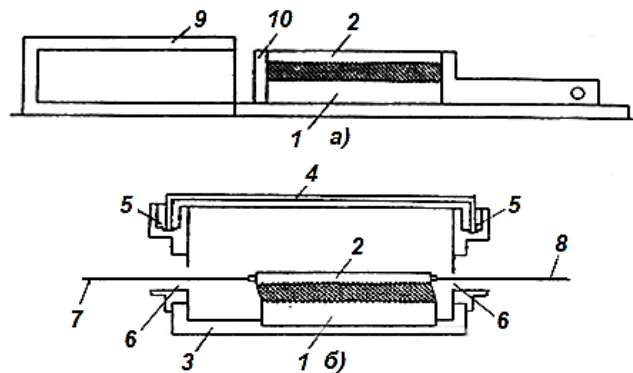


Рисунок 5.6 - Форма для одержання зразків (а) і коробка для захисту дослідного зразка від впливу навколишнього середовища (б)

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. 5.7).

Відносну деформацію визначають за формулою:

$$\gamma = \frac{k \cdot n}{d}, \quad (5.8)$$

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.

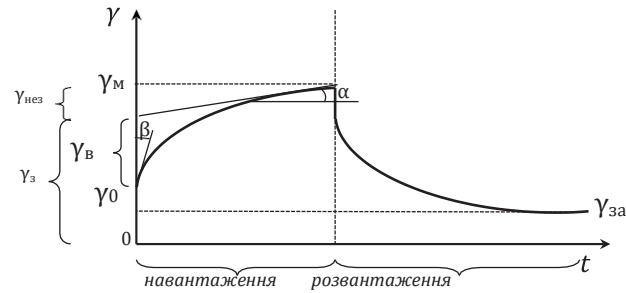


Рисунок 5.7 – Крива повзучості дослідного зразка під дією прикладеної напруги зсуву (за навантаження та розвантажування)

Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної визначають за формулою:

$$K_{\gamma} = \frac{\gamma_{зв}}{\gamma_m}, \quad (5.9)$$

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

Напруження зсуву визначають за формулою:

$$\tau = \frac{m \cdot g}{S}, \quad (5.10)$$

де τ – напруження зсуву, Па;

m – маса вантажу, кг;

g – прискорення вільного падіння ($9,81 \text{ м/с}^2$);

S – площа пластинки, м^2 .

Піддатливість системи визначають за формулою:

$$I = \frac{\gamma_m}{\tau}, \quad (5.11)$$

де I – піддатливість системи, Па^{-1} ; γ_m – відносна максимальна деформація.

Модуль миттєвої пружності визначають за формулою:

$$G_{np} = \frac{\tau}{\gamma_0}, \quad (5.12)$$

де G_{np} – модуль миттєвої пружності, Па; γ_0 – відносна умовно-миттєва деформація.

Модуль еластичності визначають за формулою:

$$G_{el} = \frac{\tau}{\gamma_{ve}}, \quad (5.13)$$

де G_{el} – модуль еластичності, Па; γ_{ve} – відносна високоеластична деформація.

Пластичну в'язкість визначають за формулою:

$$\eta_0^* = \frac{\tau}{tg\alpha}, \quad (5.14)$$

де η_0^* – пластична в'язкість, $\text{Па}\cdot\text{с}$; $tg\alpha$ – кут нахилу кінцевої лінійної ділянки кривої до осі абсцис.

В'язкість пружної післядії визначають за формулою:

$$\eta_{np} = \frac{\tau}{tg\beta}, \quad (5.15)$$

де η_{np} – в'язкість пружної післядії, $\text{Па}\cdot\text{с}$; $tg\beta$ – кут нахилу початкової лінійної ділянки кривої до осі абсцис.

5.5 Модифіковані ваги Каргіна – Соголової

Будова та принцип дії. Загальний вигляд ваг Каргіна – Соголової зображено на рис. 5.8.

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

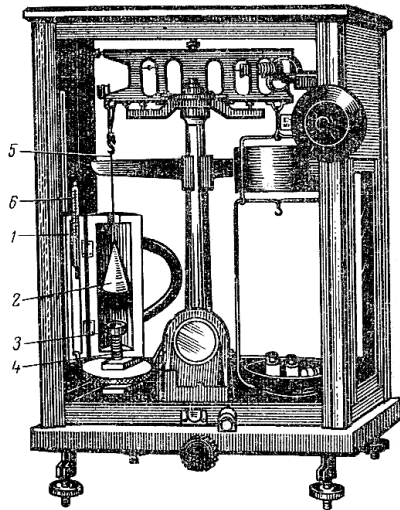


Рисунок 5.8 – Модифіковані ваги Каргіна – Соголової
 1 – термостатна камера; 2 – нуансон; 3 – підйомна підставка; 4 – гвинт для регулювання висоти підставки; 5 – нитка, на якій підвішений нуансон; 6 – термометр

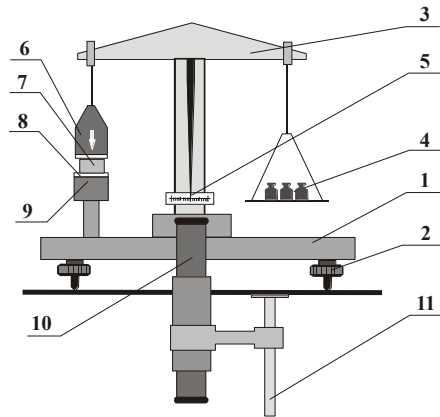


Рисунок 5.9 – Принципова схема модифікованих ваг Каргіна – Соголової

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

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. 5.10).

Відносну деформацію визначають за формулою:

$$\epsilon = \frac{a \cdot n}{h}, \quad (5.16)$$

де a – кількість поділок шкали; n – ціна поділки шкали, м; h – висота зразка, м.

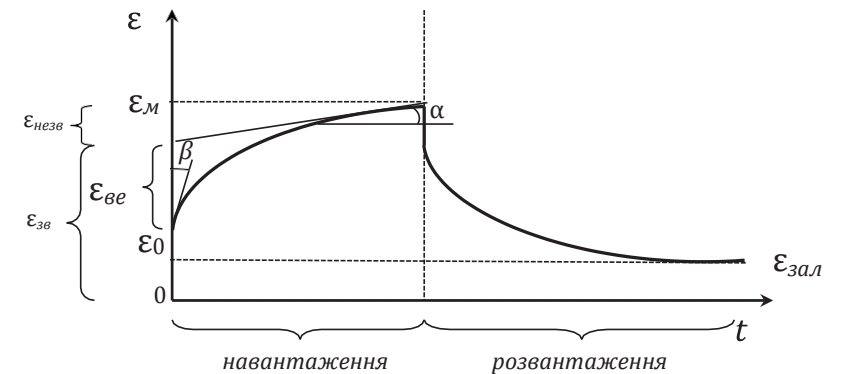


Рисунок 5.10 – Крива повзучості дослідного зразка під дією прикладеної напруги, що діє по нормалі (за навантаження та розвантажування)

Розподіл загальної деформації на зворотну і незворотну проводять шляхом екстраполяції лінійної ділянки графіка $\varepsilon = f(t)$ на вісь ординат (рис. 5.10).

Коефіцієнт відношення зворотної деформації до загальної визначають за формулою:

$$K_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_{зв}}{\varepsilon_{заг}}, \quad (5.17)$$

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

Напруження на зразок визначають за формулою:

$$\sigma = \frac{m \cdot g}{S}, \quad (5.18)$$

де σ – напруження на зразок, Па; m – маса вантажу, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; S – площа перетину зразка, м².

Модуль миттєвої пружності визначають за формулою:

$$E_{np} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}, \quad (5.19)$$

де E_{np} – модуль миттєвої пружності, Па; ε_0 – відносна умовно-миттєва деформація.

Модуль еластичності деформації визначають за формулою:

$$E_{ел} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{еe}}, \quad (5.20)$$

де $E_{ел}$ – модуль еластичності, Па; $\varepsilon_{еe}$ – відносна вискоеластична деформація.

Пластичну в'язкість визначають за формулою:

$$\eta_0^* = \frac{\sigma}{tg \alpha}, \quad (5.21)$$

де η_0^* – пластична в'язкість, Па·с; $tg \alpha$ – кут нахилу кінцевої лінійної ділянки кривої до осі абсцис.

В'язкість пружної післядії визначають за формулою:

$$\eta_{np} = \frac{\sigma}{tg \beta}, \quad (5.22)$$

де η_{np} – в'язкість пружної післядії, Па·с; $tg \beta$ – кут нахилу початкової лінійної ділянки кривої до осі абсцис.

5.6 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. 5.11) 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 мікروشкалою 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.

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) устанавлюють 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 пенетрації фіксуються на екрані спостереження.

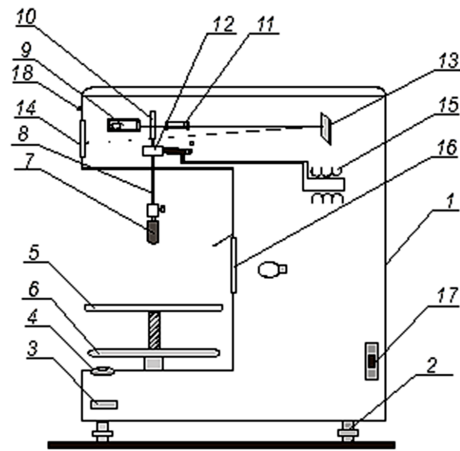


Рисунок 5.11 – Пенетрометр «Labor»

- 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

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 $E \approx 3 \cdot G$, 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 σ_0 (Па) розраховується за формулою Ребіндера:

$$\sigma_0 = k \frac{m \cdot g}{h^2}, \quad (5.23)$$

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/с²; h – глибина занурення конуса, м; k – константа індентора (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Залежність константи індентора від кута з вершиною [14]

Константа індентора	Кут з вершиною конуса α , 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. 5.6).

Таблиця 5.6 – Класифікація матеріалів за величиною ГНЗ [18]

Напруження зсуву, $\sigma_0 \cdot 10^{-2}$, Па	Оцінка дослідного матеріалу
< 50	Дуже м'який, майже текучий
50...100	Дуже м'який, але не розмашується
100...200	М'який, розмашується
200...800	Пластичний, розмашується
800...1000	Твердий, але зі здатністю до розмашування
1000...1500	Досить твердий з обмеженою здатністю до розмашування
>1500	Значно твердий

Перелік джерел посилання до розділу 5

1. Горальчук А.Б. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навчальний посібник / А.Б. Горальчук, П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко, М.І. Погожих, В.В. Полевич, П.В. Гурський / ХДУХТ. – Харків, 2006.
2. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 383 с.
3. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
4. Методы исследования молока и молочных продуктов / под общ. редакцией А.М. Шалыгиной. – М. : Колос, 2000. – 368 с.
5. Николаев Б.А. Измерения структурно-механических свойств пищевых продуктов. – М. : Экономика, 1964. – 223 с.
6. Пирогов А.Н., Доня Д.В. Исследование инвариантности метода внедрения конуса при определении предельного напряжения сдвига // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 10. – С. 17–19.
7. Ребиндер П.А. Новые методы характеристик упруго-пластических свойств структурированных дисперсных систем и растворов // Новые методы физико-химических исследований поверхностных явлений. – М. : Изд-во АН СССР, 1950. – 188 с.
8. Рейнер М. Деформация и течение. – М. : Гостоптехиздат, 1963. – 318 с.
9. Реометрия пищевого сырья и продуктов : справочник / под ред. Ю.А. Мачихина. – М. : Агропромиздат. – 1990, 271 с.
10. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А.В. Горбатов, А.М. Маслов, Ю.А. Мачихин и др. : под ред. А.В. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 296 с.

■ 6. ВИКОРИСТАННЯ ТАБЛИЧНОГО РЕДАКТОРА EXCEL ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКІВ РЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

6.1 Математично-статистична обробка результатів реологічних досліджень

Одним з основних етапів будь-якого експерименту є статистична обробка даних. Вона спрямована на побудовання математичної моделі об'єкта чи явища, що досліджується, яка поєднує як апіорну, так і експериментальну інформацію. Залежно від мети експерименту (дослідження, контролю, управління) математична модель може бути використана по-різному: для предметно-змістовного аналізу, для прогнозування стану об'єкта чи явища, управління ним або оптимізації параметрів, для контролю стану та ін.

Застосування статистичних методів обробки експериментальних даних вимагає знання основних положень теорії ймовірності та математичної статистики. Обчислення параметрів навіть досить простих залежностей (лінійна, квадратична) вимагає значного часу. Тому бажано використовувати ПЕОМ з пакетом прикладних програм, щоб позбавити експериментатора рутинної роботи [1; 3]. Проте використання ПЕОМ не звільняє дослідника від аналізу одержаних результатів та придатності встановлених залежностей для кількісної характеристики та прогнозу показників, що досліджуються.

Під час експериментального (емпіричного) вивчення математичної залежності однієї властивості від іншої проводять декілька вимірів величини властивості у за різних значень величини властивості x . Задача полягає у підборі формули, що описує результати експерименту якомога точніше. Тобто задача зводиться до знаходження рівняння, яке найкраще апроксимує результати вимірів. Найчастіше використовують апроксимацію методом найменших квадратів для лінійної або квадратичної залежності. Поліноми

більш високого ступеня рідко зустрічаються в технологічних процесах [2;4].

Для знаходження рівняння виду:

$$y = kx + b, \quad (6.1)$$

яке б максимально точно описувало результати експерименту, необхідно мінімізувати суми різниці квадратів експериментальних даних і значень апроксимуючої лінійної функції:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 \rightarrow \min, \quad (6.2)$$

де y_i – експериментальне значення результуючої ознаки при значенні чинникової ознаки x_i ; $f(x_i)$ – значення апроксимованої лінійної функції при x_i .

З умови мінімуму система рівнянь для визначення найкращих значень параметрів рівняння прямої (6.1) a і b має вигляд:

$$\begin{cases} b \cdot n + k \cdot \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \\ b \cdot \sum_{i=1}^n x_i + k \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i \cdot x_i), \end{cases} \quad (6.3)$$

де n – кількість експериментальних значень результуючої ознаки.

Вирішивши систему рівнянь (6.2), знаходимо :

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - \sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i) \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad (6.4)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i) - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}. \quad (6.5)$$

У тому разі, коли гіпотеза лінійності рівняння регресії може бути відкинута чи коли при графічному зображенні точок чітко

видно нелінійність, є сенс для апроксимації експериментальних даних, використовуючи рівняння вигляду:

$$y = ax^2 + bx + c. \quad (6.6)$$

Із умови мінімуму суми квадратів відхилень система нормальних рівнянь для визначення найкращих параметрів рівняння квадратичної форми має вигляд:

$$\begin{cases} a \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^2 + b \cdot \sum_{i=1}^n x_i + c \cdot n = \sum_{i=1}^n y_i \\ a \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^3 + b \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^2 + c \cdot \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n (y_i \cdot x_i) \\ a \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^4 + b \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^3 + c \cdot \sum_{i=1}^n (x_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i \cdot (x_i)^2) \end{cases} \quad (6.7)$$

Для знаходження коефіцієнтів a , b , c користуються методом визначників, за яким

$$a = \frac{\Delta_a}{\Delta}; \quad b = \frac{\Delta_b}{\Delta}; \quad c = \frac{\Delta_c}{\Delta}, \quad (6.8)$$

де

$$\Delta = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i & n \\ \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i^4 & \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{vmatrix}; \quad (6.9)$$

$$\Delta_a = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n y_i & \sum_{i=1}^n x_i & n \\ \sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i) & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n (x_i^2 \cdot y_i) & \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{vmatrix}; \quad (6.10)$$

$$\Delta_b = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n y_i & n \\ \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i) & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i^4 & \sum_{i=1}^n (x_i^2 \cdot y_i) & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{vmatrix}; \quad (6.11)$$

$$\Delta_c = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=1}^n x_i^4 & \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n (x_i^2 \cdot y_i) \end{vmatrix}. \quad (6.12)$$

Якщо ні лінійна, ні квадратична регресії не дають бажаної точності, використовують інші види залежностей. Найчастіше в реології використовують степеневу та експоненціальну. Їх у результаті відповідних перетворень можна звести до лінійних (лінеалізувати).

Так, залежність

$$y = kx^m \quad (6.13)$$

лінеалізується шляхом логарифмування:

$$\lg y = m \cdot \lg x + \lg k. \quad (6.14)$$

Після чого методом найменших квадратів за формулами (6.4; 6.5) знаходять коефіцієнти рівняння регресії.

Для залежності

$$y = ke^{ax} \quad (6.15)$$

лінеалізоване рівняння матиме вигляд:

$$\ln y = \ln k + ax. \quad (6.16)$$

Після знаходження прямої методом найменших квадратів за формулами (6.3, 6.4) виконуються зворотні перетворення.

Для перевірки значущості (адекватності) рівняння апроксимації загалом використовуються F-критерії Фішера. При цьому порівнюється загальна S_y^2 та залишкова $S_{зал}^2$ дисперсії. Залишкова дисперсія являє собою показник помилки передбачення рівняння регресії результатів дослід. Якість передбачення визначається, порівнюючи $S_{зал}^2$ із S_y^2 . Інакше кажучи, F-критерій Фішера показує, у скільки разів рівняння апроксимації збігається з результатами дослідів краще, ніж середнє значення \bar{y} .

Для того щоб рівняння регресії адекватно описувало результати експериментів, необхідно, щоб дотримувалась умова:

$$F_p = \frac{S_y^2}{S_{зал}^2} > F_m(\alpha; \nu_1; \nu_2), \quad (6.17)$$

де S_y^2 – загальна дисперсія результуючої ознаки, що визначається так:

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2, \quad (6.18)$$

де n – кількість експериментальних даних;

y_i – експериментальне значення результуючої ознаки;

\bar{y} – середнє значення результуючої ознаки;

$S_{зал}^2$ – залишкова дисперсія, що визначається так:

$$S_{зал}^2 = \frac{1}{n-m} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2, \quad (6.19)$$

де $f(x_i)$ – значення результуючої ознаки, розрахованої за рівнянням регресії при значенні чинникової ознаки x_i ;

m – кількість невідомих параметрів у рівнянні регресії,

$$m = k + 1, \quad (6.20)$$

де k – порядок апроксимуючого полінома.

$F_m(\alpha; \nu_1; \nu_2)$ – табличне значення F-критерію при рівні значущості α із степенем свободи в чисельнику:

$$\nu_1 = n - 1 \quad (6.21)$$

у знаменнику:

$$\nu_2 = n - m = n - k - 1. \quad (6.22)$$

Мірою точності емпіричної залежності може бути середній відсоток відхилень розрахункових та експериментальних значень величини, що контролюється в дослідженні:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{|y_{ie} - f(x_i)|}{f(x_i)} \right) \cdot 100\%, \quad (6.23)$$

де n – кількість експериментальних даних;

y_{ie} – експериментальне значення результуючої ознаки;

$f(x_i)$ – значення результуючої ознаки, розрахованої за рівнянням регресії при значенні чинникової ознаки x_i .

У разі, коли декілька емпіричних залежностей адекватно (статистично вірогідно) описують результати експерименту, перевагу віддають тій залежності, за умов використання якої залишкова дисперсія найменша, при практично рівних значеннях залишкових дисперсій перевагу віддають більш простій залежності.

6.2 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на ротаційному віскозиметрі ВПН-0,2М

Для автоматизації розрахунків пропонується використання табличного редактора Microsoft Excel, у середовищі якого розроблені файли під відповідні прилади. Вважається, що користувач володіє базовими знаннями на рівні користувача Excel.

Для автоматизації розрахунків реологічних характеристик використовується файл viskozimetr_VPN-0,2M.xls. Він містить такі листи:

- 1) введення даних;
- 2) математична обробка;
- 3) визначення напруження зсуву;
- 4) дослідження в'язкості;
- 5) дослідження тиксотропності;
- 6) вихідні дані.

Файл розрахований на шість графічних залежностей (зразків) або три – під час дослідження в'язкості прямого та зворотного ходу. Для кожної залежності розроблено блоки введення даних, розрахунку показників, математичної та статистичної обробки даних.

Необхідно зазначити, що тільки поля жовтого та синього кольору – це поля введення даних (рис. 6.1.). У стовпчику А, інколи і в В, вказано, що в цьому рядку треба ввести або розрахунок чого ведеться. Змінювати, вводити дані та проводити інші операції, крім зазначених нижче, з невиділеними кольором – недопустимо для нормальної роботи розрахунку. Отже, дотримуючись чітких дій, дослідник швидко та без особливих затрат часу отримає реологічні характеристики систем, що досліджувалися.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2	Введіть розмір вузла	40	A	K, Па·Б									
3	Введіть назву зразку	18	0,00747	4,42									
4	У, Б	9,42	9,58	9,75	10,11	10,52	10,98	11,3	11,76	12,11	12,88	14,73	15,78
5		9,4	9,55	9,76	10,12	10,53	10,99						
6	Сер.ариф. значення У, Б	9,410	9,565	9,755	10,115	10,525	10,985	11,300	11,760	12,105	12,885	14,725	15,803
7	Т, мс.	8669	6869	5829,5	4778	3663	3026	2661	2308	2040	1662	1128	886
8		7875	6605	5567	4558	3604	2950	2606	2253	2027	1642	1113	873
9													
10													
11													
12	Сер.ариф. значення Т, с	8,272	6,737	5,698	4,668	3,634	2,988	2,634	2,281	2,034	1,652	1,121	0,880
13	Швидк. зсуву, с ⁻¹	16,183	19,871	23,493	28,678	36,843	44,802	50,833	58,702	65,832	81,034	119,472	152,210
14	В'язкість, Па·с	2,570	2,128	1,835	1,559	1,263	1,084	0,983	0,885	0,813	0,703	0,545	0,459
15													
16													
17	Введіть розмір вузла		A	K, Па·Б									
18	Введіть назву зразку		Невірно в	Невірно введено розмір вузла									
19	У, Б												
20													
21	Сер.ариф. значення У, Б												
22													
23													
24	Т, мс.												
25													
26													
27	Сер.ариф. значення Т, с												
28	Швидк. зсуву, с ⁻¹												
29	В'язкість, Па·с												
30													

Рисунок 6.1 – Лист Введення даних файлу viskozimetr_VPN-0,2M.xls

На листі введення даних розроблено блоки введення даних для розрахунку в'язкості від швидкості зсуву, порядок введення даних такий:

- у поля синього кольору ввести розмір вузла (20 або 40, або 100) та назву зразка, виражену числом від 0 до 10³⁷;
- у поля жовтого кольору нижче назви зразка ввести значення напруги у вольтах (одне або два), яку знімають з табло вольтметра. У полях, не виділених кольором, нижче полів введення напруги розраховується середнє арифметичне значення;

- у поля жовтого кольору, які розміщені нижче визначення середнього арифметичного напруги, ввести значення періоду обертання (T), не менше 3 та не більше 5 (в мс), які знімають за допомогою частотоміру. Нижче полів введення T розраховується середнє арифметичне значення (в с), швидкість зсуву (с⁻¹) за формулою (6.2) та ефективна в'язкість (Па·с) за формулою (6.1);

- кожен блок розрахований на 12 експериментальних точок. У випадку меншої кількості експериментальних точок необхідно:

1) виділити всі незаповнені поля жовтого кольору та безбарвні поля на листі введення даних та очистити їх від формул;

2) виділити незаповнені поля (або поля з нулями) у блоках на листі Математична обробка, визначення напруги зсуву та очистити їх за допомогою клавіші Del.

Після введення експериментальних даних автоматично проводиться обробка та будуються діаграми. На листі Введення даних для кожного зразка будується два графіки: за експериментальними даними у вигляді маркерів та у вигляді згладженої лінії за рівнянням по результатам математичної обробки експериментальних даних.

Математична та статистична обробка експериментальних даних

Для описання залежності в'язкості від швидкості зсуву для неньютонівських рідин нами обрано рівняння Гершеля – Балклі $\eta_{ef} = K\dot{\gamma}^{n-1}$, причому $n-1 = m$. Для апроксимації залежності, що описується цим рівнянням, воно лінеалізується з отриманням рівняння вигляду (6.14). Результати в логарифмічному вигляді автоматично приводяться на діаграмі нижче блоків математичної обробки (рис. 6.2). Після логарифмування автоматично обчислюються коефіцієнти k і b у рівнянні за формулами (6.4, 6.5). Статистичний аналіз здійснюється автоматично нижче блоку математичної обробки за формулами (6.17–6.22). Перевірка адекватності описання рівнянням експериментальних даних здійснюється автоматично нижче блоку статистичної обробки за формулою (6.17).

На листі визначення напруги зсуву розраховується значення напруги зсуву за рівнянням Гершеля – Балклі та будується графік залежності напруги зсуву від швидкості зсуву за результатами математичної обробки (рис. 6.3).

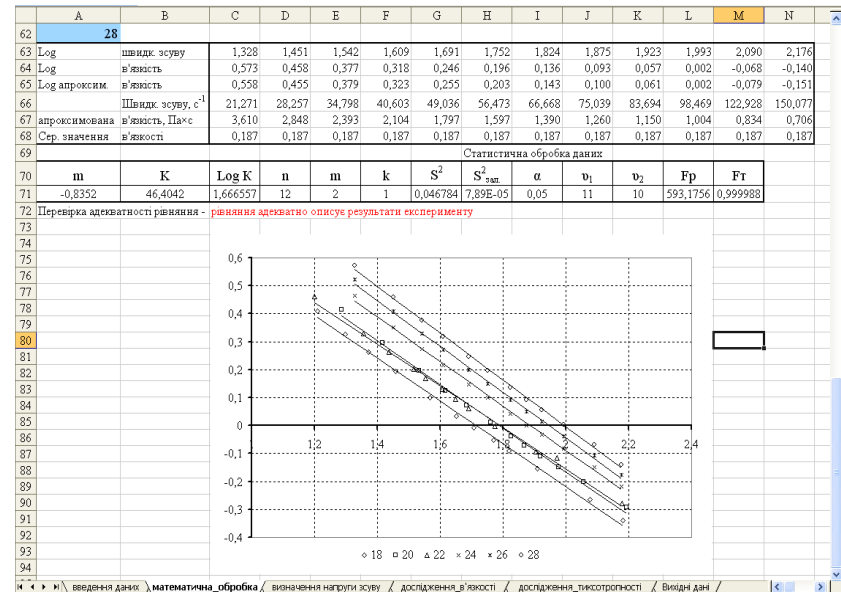


Рисунок 6.2 – Лист Математична обробка

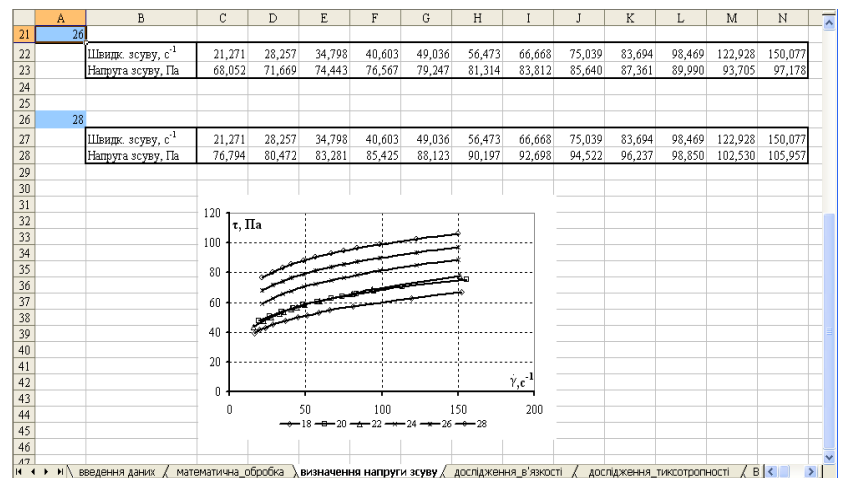


Рисунок 6.3 – Лист Визначення напруги зсуву

На листі дослідження в'язкості наведено таблицю значень K , n , m , що можуть використовуватися для аналізу та побудови графічних залежностей. Ми вважали за необхідне отримання графіка залежності в'язкості від параметра, що досліджується, з певною швидкістю зсуву. Для цього необхідно ввести швидкість зсуву у поле жовтого кольору F8, за якою автоматично розраховується в'язкість для всіх зразків.

Результати залежності в'язкості від параметра, що досліджується, виводяться на діаграмі. Якщо значень менше 6, то незаповнені поля таблиці A10:G11 необхідно очистити від формул (рис. 6.4).

Математична обробка та вибір функції апроксимації

У межах даних файлів для описання залежностей у вузьких інтервалах використовується чотири рівняння апроксимації (6.1, 6.6, 6.13, 6.15).

Для визначення, яким саме рівнянням описати отримані експериментальні дані, проводиться статистичний аналіз. Для кожного рівняння є свій блок автоматичних статистичних розрахунків (рис. 6.4).

Розрахунок коефіцієнтів k і b в рівнянні (6.1) автоматично здійснюється за формулами (6.4, 6.5), статистична обробка для кожного рівняння – за формулами (6.17–6.23), перевірка адекватності – нижче блоку статистичних розрахунків.

Для рівняння (6.6) значення коефіцієнтів a , b , c розраховуються автоматично за формулами (6.8–6.12), визначники на листі розділені границями (рис. 6.4).

Розрахунок коефіцієнтів k і b у рівнянні (5.13) здійснюється шляхом лінеалізування рівняння до вигляду (5.14), а потім коефіцієнти в лінеалізованому рівнянні визначаються автоматично за формулами (6.4, 6.5).

Розрахунок коефіцієнтів k і a в рівнянні (6.15) здійснюється шляхом лінеалізування рівняння до вигляду (6.16), а потім коефіцієнти в цьому рівнянні автоматично визначаються за формулами (6.4, 6.5).

Для кращої наочності під час вибору рівняння регресії формується таблиця (рис. 6.4), у якій наведено порівняння табличного значення критерію Фішера з розрахунковим значенням. У разі

адекватності – рівняння значуще описує результати експерименту. У разі декількох адекватних рівнянь необхідно вибрати рівняння, при якому квадрат залишкової дисперсії ($S_{зал}^2$) мінімальний, або більш простіше рівняння.

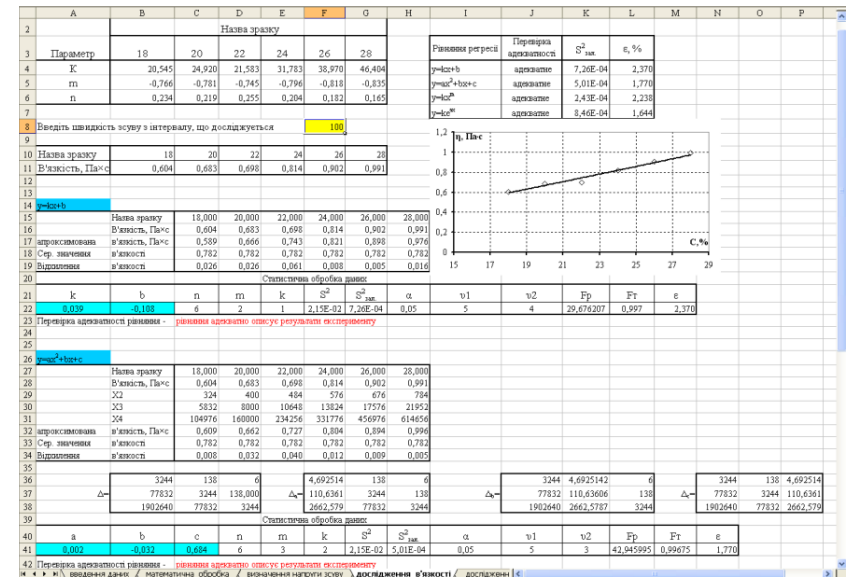


Рисунок 6.4 – Лист Дослідження в'язкості файлу viskozimetr_VPN-0,2M.xls

Для побудови рівняння апроксимації можна використати значення обраного рівняння у рядку Апроксимована (рис. 6.4), а змінні у рядку Назва зразку, або побудувати лінію тренда вигляду, що відповідає результатам статистичної обробки.

Після завершення введення даних потрібно перевірити всі діаграми на наявність випадкових помилок, пов'язаних із введенням даних, відредагувати діаграми, зокрема осі. Ввести назву осі на листі дослідження в'язкості і т. п.

На листі дослідження тиксотропності розраховують коефіцієнт тиксотропності за формулою (4.3) (рис. 6.5):

– для цього значення періоду та напруги прямого ходу вводять у непарні блоки (1, 3, 5), а значення періоду та напруги

зворотного ходу в парні блоки (2, 4, 6), наприклад 1 – прямий хід, 2 – зворотний хід;

- назву зразків вводити тільки в непарні поля;
- на листі дослідження тиксотропності в поле F8 ввести мінімальне значення швидкості зсуву з інтервалу, що досліджується;
- значення коефіцієнтів тиксотропності виводяться в таблиці A10:D11.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	Параметр	18	22	26			
4	K	20,545	24,920	21,583	31,783	38,970	46,404
5	m	-0,766	-0,781	-0,745	-0,796	-0,818	-0,835
6	n	0,234	0,219	0,255	0,204	0,182	0,165
7							
8	Введіть мінімальну швидкість зсуву з інтервалу, що досліджується					20	
9							
10	Назва зразку	18	22	26			
11	Коефіцієнт тиксотропності, %	86,29	79,04	88,52			

Рисунок 6.5 – Лист Дослідження тиксотропності файлу viskozimetr_VPN-0,2M.xls

На листі Вихідні дані містяться коефіцієнти та константи вузлів, що використовуються у формулах для розрахунку реологічних показників.

6.3 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на ротаційному віскозиметрі типу RN

Для автоматизації розрахунків реологічних характеристик використовується файл viskozimetr_RN.xls. Файл містить ті ж самі листи, що й viskozimetr_VPN-0,2M.xls, окрім одного – дослідження тиксотропності.

Математична обробка на всіх етапах здійснюється аналогічно тому, як описано в пункті 6.2. Відрізняється тільки лист Введення даних. Для дослідження в'язкості та побудови залежності в'язкості

від швидкості зсуву використовують до 8 точок, що обумовлено можливістю цього приладу. На листі Введення даних розроблено 6 блоків для розрахунку в'язкості (рис. 6.6). Порядок введення даних:

- у поля синього кольору ввести назву зразка в чисельному вираженні;
- у поля жовтого кольору ввести назву вимірювального вузла у вигляді прописної літери (на англійській розкладці клавіатури) та цифри (без пробілу);
- ввести значення позиції, при якій проводили вимірювання в'язкості;
- порядок введення значень для отримання залежності в'язкості від швидкості зсуву прямого ходу наведено в табл. 6.1;
- ввести значення кута відхилення, який знімають із циферблату віскозиметра;
- нижче поля введення кута відхилення на основі введення назви із бази даних, яка міститься на листі Вихідні дані, автоматично вибирається стала для цього вузла;
- нижче рядка Константа вузла автоматично здійснюється розрахунок швидкості зсуву за формулою (5.4) на основі введених значень назви вузла та позиції перемикача;
- розрахунок в'язкості здійснюється автоматично нижче полів розрахунку швидкості зсуву за формулою (5.5);
- якщо експериментальних точок менше 8, необхідно очистити від формул забарвлені та незабарвлені поля блоків, те ж саме зробити на листах Математична обробка, Визначення напруги зсуву. Але необхідно пам'ятати, що не рекомендується використовувати менше 5 точок для вивчення залежності в'язкості від швидкості зсуву для неньютонівських систем;
- у разі дослідження менше 6 зразків необхідно очистити інші блоки від формул на листах Введення даних, Математична обробка, Визначення напруги зсуву, а на листі Дослідження в'язкості очистити незаповнені поля від формул у таблиці A10:G11. (рис. 6.7).
- відредагувати діаграми.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3	Введіть назву зразку	0							
4	Введіть № позиці	10	4	2	1	10	4	2	1
5	Введіть назву вимрювального вузла	M2	M2	M2	M2	M1	M1	M1	M1
6	Значення кута відхилення α , рад.	24	29	37	41	41,7	46	52	66,5
7	Константа вузла z	0,79	0,79	0,79	0,79	0,89	0,89	0,89	0,89
8	Швидк. зсуву, c^{-1}	0,80	1,86	3,46	7,19	8,98	20,94	38,90	80,78
9	В'язкість, Па·с	23,749	12,299	8,449	4,508	4,117	1,947	1,185	0,730
10									
11									
12	Введіть назву зразку	3,5							
13	Введіть № позиці	10	4	2	1	10	4	2	1
14	Введіть назву вимрювального вузла	M2	M2	M2	M2	M1	M1	M1	M1
15	Значення кута відхилення α , рад.	25,1	30	39,5	46,5	41,4	44	63	76
16	Константа вузла z	0,79	0,79	0,79	0,79	0,89	0,89	0,89	0,89
17	Швидк. зсуву, c^{-1}	0,80	1,86	3,46	7,19	8,98	20,94	38,90	80,78
18	В'язкість, Па·с	24,838	12,723	9,020	5,113	4,088	1,862	1,435	0,834
19									

Рисунок 6.6 – Лист Введення даних файлу viskozimetr_RN.xls

Таблиця 6.1 – Порядок введення даних для розрахунку в'язкості від швидкості зсуву прямого ходу (на підставі власних досліджень)

Номер позиції	10	4	10	2	4	1	2	1
Назва вузла	N2	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N1
Номер позиції	10	4	2	1	10	4	2	1
Назва вузла	M2	M2	M2	M2	M1	M1	M1	M1
Номер позиції	10	4	10	2	4	1	2	1
Назва вузла	H2	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3	Назва зразку													
4	Параметр	0	3,5	5	6,5	8								
5	K	20,507	21,064	25,689	28,154	30,643								
6	m	-0,764	-0,745	-0,786	-0,804	-0,821								
7	n	0,236	0,255	0,214	0,196	0,179								
8	Введіть швидкість зсуву в інтервалі, що досліджується					20								
9														
10	Назва зразку	0	3,5	5	6,5	8								
11	В'язкість, Па·с	2,078	2,263	2,437	2,530	2,621								
12														
13														
14	в'язкість													
15	Назва зразку	0,000	3,500	5,000	6,500	8,000								
16	В'язкість, Па·с	2,078	2,263	2,437	2,530	2,621								
17	апроксимована в'язкість, Па·с	2,063	2,209	2,414	2,519	2,624								
18	Середнє значення в'язкості	2,386	2,386	2,386	2,386	2,386								
19	Відхилення в'язкості	0,007	0,020	0,010	0,004	0,001								
20														
21														
22	к	b	n	m	k	S ²	S ² _в	a	u ₁	u ₂	F _p	F _t	e	
23	0,070	2,063	5	2	1	4,70E-02	9,89E-04	0,05	4	3	41,585728	0,993	0,841	
24	Перевірка адекватності рівняння - рівняння адекватно описує результати експерименту													

Рисунок 6.7 – Лист Дослідження в'язкості файлу viskozimetr_RN.xls

6.4 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на реовіскозиметрі Геплера

Для автоматизації розрахунків в'язкості від температури використовується файл geoviskozimetr_Geplera.xls. Файл містить такі листи:

- введення даних;
- математична обробка;
- вихідні дані.

Файл розрахований на шість графічних залежностей (зразків), по 12 експериментальних точок у кожній. Для кожної графічної залежності розроблено блок введення та обробки експериментальних даних (рис. 6.8).

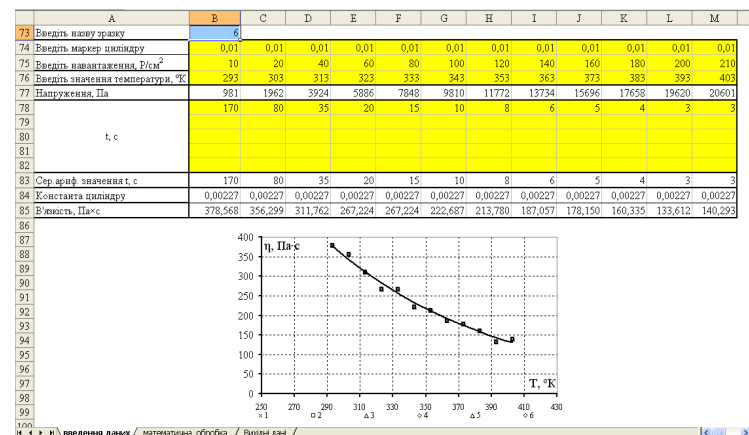


Рисунок 6.8 – Лист Введення даних файлу geoviskozimetr_Geplera.xls

Порядок введення даних:

- у поля синього кольору ввести назву зразка в чисельному вираженні;
- у поля жовтого кольору ввести маркер циліндра, на якому проводять дослідження;
- нижче маркера циліндра ввести значення навантаження в P/cm^2 ;

- нижче значення навантаження ввести значення температури в °К;
- нижче поля введення температури автоматично розраховується напруження, що діє на зразок (σ Па);
- нижче розрахунку напруження ввести значення періоду (τ с), за який кулька проходить весь шлях (до п'яти значень);
- після введення періоду автоматично розраховується середньоарифметичне значення;
- нижче середньоарифметичного періоду занурення кульки із бази даних, яка міститься на листі Вихідні дані, на основі введеного значення маркера автоматично вибирається стала для цього циліндра;
- нижче поля Константа циліндра автоматично розраховується в'язкість за формулою (5.7);
- якщо експериментальних точок менше 12, необхідно очистити від формул забарвлені та незабарвлені поля блоків, те ж саме зробити на листі Математична обробка;
- у разі дослідження менше 6 зразків необхідно очистити блоки від формул на листах Введення даних та Математична обробка;
- відредагувати діаграми.

Результати експерименту у графічному вигляді автоматично виводяться на діаграмі на листі Введення даних у вигляді маркерів (рис. 6.8). Апроксимація експериментальних даних автоматично здійснюється на листі Математична обробка (рис. 6.9) рівнянням (6.15), зважаючи на те, що залежність в'язкості від температури для більшості неньютонівських рідин описується рівнянням Френкеля – Андраде (4.4).

Для знаходження коефіцієнтів в експоненційному рівнянні автоматично здійснюється декілька операцій:

- логарифмується значення в'язкості;
- за методом найменших квадратів обчислюються коефіцієнти lnk та a в рівнянні вигляду (6.16);
- обчислюється k та апроксимовані значення функції;
- будуються графіки в напівлогарифмічній шкалі на листі Математична обробка (для наочності) та на листі Введення даних у вигляді експоненційної кривої апроксимації.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2		1												
3		температура, °К	293	303	313	323	333	343	353	363	373	383	393	403
4	Ln	в'язкість	5,936	5,876	5,742	5,588	5,388	5,406	5,365	5,231	5,183	5,077	4,895	4,944
5	Ln	апроксим.	5,932	5,836	5,740	5,643	5,547	5,451	5,354	5,258	5,162	5,066	4,969	4,873
6		температура, °К	293	303	313	323	333	343	353	363	373	383	393	403
7	апроксимована	в'язкість, Па·с	376,989	342,381	310,950	282,404	256,479	232,933	211,550	192,129	174,491	158,472	143,924	130,712
8	Сер. значення	в'язкості	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403
9	Випадковий	в'язкості	1,00418743	1,04065	1,00261	0,94625	1,0419	0,95601	1,01054	0,9736	1,02097	1,01175	0,92835	1,0733
10	Статистична обробка даних													
11	a	K	Ln K	n	m	k	S ²	S ² _{ан.}	α	v1	v2	Fp	Ft	
12	-0,0096	6333,4403	8,75359886	12	2	1	0,12239	0,00203	0,05	11	10	60,2987	0,99999	
13	Перевірка адекватності рівняння - рівняння адекватно описує результати експерименту													
14														
15		2												
16		температура, °К	293	303	313	323	333	343	353	363	373	383	393	403
17	Ln	в'язкість	5,936	5,876	5,742	5,588	5,388	5,406	5,365	5,231	5,183	5,077	4,895	4,944
18	Ln	апроксим.	5,932	5,836	5,740	5,643	5,547	5,451	5,354	5,258	5,162	5,066	4,969	4,873
19		температура, °К	293	303	313	323	333	343	353	363	373	383	393	403
20	апроксимована	в'язкість, Па·с	376,989	342,381	310,950	282,404	256,479	232,933	211,550	192,129	174,491	158,472	143,924	130,712
21	Сер. значення	в'язкості	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403	5,403
22	Випадковий	в'язкості	1,00418743	1,04065	1,00261	0,94625	1,0419	0,95601	1,01054	0,9736	1,02097	1,01175	0,92835	1,0733
23	Статистична обробка даних													
24	a	K	Ln K	n	m	k	S ²	S ² _{ан.}	α	v1	v2	Fp	Ft	
25	-0,0096	6333,4403	8,75359886	12	2	1	0,12239	0,00203	0,05	11	10	60,2987	0,99999	
26	Перевірка адекватності рівняння - рівняння адекватно описує результати експерименту													

Рисунок 6.9 – Лист Математична обробка файлу reoviskozimetr_Geplera.xls

6.5 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на модифікованих вагах Каргіна – Соголової та еластопластометрі Толстого

Для автоматизації розрахунків реологічних характеристик використовуються файли vesi_Kargina.xls, elastoplastometr.xls. Ці файли містять такі листи:

- введення даних;
- модуль пружності;
- високоеластичний модуль;
- пластична в'язкість;
- в'язкість пружної післядії.

Відмінність цих файлів тільки в таблицях введення параметрів зразків (рис. 6.10, 6.11) та позначенні основних реологічних характеристик. Файли розроблено для автоматизації розрахунку основних реологічних показників для 6 зразків (195 експериментальних точок для кожного).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Дослідження структурно-механічн						
2	Введіть назву зразку	1	2	3	4	5	6
3	Маса навантаження, кг						
4	Висота зразку, м						
5	Ціна поділки шкали, м						
6	Задати множник	1,0E+03					
7	Діаметр зразку D1, м						
8	Діаметр зразку D2, м						
9	Діаметр зразку Dср., м	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!

Рисунок 6.10 – Лист Введення даних файлу vesi_Kargina.xls

	A	B	C	D	E	F	G
1	Дослідження структурно-механічних властивост						
2	Введіть назву зразку	1	2	3	4	5	6
3	Маса навантаження, кг	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
4	Висота зразку, м	0,0105	0,0105	0,009	0,009	0,0105	0,0105
5	Ціна поділки шкали, м	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
6	Задати множник	1,0E+03					

Рисунок 6.11 – Лист Введення даних файлу elastoplastometr.xls

Введення вихідних даних для зразків, що досліджуються, на модифікованих вагах Каргіна – Соголової (рис. 6.10):

- ввести назву зразка, виражену числом від 0 до 10^{37} ;
- ввести масу навантаження (у кг), що діє на зразок;
- ввести ціну поділки шкали окуляра мікроскопа (у м);
- у поле B6 ввести множник 10^3 (для наочності відображення графіків за замовчуванням) або інший, наприклад 10^2 , але необхідно змінити значення в полях L4, N4, P4, R4, T4, V4, W4:AB4 (рис. 6.12); та в полях AD4:AD6 (рис. 6.14). Тобто ми збільшили реальні значення в 1000 або 100 разів;
- ввести одне-два значення діаметра зразка (у м);
- після введення діаметра автоматично визначається середньоарифметичне значення діаметра.

Порядок введення експериментальних даних:

- значення часу ввести в стовпець J, значення деформації, що фіксується за допомогою окуляра, ввести у поля жовтого кольору стовпців K, M, O, Q, S, U (рис. 6.12). У стовпцях праворуч

від жовтих полів розраховується значення відносної деформації за формулою (6.16). Необхідно пам'ятати, що кількість точок в усіх зразках має бути однаковою, зайвих значень часу, при якому не фіксувалась деформація, не вводять (це негативно впливає на відображення графіків);

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1	твостей намодифікованих вагах Каргіна-Соголової																		
2																			
3																			
4	Час, хв																		
5		покази	$\times 10^3$	покази	$\times 10^3$	покази	$\times 10^3$	покази	$\times 10^3$	покази	$\times 10^3$	покази	$\times 10^3$	покази	$\times 10^3$	покази	$\times 10^3$	покази	$\times 10^3$
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			

Рисунок 6.12 – Лист Введення даних файлу vesi_Kargina.xls

- за результатами експериментальних даних для кожного зразка автоматично будуються два графіки: один – у вигляді маркерів (результати експерименту), другий – у вигляді апроксимації за результатами математичної обробки, дані яких розміщені у стовпцях W:AB. Дані початкової та кінцевої ділянки залежності апроксимуються рівнянням регресії вигляду (6.1). Для цього з масиву автоматично вибирається по 5 (перші та останні) експериментальних даних, які заносяться до таблиць (рис. 6.13). Знаходження коефіцієнтів k і b в рівнянні регресії здійснюється за формулами (6.4, 6.5). Достовірність апроксимації показує коефіцієнт детермінації R^2 . Якщо для кінцевої ділянки кривої він становить 0,98...1,0, дослід можна припинити, тобто так визначається час, необхідний для цього напруження, щоб розвинулася пластична деформація в дослідному зразку. Цей час можна встановити за зразком, який, на думку дослідника, має найменшу здатність до деформації. Усі інші зразки, об'єднані однією ознакою, витримують під однаковим напруженням однаковий час.

	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW
1	Для кінцевої ділянки кривої												
2		1	2	3	4	5	6						
3													
4		50	296,19	50	229,52	50	200,00	50	162,22	50	296,19	50	296,19
5		60	310,48	60	243,81	60	213,89	60	174,44	60	310,48	60	310,48
6		70	324,76	70	256,19	70	225,00	70	183,33	70	324,76	70	324,76
7		80	339,05	80	268,57	80	238,89	80	188,89	80	339,05	80	339,05
8		90	353,33	90	280,95	90	250,00	90	197,78	90	353,33	90	353,33
9	k, b	1,43	224,76	1,28	166,48	1,25	138,06	0,86	121,44	1,43	224,76	1,43	224,76
10		0,00	0,00	0,02	1,57	0,03	1,98	0,06	4,56	0,00	0,00	0,00	0,00
11	R ²	1,000	0,000	0,999	0,896	0,999	0,878	0,984	2,018	1,000	0,000	1,000	0,000
12													
13													
14	Для початкової ділянки кривої												
15		1	2	3	4	5	6						
16													
17		0	7,62	0	6,67	0	6,11	0	3,33	0	7,62	0	7,62
18		1	30,48	1	24,76	1	26,67	1	14,44	1	30,48	1	30,48
19		2	47,62	2	40,00	2	34,44	2	18,89	2	47,62	2	47,62
20		3	62,86	3	54,76	3	41,67	3	25,56	3	62,86	3	62,86
21		4	75,24	4	62,86	4	50,00	4	30,00	4	75,24	4	75,24
22	k, b	16,76	11,24	14,24	9,33	10,28	11,22	6,44	5,56	16,76	11,24	16,76	11,24
23		1,13	2,77	1,04	2,55	1,48	3,62	0,67	1,63	1,13	2,77	1,13	2,77
24	R ²	0,906	3,560	0,984	3,289	0,942	4,673	0,969	2,108	0,966	3,560	0,966	3,560
25													

Рисунок 6.13 – Таблиці для апроксимації даних файлу **vesi_Kargina.xls**

Визначення основних реологічних характеристик:

– розрахунок основних реологічних характеристик здійснюється автоматично за обробленими експериментальними даними за формулами (6.17–6.22), результати заносяться в таблицю AC2:AJ13 на листі Введення даних (рис. 6.14);

	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
2	Позначення	Найменування показника	1	2	3	4	5	6
4	ϵ_{ze}	Зворотна деформація, 10^{-3}	224,76	166,48	138,06	121,44	224,76	224,76
5	ϵ_{nez}	Незворотна деформація, 10^{-3}	128,57	114,86	112,50	77,00	128,57	128,57
6	ϵ_{zag}	Загальна деформація, 10^{-3}	353,33	281,33	250,56	198,44	353,33	353,33
7	σ	Напруження зсуву, Па	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70
8	I	Податливість, Па^{-1}	1,08E-02	8,60E-03	7,66E-03	6,07E-03	1,08E-02	1,08E-02
9	E_{np}	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	2909,75	3503,57	2913,86	5886,00	2909,75	2909,75
10	E_{en}	Вискоеластичний модуль (Па)	153,14	208,09	257,82	282,17	153,14	153,14
11	η^*o	Пластична в'язкість, Па·с	1,37E+06	1,54E+06	1,57E+06	2,29E+06	1,37E+06	1,37E+06
12	K	Відношення деформ звор. до заг.	0,64	0,59	0,55	0,61	0,64	0,64
13	η_{np}	В'язкість пружної післядії, Па·с	117051,14	137799,33	190897,30	304448,28	117051,14	117051,14

Рисунок 6.14 – Зведена таблиця основних реологічних характеристик

– для побудови графічних залежностей основних реологічних характеристик дані з таблиці AC2:AJ13 автоматично заносяться на однойменні реологічним характеристикам листи в таблиці A8:G9. Якщо даних в таблиці менше 6, необхідно очистити незаповнені поля від формул. У поле A8 ввести назву параметра, що досліджується;

– для наочності побудови графіків використовується множник – поле C7. Наприклад, якщо значення пластичної в'язкості знаходяться в інтервалі $2,0 \dots 5,7 \times 10^7$, можна ввести в поле C7 множник 10^{-7} . Цей множник зі зворотним знаком необхідно ввести на діаграму на вісь ординат, а також ввести назву осі абсцис (рис. 6.15);

– на діаграмі у вигляді маркерів автоматично будується один графік (результати експерименту), другий – за результатами математичної обробки, яка здійснюється на кожному з листів (алгоритм математичної і статистичної обробки та вибір рівняння регресії наведено в розділі 6.2) – необхідно ввести вручну;

– відредагувати діаграму.

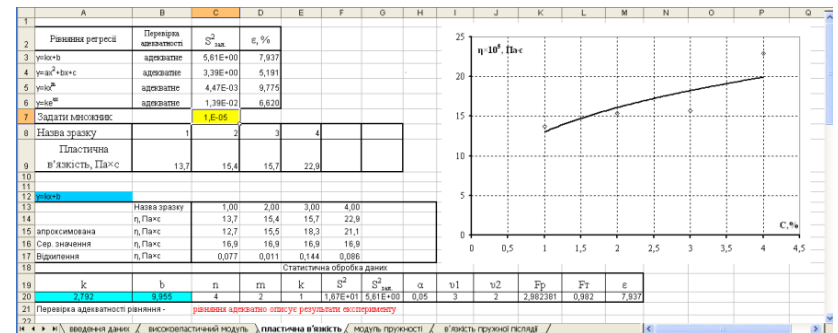


Рисунок 6.15 – Обробка експериментальних даних з пластичної в'язкості

Введення вихідних даних для зразків, що досліджуються, на еластопластометрі Толстого (рис. 6.16):

– ввести назву зразка, виражену числом від 0 до 10^{37} ;

– ввести масу навантаження (у кг), що діє через блок на верхню пластину;

– ввести висоту зразка, що розміщений між пластинами (у м). Увага: висота зразків, реологічні характеристики яких будуть порівнюватись, має бути однаковою;

- ввести ціну поділки шкали окуляра мікроскопа (у м);
- для наочності відображення графіків у поле B6 ввести множник. За замовчуванням – множник 10^3 , однак можна ввести інший, наприклад 10^2 , але необхідно змінити значення в полях L4, N4, P4, R4, T4, V4, W4:AB4 (рис. 6.15) та в полях AD4:AD6;
- основні реологічні характеристики розраховуються за формулами (6.8–6.15);
- інші правила роботи аналогічні правилам роботи з файлом vesi_Kargina.xls.

стопластометри Толстого																			
Час, хв	1		2		3		4		5		6		Апроксимовані значення						
	покази	$\mu \times 10^3$	покази	$\mu \times 10^3$	покази	$\mu \times 10^3$	покази	$\mu \times 10^3$	покази	$\mu \times 10^3$	покази	$\mu \times 10^3$	1	2	3	4	5	6	
5	0	0,18	7,62	0,14	6,87	0,11	6,11	0,06	3,33	0,16	7,62	0,16	7,62	11,24	9,33	11,22	5,56	11,24	11,24
6	1	0,64	30,48	0,52	24,76	0,48	26,67	0,36	14,44	0,64	30,48	0,64	30,48	29,00	23,57	21,50	12,00	29,00	29,00
7	2	1	47,62	0,84	40,00	0,62	34,44	0,34	18,89	1	47,62	1	47,62	44,76	37,81	31,78	18,44	44,76	44,76
8	3	1,32	62,86	1,15	54,76	0,75	41,67	0,46	25,56	1,32	62,86	1,32	62,86	61,52	52,06	42,06	24,89	61,52	61,52
9	4	1,58	75,24	1,32	62,86	0,9	50,00	0,54	30,00	1,58	75,24	1,58	75,24	78,29	66,29	52,33	31,33	78,29	78,29
10	5	1,76	83,81	1,48	70,48	1,02	56,67	0,68	37,78	1,76	83,81	1,76	83,81	83,81	70,48	56,67	37,78	83,81	83,81
11	6	1,92	91,43	1,62	77,14	1,1	61,11	0,75	41,67	1,92	91,43	1,92	91,43	91,43	77,14	61,11	41,67	91,43	91,43
12	7	2,1	100,00	1,85	86,10	1,2	66,67	0,84	46,67	2,1	100,00	2,1	100,00	100,00	86,10	66,67	46,67	100,00	100,00
13	8	2,28	108,57	1,98	94,29	1,3	72,22	0,94	52,22	2,28	108,57	2,28	108,57	108,57	94,29	72,22	52,22	108,57	108,57
14	9	2,42	115,24	2,26	107,62	1,4	77,78	1,02	56,67	2,42	115,24	2,42	115,24	115,24	107,62	77,78	56,67	115,24	115,24
15	10	2,6	123,81	2,42	115,24	1,6	83,33	1,12	62,22	2,6	123,81	2,6	123,81	123,81	115,24	83,33	62,22	123,81	123,81
16	15	3,6	186,67	3,68	127,62	1,8	105,56	1,42	78,89	3,6	186,67	3,6	186,67	186,67	127,62	105,56	78,89	186,67	186,67
17	20	4,2	200,00	3,24	154,29	2,3	127,78	1,82	101,11	4,2	200,00	4,2	200,00	200,00	154,29	127,78	101,11	200,00	200,00
18	25	4,74	225,71	3,65	173,81	2,5	138,89	1,98	110,00	4,74	225,71	4,74	225,71	225,71	173,81	138,89	110,00	225,71	225,71
19	30	5,28	251,43	3,92	186,67	2,8	155,56	2,2	122,22	5,28	251,43	5,28	251,43	251,43	186,67	155,56	122,22	251,43	251,43
20	40	5,84	278,10	4,42	210,48	3,14	174,44	2,64	146,67	5,84	278,10	5,84	278,10	278,10	210,48	174,44	146,67	278,10	278,10

Рисунок 6.16 – Лист Введення даних файлу elastoplastometr.xls

6.6 Автоматизована обробка експериментальних даних, отриманих на пенетрометрі «Labor»

Для автоматизації розрахунків граничної напруги зсуву використовується файл penetrometr.xls. Файл містить такі листи:

- введення даних;
- шість листів для математичної обробки даних;
- вихідні дані.

Файл розрахований на шість графічних залежностей (12 експериментальних точок для кожної). Для кожної графічної залежності розроблено блок введення даних та листи математичної і статистичної обробки даних.

Порядок введення даних:

- на листі введення даних (рис. 6.17) у поля синього кольору ввести назву параметра, що досліджується (це може бути назва

харчової добавки, температура зберігання та ін.), тобто формат назви довільний;

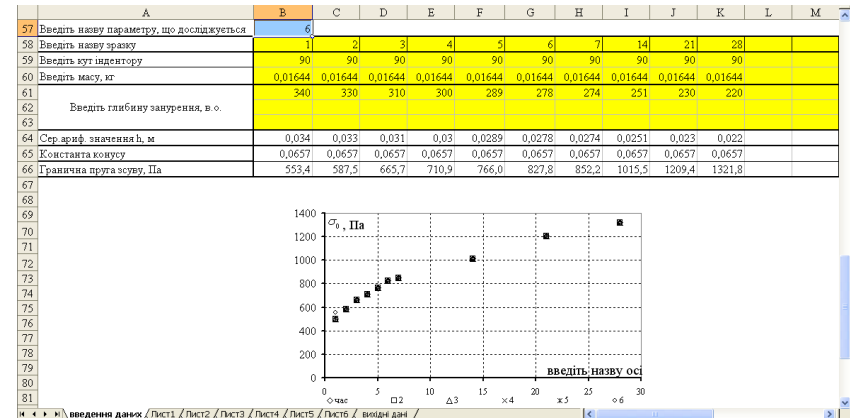


Рисунок 6.17 – Лист Введення даних файлу penetrometr.xls

- у поля жовтого кольору ввести назву зразка (числовий формат) – це може бути концентрація речовини, значення температури, час та ін.;
- ввести кут індентора, що використовується для дослідження систем;
- ввести масу індентора (у кг);
- ввести значення глибини занурення індентора (у в.о.). Як правило, проводять три вимірювання, значення знімають по шкалі пенетрометра екрану спостереження в в.о.;
- після введення глибини занурення автоматично в незабарвлених полях розраховується середньоарифметичне значення в м;
- автоматично з листа Вихідні дані виводиться значення константи конуса індентора на основі введеного значення кута індентора;
- гранична напруга зсуву розраховується автоматично за формулою (6.23), результати розрахунку виводяться на діаграмі на листі Введення даних;
- листи 1...6 призначені для математичної обробки експериментальних даних. Номер листа відповідає порядку блоку

введення даних на листі введення даних. Апроксимація експериментальних даних здійснюється автоматично (алгоритм розрахунку – див. розділ 6.2).

Для опису результатів експериментальних даних рівнянням регресії необхідно:

- ввести в поле А9 на листах Лист 1...6 назву аргументу (наприклад, концентрація, %);
- проаналізувати дані таблиці, розміщеної в полях А3:D7, та вибрати необхідне рівняння регресії;
- додати графік у вигляді лінії без маркерів на діаграму на листі Введення даних. Значення, за якими необхідно побудувати графік, розраховуються за рівнянням регресії в рядку Апроксимована, аргумент функції можна ввести з рядку 9 листів 1...6;
- ввести назву осі на діаграмі та відредагувати останню.

Чітко дотримуючись вказаних правил роботи, можна за короткий проміжок часу обробити значну кількість експериментальних даних.

Перелік джерел посилання до розділу 6

1. Гончаров А. Excel 7.0 в примерах. – СПб. : Питер, 1996. – 256 с.
2. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.
3. Мур Джеффри, Уэдерфорд Ларри. Экономическое моделирование в Microsoft Excel / 6-е изд. : пер с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1024 с. : ил.
4. Топольник В.Г., Ратушний О.С. Математико-статистична обробка результатів досліджень кулінарної продукції : учбов. посібник. – Донецьк : ДДКІ, 1997. – 167 с.

7. МЕТОДИ ОЦІНКИ ОКРЕМИХ ВИДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

7.1 Методи оцінки м'ясних продуктів

У продукції, яку виробляють підприємства м'ясопереробної промисловості, контролюються фізико-хімічні показники, регламентовані нормативною документацією. Контроль цих показників дозволяє виявити невідповідність якості продукції установленим вимогам, а також порушення технологічного процесу. До фізико-хімічних показників, які контролюються у м'ясопродуктах, належать: вміст білка, жиру, вологи, нітриту натрію, фосфору, крохмалю, кухонної солі та залишкова активність кислої фосфатази, триптофану й оксипроліну.

Контроль вмісту **білка** пов'язаний із необхідністю виявлення фальсифікації продукції, коли заміняється частина м'ясної сировини нем'ясною (крохмаль, пшеничне борошно, соєве борошно, ізоляти та ін.). Вміст білка визначають методом К'ельдаля. За вмістом амінокислоти **триптофану** роблять висновок про присутність у продукті м'язової тканини. За вмістом амінокислоти **оксипроліну** контролюють виявлення порушення рецептури шляхом зміни співвідношення м'язової і сполучної тканин. Вміст амінокислот визначають після гідролізу лужного або кислотного з наступним хроматографічним визначенням їхнього вмісту.

Контроль вмісту **жиру** пов'язаний із необхідністю виявлення фальсифікації продукту, що відбувається під час часткової заміни м'ясної (білковмісної) сировини жировмісною. Цей контроль особливо актуальний у виробництві варених ковбасних виробів. Вміст жиру визначають методом Сокслета.

Нітрит натрію діє на мікроорганізми як інгібітор, а також стабілізує колір м'ясних виробів. Ця речовина має акумулятивну здатність, тобто може накопичуватися в організмі людини, тому необхідним є контроль за його вмістом у продуктах. Нітрит натрію визначають фотоколориметрично залежно від інтенсивності забарвлення, що утворюється під час взаємодії сульфаніlamіду й N-(1-нафтил)-етиленамін-дигідрохлориду з нітритом.

Вода – один із рецептурних компонентів, що формує реологічні й органолептичні властивості м'ясних виробів (консистенцію, ніжність, соковитість, смакові характеристики), впливає на тривалість зберігання продуктів, а також бере участь у структуроутворенні ковбасних виробів. Контроль вологи спрямований на забезпечення:

- дотримання режимів і термінів зберігання продуктів;
- відповідності органолептичних показників вимогам, регламентованим нормативною документацією. Вміст вологи визначають методом висушування.

Фосфати (суміші солей натрію та фосфорної кислоти) передбачені рецептурами деяких видів м'ясних виробів, зокрема варених ковбас, сосисок, сарделок і м'ясних хлібів. Фосфати сприяють:

- набряканню м'язових білків;
- збільшенню вологоутримуючої здатності;
- збільшенню виходу виробів;
- забезпеченню стійкості жирових емульсій;
- поліпшенню структури фаршу.

Надмірне додавання фосфатів змінює рН фаршу. При $\text{pH} > 6,5$ продукт має неприємний присмак, збільшується його твердість. Метод визначення загального фосфору ґрунтується на мінералізації наважки, реакції взаємодії фосфору з монованадатом амонію і гептамолібдатом амонію з утворенням сполуки жовтого кольору і фотометричному вимірюванні оптичної густини при довжині хвилі 430 нм.

Крохмаль картопляний або кукурудзяний, а також **борошно пшеничне** додають у м'ясні фарші для утримання вологи після теплової обробки в результаті процесу клейстеризації. Найбільш ефективно їхнє використання в технологіях низькосортних ковбас, що містять значну кількість сполучної тканини. Крохмаль і борошно впливають на якість готових виробів шляхом зниження їхньої біологічної цінності, надання монолітності виробам, збільшення їхнього виходу і здешевлення вартості.

Перевищення норми крохмалю і борошна у фаршевій структурі спричиняє утворення гумоподібної консистенції і погіршення смаку. Вміст крохмалю визначають за глюкозою методом Бертрана або йодометричним методом після повного гідролізу крохмалю.

Кухонна сіль (натрій хлорид) вноситься в рецептуру м'ясних продуктів як засолювальний матеріал, що передбачає бактеріостатичну дію. Кухонна сіль виконує такі функції:

- є речовиною, що підвищує стійкість продуктів під час зберігання, збільшуючи терміни їхнього зберігання;
- є смаковою речовиною і реагентом розчинення міофібрилярних білків;
- є речовиною, що збільшує вологоутримувальну здатність білків м'яса;
- є стабілізатором кольору м'ясних виробів.

Контроль вмісту кухонної солі спрямований на запобігання погіршення органолептичних характеристик готового продукту. Вміст кухонної солі визначають методом Мора.

Кисла фосфатаза – фермент, залишкова активність якого свідчить про якість проведеної теплової обробки. Метод визначення активності кислої фосфатази полягає у фотометричному визначенні в продукті інтенсивності забарвлення, що утворюється залежно від залишкової активності кислої фосфатази вираженою масовою часткою фенолу.

Сировиною для закладів ресторанного господарства є м'ясо охолоджене та заморожене. Для контролю якості м'яса використовують контрольну варку бульйону і при сумнівності якості м'яса проводять якісне визначення летких речовин – аміаку та сірководню.

Визначення аміаку (якісна реакція)

Метод ґрунтується на взаємодії аміаку, який утворюється при псуванні м'яса, із соляною кислотою і появі при цьому парів хлористого амонію.

Приготування реактиву Ебера. Змішують одну частину соляної кислоти з концентрацією 250 г/л, три частини етилового спирту з концентрацією 950 г/л і одну частину сірчаного ефіру.

У широку пробірку наливають 2–3 см суміші Ебера, закривають її пробкою і струшують 2–3 рази. Виймають пробку з пробірки і відразу ж закривають її іншою пробкою, через яку протягнута тонка скляна паличка із загнутим кінцем. На кінець палички має бути прикріплений шматочок досліджуваного м'яса. Досліджуваний об'єкт повинен мати температуру, найбільш

близьку до температури повітря лабораторії в момент проведення аналізу. М'ясо вводять в пробірку так, щоб не забруднити стінок пробірки і щоб воно перебувало на відстані 1–2 см від рівня рідини.

Через кілька секунд у результаті реакції аміаку із соляною кислотою утворюються пари хлористого амонію.

Інтенсивність реакції позначається так:

- реакція негативна;
- + реакція слабопозитивна (швидко зникають розпливчасті пари);
- ++ реакція позитивна (стійкі пари, що з'являються через кілька секунд після внесення м'яса в пробірку з реактивом);
- +++ реакція різко позитивна (пари з'являється відразу після внесення м'яса в пробірку з реактивом).

Визначення сірководню (якісна реакція)

Метод ґрунтується на взаємодії сірководню, що утворюється при псуванні м'яса, із сіллю плюмбуму з появою темного забарвлення внаслідок утворення сірчистого свинцю.

Приготування розчину солі плюмбуму. До розчину оцтовокислому плюмбуму з концентрацією 40 г/л додають розчин гідроксиду натрію з концентрацією 300 г/л до розчинення осаду гідрату оксиду плюмбуму, який спочатку утворюється (необхідно уникати великого надлишку луґу). Отриманий розчин фільтрують через паперовий фільтр. 15–25 г досліджуваного фаршу поміщають шаром у бюкс місткістю 40–50 мл. У бюксі підвішують горизонтально над фаршем смужку щільного фільтрувального паперу, на поверхню якого, звернену до фаршу, нанесені 3–4 краплі розчину свинцевої солі. Діаметр краплі 2–3 мм. Відстань між папером і поверхнею фаршу має бути 1 см. Бюкс закривають зверху кришкою, затискаючи фільтрувальний папір між кришкою і корпусом бюкса, і залишають стояти при кімнатній температурі.

Паралельно проводять контрольний аналіз без наважки продукту. Після закінчення 15 хв папір знімають і порівнюють його забарвлення із забарвленням паперу, змоченого тим же розчином солі плюмбуму (контрольний аналіз). При наявності в досліджуваному зразку вільного сірководню відбувається побуріння або почорніння ділянок паперу, змочених розчином солі плюмбуму.

Інтенсивність реакції позначають так:

- реакція негативна;
- ± сліди забарвлення краплі;
- + реакція слабопозитивна (буре забарвлення по краях краплі);
- ++ реакція позитивна (буре забарвлення всієї краплі, більш інтенсивне по краях);
- +++ реакція різко позитивна (інтенсивне темно-буре забарвлення всієї краплі).

7.2 Методи оцінки молочних продуктів

До основних фізико-хімічних показників якості продукції, яку виробляє молочна промисловість, належать показники, що контролюють переважно вміст білків, жиру, цукрів, ферментів, солей. Крім того, до показників якості молочних продуктів належать установлені нормативною документацією значення таких характеристик, як густина, термостійкість, точка замерзання, вміст сухих речовин і сторонніх домішок, а також кислотність.

Густина молока (*об'ємна маса*) – це відношення маси молока за температури +20 °С до маси того ж обсягу води за температури +4 °С. Густина має важливе значення при оцінюванні якості молока, тому що характеризує співвідношення всіх складових частин, що знаходяться в ньому, – білків, жирів, вуглеводів. Густина також є одним із показників натуральності або чистоти молока, оскільки в разі розведення його водою вона зменшується. Отже, показник густини також використовують для виявлення одного з видів фальсифікації молока. Густину молока визначають за допомогою ареометра.

Термостійкість молока також є одним із найважливіших показників його якості. Вона характеризує здатність білків молока певний час не коагулювати під час кип'ятіння. Термостійкість визначають методом алкогольної проби. Метод ґрунтується на впливі етилового спирту на білки молока, які повністю або частково денатурують при змішуванні рівних об'ємів молока зі спиртом.

Точку замерзання молока визначають для характеристики його натуральності. Свіже натуральне молоко має постійну встановлену точку замерзання. Отже, визначення точки замерзання молока дозволяє оцінити його доброякісність.

Кислотність молока є основним показником, за яким визначають свіжість молока, а також якість і правильність виготовлення молочнокислої продукції. У свіжому молоці, у якому мікроорганізми ще не встигли розмножитися, молочна кислота практично відсутня. Кислотність свіжого молока залежить також від наявності в ньому білків, лимонної кислоти, вуглекислоти, кислих, фосфорнокислих і лимоннокислих солей та інших кислих речовин. Під час зберігання молока кислотність зростає внаслідок утворення молочної кислоти при молочнокислому шумуванні. Кислотність може також знижуватися внаслідок фальсифікації молока (розведення його водою, додавання в нього соди) і за деяких захворювань тварин. Титровану кислотність молока визначають титрометричним методом у присутності індикатора.

Кислотність молочних продуктів може бути виражена двома показниками: кислотністю, що титрується (виражається у градусах Тернера для молока, вершків та інших молочних продуктів і в градусах Кетсторфера для вершкового масла), і концентрацією водневих іонів (величина рН).

Вміст жиру також є одним із найважливіших показників доброякості молока і молочних продуктів. У разі збирання вершків або розведення молока водою, сироваткою або склотинами, як різними видами фальсифікації молока, вміст жиру в ньому зменшується, що відбивається на якості продукту. Вміст жиру у вершковому маслі є основним показником його якості, тому що вершкове масло – це продукт, що складається переважно з молочного жиру. Вміст жиру в молоці визначають методом Гербера.

Білок молока є найціннішою з харчової і біологічної точки зору його частиною. Крім того, під час порівняно невеликого збільшення цього показника без зміни вмісту жиру істотно зростає вихід сирів і сирної маси, що виготовляють з такого молока. Вміст білка в молоці визначають методом К'ельдаля.

Лужна і кисла фосфатази – ферменти, залишкова активність яких свідчить про якість проведеної теплової обробки продукту. За рівнем активності залишкової лужної фосфатази можна зробити висновок про повноту пастеризації молока. Цей фермент інактивується під час теплової обробки, що є індикатором про знищення в ньому патогенних бактерій і вірусів.

Наявність **пероксидази** в продукті також свідчить про його недостатню теплову обробку, тому що під час пастеризації пероксидаза, як і фосфатаза, руйнується (за температури +75 °С і вище).

У низці випадків молоко (а іноді й вершки і сметана) фальсифікують шляхом додавання сторонніх речовин. Зазвичай ці речовини додають до продукту для надання йому нормального вигляду і смаку (додавання крохмалю) або ж для зниження його кислотності (додавання соди). У цьому разі для контролю якості молока необхідно також визначати наявність у ньому цих *сторонніх речовин*.

7.3 Методи оцінки рибних продуктів

До основних фізико-хімічних показників якості продукції, яку виробляє рибна промисловість, залежно від виду продукції і способу обробки риби, відносять вміст летких азотистих основ, сірководню, вологи, жиру, кухонної солі та буферну ємність.

Специфічними показниками якості рибної продукції є:

- для маринованої – вміст оцтової кислоти;
- для солоної – ступінь дозрівання; вміст солі;
- для в'яленої, сушеної і копченої риби – вміст вологи (цей показник установлений також для ікр'яних продуктів);
- для копченої риби – ступінь її прокопченості;
- для ікр'яних продуктів – вміст бури і борної кислоти, уротропіну, піску та важких металів.

Під час дозрівання солоної риби відбувається гідролітичний розпад білків (протеоліз) та жиру, продукт набуває характерного смаку й аромату. Пілоричний придаток риби містить ферменти – трипсин, пепсин, які беруть участь у розщепленні білків. Про ступінь дозрівання судять за показником **буферної ємності** (табл. 7.1). Буферна ємність – це здатність розчину опиратися зміні рН. Градус буферної ємності – це кількість мілілітрів 0,1 моль/л розчину лугу NaOH, що витрачається на титрування, щоб змінити реакцію середовища на задану величину.

Визначення буферної ємності солоної риби

Наважку фаршу риби 10 г переносять у порцелянову чашку, додають 10 мл гарячої дистильованої води і ретельно розтирають

скляною паличкою. Суміш переносять гарячою водою в мірну колбу на 100 мл, заповнюють колбу киплячою водою до 2/3 її об'єму, струшують і витримують 5 хв на водяній бані. Колбу охолоджують до кімнатної температури, доводять об'єм до риски і фільтрують через паперовий фільтр у дві конічні колби (№ 1 і № 2) на 50 мл.

Із колб № 1 і № 2 відбирають по 10 мл фільтрату. У колбі № 1 фільтрат титрують 0,1 моль/л розчином NaOH з 3 краплями фенолфталеїну до слабо-рожевого забарвлення. У колбу № 2 додають 10 крапель розчину тимолфталеїну і титрують 0,1 моль/л розчином NaOH до блакитного забарвлення.

Буферну ємність у градусах розраховують за формулою:

$$BE = (V_1 - V_2) \cdot 100, \quad (7.1)$$

де V_1 – об'єм 0,1 моль/л розчину лугу, що витрачається на титрування з тимолфталеїном, мл;

V_2 – об'єм 0,1 моль/л розчину лугу, що витрачається на титрування з фенолфталеїном, мл.

Таблиця 7.1 – Величини буферної ємності солоної риби*

Продукт	Буферна ємність, градуси		
	Початок дозрівання	Дозрівання	Перезрівання (більше град)
Оселедець атлантичний	120–150	150–220	220
Оселедець тихоокеанський	60–100	100–180	180
Оселедець івасі	120	120–190	190
Оселедець балтійський	110–120	130–220	220
Скумбрія нерозроблена	120	120–190	190
Скумбрія розроблена	120	120–190	190
Ставрида нерозроблена	90	90–180	180
Ставрида розроблена	90	90–150	150
Сардинела нерозроблена	140	140–200	200
Сардинела розроблена	125	125–200	200
Салака	130–160	160–200	200
Балтійська кілька	100–130	130–180	180

Примітка. * Якщо значення буферної ємності менше початку дозрівання, вважається, що дозрівання відсутнє.

За вмістом *летких азотистих основ і сірководню*, що є кінцевими продуктами розпаду білків риби, визначають псування риби і рибопродуктів. Визначення ознак псування риби проводять шляхом якісного визначення летких речовин – аміаку та сірководню (аналогічно визначенню ознак псування у м'ясі).

Вміст кухонної солі є загальним показником якості для всіх видів рибопродуктів (крім свіжої, мороженої й охолодженої риби). Кухонна сіль є засолювальним компонентом риби, стабілізуюча дія якої ґрунтується на підвищенні гідратаційної здатності білків, збільшенні вологоутримувальної здатності м'язової тканини риби. Вміст кухонної солі впливає на термін зберігання, а також на смак готових рибних продуктів. Співвідношення кухонної солі з ліпідами, білками і водою в копчених рибних продуктах впливає на їхній аромат. Однак контроль вмісту кухонної солі в рибопродуктах необхідний через те, що перевищення її концентрації у тканинах м'яса риби порівняно з нормованим значенням погіршує органолептичні властивості готового продукту. Вміст кухонної солі визначають методом Мора.

Вміст жиру є одним із найважливіших показників якості рибної продукції. Це пов'язано з тим, що до складу жирів риб входить значна кількість ненасичених жирних кислот, лінолева, ліноленова й арахідонова кислоти обумовлюють високу харчову цінність риби. Вміст жиру визначають методом Сокслета.

Вміст оцтової кислоти контролюється в солоній і маринованій рибі через те, що перевищення її норми впливає на рН м'яса риби, знижуючи гідратаційну здатність його білків, що призводить до погіршення органолептичних характеристик готового продукту (м'ясо стає більш сухим і твердим, не кажучи вже про його кислий смак). Вміст оцтової кислоти визначають титрометрично у присутності індикатора.

Вміст вологи у м'ясі в'яленої, копченої і сушеної риби, а також в ікр'яних продуктах впливає на органолептичні властивості. Відхилення вмісту вологи від установленної норми спричиняє погіршення органолептичних характеристик цих видів рибних продуктів, а також зміну термінів їхнього зберігання, тому що волога є сприятливим середовищем для розвитку мікрофлори, продукти життєдіяльності якої можуть призвести до псування риби.

Ступінь прокопченості базується на вмісті в рибі продуктів пірогенетичного розкладання дерева, серед яких *феноли* (одноатомні – крезолі; багатоатомні – пірокатехін, гідрокінон, гваякол тощо), що мають антиокисну і бактерицидну дію, та деякі *альдегіди* (зокрема, формальдегід). Ці речовини додають рибі специфічного смаку та аромату копченості. У разі збільшення або зменшення вмісту копильних речовин у продуктах (норма – кілька мікрограмів на 100 г продукту) копчені вироби отримують невластиві їм відразливі відтінки запахів (хімічні, дьогтю тощо) або аромат копчення стає неповним і невираженим.

Бура, борна кислота й уротропін є консервувальними речовинами, які використовують у виробництві ікр'яних продуктів. У зв'язку з тим, що ці речовини не є харчовими, а підвищення їхньої концентрації може впливати на організм людини, їхня кількість в ікр'яній продукції обов'язково контролюється.

7.4 Методи оцінки плодоовочевої продукції

До продуктів переробки плодів та овочів належать маринована та квашена продукція, повидло, джеми, варення, сухофрукти, заморожені плоди й овочі і крохмалепродукти. Враховуючи значну різноманітність плодоовочевої продукції, до основних фізико-хімічних показників плодоовочевої продукції відносять: вміст вологи, солі кухонної, розчинених речовин, кислотність. До специфічних фізико-хімічних показників відносять: вміст жиру, овочів нетто, сорбінової кислоти, загальний вміст сірчистої кислоти, мінеральних та рослинних домішок.

Вміст вологи у плодоовочевій продукції контролюється з метою повноти вкладення рецептурних компонентів та дотримання терміну зберігання продукції. **Вміст кухонної солі** визначає смакові властивості продукції та впливає на термін зберігання. **Вміст розчинених речовин** визначає повноту вкладення рецептурних компонентів та смакові властивості. Для цього використовують рефрактометричний метод. **Кислотність** плодоовочевої продукції, так само, як і об'єктів інших харчових виробництв, може характеризуватися двома показниками:

активна кислотність (величина рН) і титрована кислотність. Показник титрованої кислотності перераховують на вміст яблучної, лимонної, оцтової, молочної кислоти, залежно від домінуючої кислоти в продукті. Кислотність визначає термін зберігання продукції: чим вища кислотність, тим довший термін зберігання.

Визначення **вмісту жиру** здійснюється для встановлення повноти вкладення рецептурного компоненту; оцінюється у таких продуктах, як баклажани, перець, томати фаршировані, голубці. Застосовують метод Сокслета.

Сорбінова кислота є консервантом у плодоовочевій продукції, яка має обмеження щодо кількості використання у складі харчової продукції, тому її вміст контролюється. Метод ґрунтується на здатності малонового альдегіду, в який окислюється сорбінова кислота в кислому середовищі, утворювати забарвлений комплекс з тіобарбітуровою кислотою.

Вміст загальної сірчистої кислоти контролюється в повидлі, джеми, варенні. Сірчиста кислота є хімічним консервантом, а також інгібітором процесів карамелізації. Вона має обмеження щодо кількості використання у складі харчової продукції, тому її вміст контролюється.

7.5 Методи оцінки хлібобулочних та кондитерських виробів

До основних фізико-хімічних показників якості продукції, яку виробляє кондитерська промисловість, належать такі показники, як вміст вологи, цукрів та редукованих речовин, жиру, кислотність і лужність. До основних фізико-хімічних показників хлібобулочних виробів відносять: вміст вологи, жиру, цукрів, пористість, кислотність. Крім основних показників якості в окремих видах кондитерських виробів контролюють також специфічні показники, такі як твердість (для пастильних виробів – пастила, зефір), визначення гранулометричних характеристик (для шоколадної маси), масова частка загальної сірчистої кислоти (для виробів із фруктовими і ягідними начинками), масова частка сорбіту та рівень

намочуваності (для окремих видів борошняних кондитерських виробів – печива), у хлібобулочних – здатність до набрякання у сухарів та бубличних виробів.

Вміст вологи у кондитерських виробках значною мірою характеризує якість готових виробів, а саме:

- визначає структурно-механічні властивості кондитерських виробів;
- впливає на в'язкість карамельної, помадної і лікерної мас та їхню здатність до кристалізації, а отже, і на якість готових виробів;
- впливає на якість какао тертого (існує пряма залежність між його вологістю і в'язкістю);
- впливає на процес тістоутворення при виробництві борошняних кондитерських виробів;
- впливає на вартість багатьох видів сировини і напівфабрикатів, що використовуються в кондитерському виробництві.

Вологість визначає споживчі властивості хліба. Надмірно висока вологість пов'язана зі зменшенням поживності хліба. У цьому разі хліб має вологу тверду м'якушку. Занадто низька вологість також викликає погіршення консистенції і смаку хліба. **Вміст вологи** у хлібі визначають також для розрахунку його виходу і перевірки правильності ведення технологічного процесу – точності дозування основної сировини (борошна) і води. Вологість у хлібобулочних виробках зазвичай визначається тільки у м'якушці, а в бубличних виробках і сухарях – у цілому виробі разом зі скоринкою.

Вміст цукру впливає на протікання багатьох технологічних процесів і на якість готової продукції. В об'єктах кондитерського виробництва поряд із сахарозою міститься багато інших цукрів: глюкоза, фруктоза, мальтоза, лактоза та ін. Вміст цукрів визначають методом Бертрана або йодометричним методом. Вміст цукру в кондитерських виробках впливає на:

- органолептичні властивості готового продукту;
- в'язкість і здатність до кристалізації карамельної маси, що визначає залежність якості готової карамелі від вмісту цукру;
- смак готового продукту у виробництві шоколадних мас;

- процес тістоутворення у виробництві борошняних кондитерських виробів, оскільки цукор обмежує набрякання білків (із його введенням тісто стає м'яким і в'язким, замінюючи органолептичні властивості готових кондитерських виробів, а його надлишок призводить до прилипання тіста до поверхні формувальних машин);

- рівень намочуваності готових виробів (цукри, крім сахарози, роблять їх більш розсипчастими і м'якими);

- стійкість до бродіння сиропів, фруктових начинок (висока концентрація цукру виконує консервувальну дію).

Жир входить до складу більшості кондитерських виробів. Його вміст у цих виробках коливається в широких межах. Вміст жиру в пралинових цукеркових масах, у шоколаді значною мірою впливає на їхні структурно-механічні властивості. Важливе значення має жир і в процесі тістоутворення під час виробництва борошняних кондитерських виробів. Введення жиру в тісто обумовлює його більшу пластичність, а вироби стають розсипчастими, шаруватими. Для кондитерських та хлібобулочних виробів вміст жиру та цукру перераховується на суху речовину. Вміст жиру визначають методом Сокслета.

Лужність борошняних кондитерських виробів – це показник якості, який визначає кількість введених до складу кондитерських виробів хімічних розпушувачів, що мають лужну реакцію. Надлишок розпушувачів призводить до появи лужного присмаку. Лужність виражають у градусах.

Кислотність об'єктів кондитерського виробництва, як і об'єктів інших харчових виробництв, може характеризуватися двома показниками: активною кислотністю (величина рН) і титрованою кислотністю. Для контролю якості кондитерських виробів використовується здебільшого показник титрованої кислотності і тільки в деяких об'єктах визначають рН (наприклад, під час контролю якості какао-порошку). Кислотність виражають у градусах і відсотках.

Кислотність хлібобулочних виробів дозволяє судити про їхню якість, зокрема смакові характеристики, а також правильність проведення технологічного процесу. Вона обумовлена переважно

наявністю в хлібі продуктів, що утворюються в результаті процесу бродіння тіста, у т. ч. продуктів життєдіяльності дріжджів і бактерій, а також вуглекислоти, молочної, оцтової, мурашиної та інших кислот.

Пористість є фізико-хімічним показником хлібобулочних виробів, що характеризує їхню якість. Чим вища пористість хліба, тим краще він засвоюється організмом людини. Під пористістю розуміють відношення обсягу пор м'якушки до загального обсягу хлібної м'якушки, вираженому у відсотках. Пористість м'якушки хліба визначають методом Журавльова.

Визначення пористості хліба

Пористість хліба визначають за допомогою приладу Журавльова (рис. 7.1). Від половини хліба відрізають шматок на відстані 1 см від скоринки. Заповнюють м'якушем циліндр приладу Журавльова. Циліндр розміщують у лотку. За допомогою дерев'яного поршня виштовхують м'якушку і відрізають її ножем по краю циліндра. Для хліба із пшеничного і пшенично-житнього борошна роблять три виїмки, для хліба із житнього борошна роблять чотири виїмки.

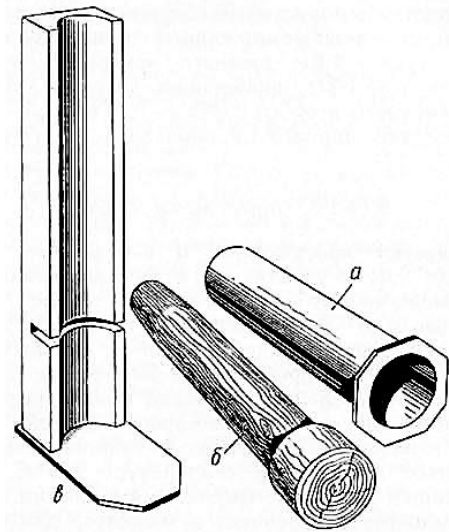


Рисунок 7.1.
Прилад Журавльова

Приготовлені 3–4 виїмки зважують на терезах з точністю до 0,01 г. Розраховують пористість з точністю до 1 %.

Об'єм виїмки визначають за формулою:

$$V = \frac{3,14 \cdot d^2 \cdot h}{4}, \quad (7.2)$$

де d – внутрішній діаметр циліндра в см; h – довжина циліндра хлібної м'якушки в см.

Пористість розраховують за формулою:

$$X = \frac{V_{заг.} - m}{V_{заг.} \cdot \rho} \cdot 100, \quad (7.3)$$

де $V_{заг.}$ – загальний об'єм виїмок хліба, см³; (наприклад, $27 \cdot 3 = 81$ см³)
 m – загальна маса виїмок, г; ρ – густина безпористої маси м'якушки.

Густина дорівнює: для хліба з житнього, житньо-пшеничного і оббивного борошна – 1,21; для пшеничного із борошна II сорту – 1,26; для пшеничного із борошна I сорту – 1,31; для житнього заварних сортів – 1,27.

Вміст кухонної солі впливає на гідратаційну здатність білків борошна (зі збільшенням її вмісту ця здатність збільшується), що можуть використовувати для збільшення виходу готових хлібобулочних виробів з недовкладенням основної сировини з метою фальсифікації продукції. Крім того, перевищення вмісту кухонної солі негативно впливає на смакові властивості готового продукту.

Здатність до набрякання – специфічний показник якості для хлібобулочних виробів, що відрізняються зниженим вмістом вологи (сухарі). Набрякання визначається здатністю виробів адсорбувати воду. Контроль цього показника пов'язаний з тим, що набухання є одним з найважливіших показників якості бубличних виробів і сухарів за рахунок зміни фізичних властивостей цих продуктів.

Вміст загальної сірчистої кислоти контролюється у виробках із фруктовими і ягідними начинками в печиві. Сірчиста кислота є хімічним консервантом, а також інгібітором процесів карамелізації та меланоїдиноутворення, що забезпечує відсутність потемніння виробів під час термообробки. Однак надлишковий вміст сірчистої кислоти в кондитерських виробках недопустимий через те, що ця речовина не є харчовою, а підвищена її концентрація чинить негативний вплив на організм людини. Вміст загальної кількості сірчистої кислоти визначають шляхом титрування. Метод ґрунтується на переводі вільного та зв'язаного сірчистого ангідриду в натрієву сіль сірчистої кислоти.

Намочуваність є методом контролю якості печива і галет, що характеризує пористість печива. Чим вища швидкість намочуваності, тим вища якість печива. Намочуваність характеризується

відношенням маси виробу після намокання до маси сухого виробу і виражається у відсотках.

7.6 Методи оцінки безалкогольних напоїв

До основних фізико-хімічних показників безалкогольних напоїв належать: вміст сухих речовин, двоокису вуглецю, етилового спирту, стійкість і кислотність. До специфічних – вміст іонів солей, які визначаються у мінеральній воді. **Двоокис вуглецю** – важливий компонент у складі мінеральних вод та інших газованих безалкогольних напоїв, оскільки він бере участь у формуванні їх смаку, освіжає, втамовує спрагу, підвищує стійкість напоїв. Вміст двоокису вуглецю визначають манометричним методом шляхом вимірювання рівноважного тиску в газовому просторі пляшки за певної температури.

За **вмістом сухих речовин** судять про повноту вкладення рецептурних компонентів і правильність ведення технологічного процесу виробництва квасу та інших напоїв бродіння. Вміст сухих речовин визначають рефрактометричним шляхом або за допомогою ареометра. Для виробництва безалкогольних напоїв використовують лимонну, виннокам'яну, винну, ортофосфорну, аскорбінову і молочну кислоти, вміст яких контролюється за величиною **кислотності** в перерахунку на превалюючу кислоту.

Вміст спирту визначають у напоях як показник дотримання параметрів технологічного процесу (у напоях бродіння). У соках – це показник якості сировини, з якої його отримали. Вміст спирту визначають після його дистиляції визначенням відносної густини дистиляту пікнометрично.

Стійкість напоїв – це час (кількість діб), що минув з моменту розливу до появи каламуті або осаду хоча б в одній пляшці. Зниження стійкості напоїв супроводжується збільшенням кислотності та зниженням кількості сухих речовин. У природних мінеральних водах нормується **вміст іонів солей** (карбонатних і гідрокарбонатних, хлорид-іонів та сульфат-іонів). Визначення вмісту іонів солей здійснюється шляхом титрування.

7.7 Методи оцінки олій та жирів

До продуктів, які виробляються олієжировою промисловістю, належать олії, тваринні жири, маргарин, кухонні жири та майонез. З огляду на це поряд із загальними для всіх жирових продуктів показниками якості існує низка специфічних, характерних для окремих видів цієї групи продукції відповідно до їхніх фізико-хімічних властивостей.

До основних фізико-хімічних показників якості продукції олієжирової промисловості належать відносна густина, в'язкість, температура плавлення (застигання), показник заломлення, забарвленість, вміст вологи і летких речовин, кислотне число, число омилення, вміст неомилюваних речовин, йодне число, пероксидне число й анізідінове число та деякі інші.

Специфічним показником для рідких олій є кількість нежирових домішок або відстою. Для маргарину специфічними фізико-хімічними показниками є вміст кухонної солі, жиру та стійкість емульсії.

Густина жирів і олій залежить від виду жирних кислот, що входять до складу гліцеридів. Зі збільшенням молекулярної маси густина жиру зменшується, а зі збільшенням ступеня ненасиченості – зростає. Продукти окислювання підвищують густина жирів. З підвищенням вмісту фосфатидів густина олій також збільшується. Отже, густина жирів вимірюють для контролю вмісту в них продуктів окислювання і фосфатидів. Густина олій визначають за допомогою пікнометра.

В'язкість (динамічна в'язкість) жиру чи олій тим вища, чим більше в його складі жирних кислот із високою молекулярною масою (насичених). В'язкість залежить від температури і знижується з її підвищенням. За тривалого нагрівання в'язкість помітно збільшується. В'язкість олій визначають за допомогою скляного віскозиметра.

Температура плавлення (застигання) жирів залежить від їхнього хімічного складу. У твердих жирів відсутня чітка точка плавлення, тому постерігаються дві межі плавлення, що пояснюється поліморфізмом (здатністю твердих жирів існувати в декількох кристалічних формах). У характеристиках жирів часто вказують

не температуру плавлення, а температуру застигання. Визначення температури застигання використовується для оцінки чистоти жирів.

Величина **показника заломлення** залежить від природи жиру і тим вища, чим більше в складі жиру ненасичених жирних кислот. Показник заломлення зростає під час нагромадження в жирі сполучених подвійних зв'язків (під час термоокислення). Показник заломлення визначають за допомогою рефрактометра.

Колір жирів обумовлений наявністю в них жиророзчинних пігментів. Найінтенсивніше забарвлення має нерафінована олія. Отже, кольоровість є кількісною і якісною характеристикою складу пігментного комплексу олії (жирів) і показником ступеня очищення рафінованої олії від супутніх пігментів. Суть методу полягає в порівнянні інтенсивності забарвлення олії, що досліджується, із забарвленням стандартних розчинів йоду.

Під **вологою і леткими речовинами** жирів розуміють усі речовини, леткі до температури +105 °С (зокрема й незв'язана вода, що міститься в жирах). Підвищена кількість вологи призводить до зниження якості продукту та стійкості під час зберігання.

Кислотне число показує ступінь розщеплення жиру, тобто характеризує вміст у ньому вільних жирних кислот та інших титрованих лугом речовин. Кислотність також є одним із показників гатунку олії, тому що вона зростає в результаті окислювання і гідролітичного розпаду нейтральної молекули тригліцериду до вільних жирних кислот. За кількістю вільних жирних кислот, що містяться в олії, можна судити про його свіжість. Під час зберігання і нагрівання жиру кількість вільних жирних кислот зростає.

Число омилення жиру залежить від молекулярної маси кислот, а також від вмісту речовин, які не омилюються, наявності вільних кислот, моно-, дигліцеридів та інших складних естерів (ефірів). У жирі речовини, які не омилюються, моно- і дигліцериди знижують, а вільні, низькомолекулярні кислоти і лактони підвищують число омилення. Число омилення є характерною величиною для ідентифікації жиру.

До **речовин, які не омилюються** і входять до складу жирів, належать токоферол, каротин, стерини, вуглеводні та інші речовини, які не омилюються їдкими лугами і добре розчинні

в петролейному естері. Кількість речовин, які не омилюються у жирах, є показником натуральності та чистоти продукту.

Йодне число є мірою частки ненасичених кислот, що входять до складу тригліцеридів жиру. Також використовується для контролю процесів окислення олій, які містять ненасичені жирні кислоти.

Пероксидне й анізідінове числа показують вміст у жирі гідропероксидів (первинних продуктів його окислювання) та альдегідів (вторинних продуктів його окислювання) відповідно і відображають зміни жиру в процесі зберігання. Визначення чисел та кількості неомилювальних речовин здійснюють методом титрування з використанням розчинників у присутності індикаторів.

Перелік джерел посилання до розділу 7

1. Барковський В.Ф., Городенцева Т.Б., Топорова Н.Б. Основи фізико-хімічних методів аналізу : підручник. – Москва : Вища школа, 1983. – 247 с.
2. Елнова С.Ф., Ловачева Г.Н., Успенская Н.Р. Контроль качества продукции общественного питания : учеб. пособ. – М. : Экономика, 1983. – 208.
3. Баранов В.С. Технология производства продуктов общественного питания. – М. : Экономика, 1982. – 399 с.
4. Методи контролю якості харчової продукції : навч. посібник. Ч. 1 / Черевко О.І., Крайнюк Л.М., Касілова Л.О. – Харків : ХДУХТ, 2005. – 230 с.
5. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М. : Колос, 2011. – 376 с.

■ 8. МЕТОДИ ОЦІНКИ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ

8.1 Методи оцінки напівфабрикатів

У січених напівфабрикатах м'ясних, із птиці, кролика, риби визначають такі основні фізико-хімічні показники: вміст вологи, вміст хліба, кухонної солі, жиру. У січених м'ясних напівфабрикатах визначають також вміст м'яса.

Вміст вологи показує повноту вкладення рецептурних компонентів та дотримання параметрів технологічного процесу. Вміст вологи визначається методом висушування. **Вміст кухонної солі** визначають методом Мора. **Вміст жирів** визначають екстракційно-ваговим методом (Сокслета), якщо жири перебувають у вільному стані, та методом Гербера, якщо жири перебувають у зв'язаному стані.

Вміст м'яса у січених напівфабрикатах ґрунтується на тому, що екстрактивні речовини м'яса з діазотованим білим стрептоцидом (або сульфаніловою кислотою) дають червоне забарвлення, інтенсивність якого залежить від вмісту м'яса. Інші компоненти напівфабрикатів і готових виробів (хліб, сухарі, сіль, перець, цибуля, рис, жир) такого забарвлення не утворюють.

Визначення вмісту м'яса у січених напівфабрикатах

Підготовка до випробування. Розчин білого стрептоциду: 0,5 г білого стрептоциду розчиняють у 99,5 мл розчину сірчаної кислоти з масовою часткою 5 % (замість білого стрептоциду можна використовувати сульфаніловою кислоту). Для приготування розчину нітриту натрію 0,5 г нітриту натрію розчиняють у 99,5 мл дистильованої води, фільтрують.

Для одержання розчину діазотованого білого стрептоциду змішують 1 об'єм розчину білого стрептоциду з масовою часткою 0,5 % в розчині сірчаної кислоти з 2 об'ємами розчину нітриту натрію з масовою часткою 0,5 %, ретельно перемішують. Реактив готовий до застосування через 2–3 хв і придатний протягом дня.

Визначення проводиться в порівнянні з контрольним зразком напівфабрикату чи готового виробу. Контрольний зразок готують

за нормативною рецептурою з того ж м'яса та інших компонентів, які використовують для зразка, що досліджується. Контрольний і дослідний зразки досліджують паралельно.

Зразок напівфабрикату попередньо прогрівають (кулінарні вироби не нагрівають), потім доводять до кімнатної температури і двічі пропускають через м'ясорубку. Відбирають пробу масою 10,0 г, поміщають її в суху порцелянову чашку діаметром 10–11 см, злегка притискають товкачем для утворення коржа діаметром 6–7 см (для рівномірного прогріву) і поміщають чашку в киплячу водяну баню на 20 хв, потім охолоджують на повітрі 5 хв.

Відмірюють циліндром 200 мл дистильованої води, невелику її кількість (близько 20 мл) доливають у чашку з наважкою, ретельно розтирають товкачем до кашкоподібного стану і за допомогою води, що залишилася в циліндрі, кількісно переносять пробу через воронку в суху конічну колбу на 250 мл. Колбу закривають притертою або гумовою пробкою і дуже енергійно струшують вручну 3–5 хв, потім залишають для відстоювання на 15–20 хв. Верхній шар (не збовтуючи) фільтрують у суху пробірку через подвійний сухий фільтр з повільно фільтруючого паперу «синя стрічка».

Піпеткою переносять 1 мл фільтрату в іншу суху пробірку і доливають послідовно піпетками 1 мл розчину карбонату натрію, перемішують, додають 1 мл діазотованого білого стрептоциду, перемішують, потім точно через 1 хв доливають піпеткою 5 мл 30 %-го етилового спирту й перемішують.

Через 2 хв після додавання спирту вимірюють оптичну густину утвореного червоного розчину на фотоелектроколометрі при зеленому світлофільтрі в кюветі на 5 мм. У кювету для порівняння наливають дистильовану воду.

Вміст м'яса в порції (X , г) січених напівфабрикатів визначають за формулою:

$$X = \frac{D_x \cdot C}{D_k}, \quad (8.1)$$

де D_x – оптична густина досліджуваного зразка;

D_k – оптична густина контрольного зразка;

C – маса м'яса (г) у порції контрольного зразка.

Визначення вмісту хліба в січених м'ясних напівфабрикатах

У напівфабрикатах із січеного м'яса кількість хліба визначають за крохмалем йодометричним і прискореним йодометричним методом.

Прискорений йодометричний метод ґрунтується на вимірюванні інтенсивності забарвлення розчину, отриманого при окисненні цукрів лужним розчином сульфату міді II (сумішшю розчинів Фелінга 1 і 2).

Приготування гідролізату. Від проби беруть наважку масою 5 г з точністю до 0,01 г в хімічний стакан або фарфорову чашку і додають 10 мл дистильованої води. Вміст склянки (чашки) розмішують склянкою паличкою і переносять в конічну колбу об'ємом 250 мл, змиваючи частинки, які прилипли до склянки (чашки) і палички. Загальна кількість води не має перевищувати 40 мл. У колбу з наважкою додають 30–35 мл розчину хлоридної кислоти з концентрацією 100 г/л, приєднують до водного чи повітряного холодильника, ставлять на плитку, підклавши під колбу азбестову сітку, і кип'ятять протягом 10 хв, рахуючи час із моменту закипання вмісту колби. Після 10 хв кип'ятіння колбу знімають з плитки, охолоджують струменем холодної води до кімнатної температури. Отриманий гідролізат нейтралізують до слабокислої реакції розчином гідроксиду натрію з концентрацією 150 г/л, використовуючи як індикатор краплю розчину метилового червоного з концентрацією 1 г/л.

Вміст колби після нейтралізації кількісно переносять у мірну колбу місткістю 250 мл, змиваючи прилипли до стінок частки. Для освітлення гідролізату й осадження білків додають піпеткою 3 мл розчину гексаціаноферрату (II) калію з концентрацією 150 г/л і 3 мл розчину сульфату цинку з концентрацією 300 г/л, доводять дистильованою водою до мітки, ретельно збовтують, дають осаду осісти, після чого фільтрують через сухий складчастий фільтр у суху колбу.

Проведення випробування. 25 мл гідролізату (при контрольному визначенні 25 дистильованої води) вносять у мірні колби місткістю по 100 мл, куди попередньо внесені піпеткою 30 мл суміші розчинів Фелінга 1 і 2, перемішують і кип'ятять 2 хв. Потім колбу охолоджують у холодній воді, доводять об'єм рідини до мітки дистильованою водою, перемішують і дають осісти осаду оксиду міді (I).

Отриманий після окислення забарвлений розчин у мірній колбі місткістю 100 мл або фільтрують через скляний фільтр № 4

для видалення осаду оксиду міді (I), або після нетривалого відстоювання обережно наливають у кювету товщиною 5 мм фотоелектроколориметра. Інтенсивність забарвлення вимірюють при довжині хвилі 630 нм проти дистильованої води. За оптичною густиною на калібрувальному графіку знаходять концентрацію цукру.

Побудова калібрувального графіка. Глюкозу доводять до постійної маси в сушильній шафі при 70 °С, зважують 1 г на аналітичних вагах з точністю до 0,001 г, переносять кількісно дистильованою водою в мірну колбу об'ємом 100 мл, доводять до мітки і ретельно перемішують (основний розчин).

У три мірні колби об'ємом по 100 мл піпеткою об'ємом 10 мл переносять відповідно 10, 20 і 30 мл основного розчину глюкози, доводять кожен колбу до мітки і перемішують. Так отримують розчини глюкози з масовою часткою відповідно 0,1; 0,2; 0,3 %.

Для проведення реакції у три мірні колби об'ємом по 100 мл вносять піпеткою по 30 мл суміші розчинів Фелінга 1 і 2 і по 25 мл розчину глюкози з масовою часткою 0,1 %, перемішують і кип'ятять на плитці 2 хв (рахуючи від початку появи бульбашок). Після кип'ятіння колби відразу ж охолоджують, доводять до мітки і після нетривалого відстоювання для осадження осаду оксиду міді (I) розчин колориметрують. Таким же способом проводять реакцію з розчинами глюкози з масовою часткою 0,2 і 0,3 %, а також з дистильованою водою.

За отриманими даними для кожного розчину розраховують середнє арифметичне значення оптичної густини і по ним будують калібрувальний графік. На осі абсцис відкладають концентрацію глюкози (С, г/л), на осі ординат – оптичну густину (D).

Обробка результатів випробування. Масову частку хліба (X, %) розраховують за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 2,5 \cdot 100 \cdot 0,9 \cdot 100}{m \cdot 48}, \quad (8.2)$$

де a – масова частка цукру, знайдена за градуювальним графіком у 100 г розчину;

m – маса наважки продукту, г;

2,5 – коефіцієнт, що враховує загальний обсяг розчину;

0,9 – коефіцієнт перерахунку глюкози на крохмаль;

48 – коефіцієнт перерахунку крохмалю на хліб (з огляду на масову частку вуглеводів у 100 г хліба).

Результати випробувань обчислюють з точністю до 0,1%. За результат випробування приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень, допустима розбіжність між якими не має перевищувати 0,5%.

У овочевих фаршированих напівфабрикатах (голубці, кабачки, баклажани, перець або помідори, фаршировані м'ясом і рисом) визначають якість фаршу. У фарші вимірюють вміст сухих речовин, жиру, кухонної солі і рису. Масову частку сухих речовин визначають шляхом висушування, жиру – методом Гербера.

Визначення вмісту рису у фаршах та напівфабрикатах

Визначення крохмалю проводять, як зазначено вище, зі збільшенням часу гідролізу до 30 хв. Масу рису у фарші (X , г на порцію) розраховують за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 0,9 \cdot P}{77,3}, \quad (8.3)$$

де a – масова частка редукованих цукрів, %;
0,9 – коефіцієнт перерахунку на крохмаль;
 P – маса страви, г;
77,3 – вміст вуглеводів у рисі, %.

У напівфабрикатах, таких як зрази, рулети, оладки, налисники та ін., до рецептурного складу входять яйця. Метод визначення вмісту яєць ґрунтується на взаємодії хлороформного розчину холестеролу з оцтовим ангідридом і сірчаною кислотою, унаслідок чого з'являється синьо-зелене забарвлення (реакція Лібермана – Бурхарда). Крім холестеролу, реакцію Лібермана – Бурхарда дають багато стеролів, зокрема ергостерол і сітостерол. Ненасичені стероли реагують швидше насичених. Забарвлені продукти визначають фотометричним методом.

Метод визначення кількості яєць (за Ліберманом – Бурхардом)

Наважку середньої проби виробу (10 г) розтирають у фарфоровій чашці з прожареним піском і підсушують у сушильній шафі при 100–105 °С протягом 20–25 хв. Висушену пробу розтирають товкачем і кількісно переносять 20 мл хлороформу в конічну ємність 100 для екстракції. У виробих з малою вологістю наважку розтирають з піском, відразу переводять у конічну колбу, куди додають 1 г безводного сульфату натрію і 20 мл хлороформу. Колбу

закривають пробкою з термометром і екстрагують стероли протягом 5 хв на водяній бані при 60–65 °С. Витяжку фільтрують через складчастий фільтр у мірну колбу об'ємом 50 мл. Екстракцію повторюють тричі, беручи щоразу по 10 мл хлороформу. Загальний об'єм хлороформного екстракту має становити 50 мл.

Екстракцію стеролів з тіста проводять так: наважку 15–17 г розчиняють у порцеляновій чашці з піском і сушать у сушильній шафі при температурі 105 °С. Висушену пробу розтирають до стану борошна і екстрагують ацетоном. З екстракту відганяють розчинник, осад підсушують і розчиняють у хлороформі, доводячи об'єм останнього до 100 мл.

У три пробірки з притертими пробками відбирають по 2,5 мл екстракту, додають по 1 мл оцтового ангідриду і нагрівають на водяній бані при температурі 55–60 °С 10 хв. Потім до суміші додають по 4 краплі концентрованої сірчаної кислоти, нагрівають 15 хв при температурі 32–35 °С і визначають оптичну густину досліджуваного розчину проти хлороформу у фотоелектроколометрі при довжині хвилі 630 нм (кювета 5 мм).

Кількість стеролів у досліджуваному виробі визначають за формулою:

$$X = \frac{a \cdot 50 \cdot \sigma}{10 \cdot 2,5}, \quad (8.4)$$

де X – кількість стеролів у виробі, мг;

a – кількість холестеролу, знайдена по калібрувальній кривій, мг;

σ – маса виробу, г;

10 – маса наважки, г;

50 – об'єм хлороформної витяжки;

2,5 – об'єм хлороформної витяжки, взятий для визначення.

Калібрувальну криву будують по чистому кристалічному холестеролу, для чого 10 мг його розчиняють у перегнаному хлороформі в мірній колбі місткістю 100 мл. З основного розчину відбирають у пробірки мікропіпеткою по 0,1; 0,3 і 0,5 мл і додають до них відповідно по 2,4; 2,2 і 2,0 мл хлороформу. З кожним розчином проводять кольорову реакцію і визначають оптичну густину розчинів. Калібрувальну криву будують у координатах: оптична густина – вміст холестеролу (мг).

Кількість яєць у виробі розраховують з огляду на те, що в середньому в одному яйці міститься 240 мг холестерину (реакцію Лібермана – Бурхарда дають як вільні, так і зв'язані стероли). Тоді кількість яєць у виробі (Y) можна розрахувати за формулою:

$$Y = \frac{A - B}{240}, \quad (8.5)$$

де A – знайдена кількість стеролів, мг;

B – кількість стеролів у сировинному наборі (крім яєць), мг.

Величину B знаходять розрахунковим шляхом або експериментально. Середній вміст стеролів (вільних і зв'язаних) приймають рівним 380 мг/кг.

У борошняних та кондитерських напівфабрикатах визначають вміст вологи, жиру, цукру, титровану кислотність, лужність. Здійснюють також контроль щодо фальсифікації за рахунок заміни вершкового масла маргарином.

У напівфабрикатах для тортів та тістечок визначають вміст вологи, жиру, загального цукру, спирту у напівфабрикатах для просочування та визначення заміни вершкового масла маргарином. Вміст жиру в напівфабрикатах борошняних та кондитерських визначають методом Сокслета або рефрактометрично після гідролізу крохмалю. Вміст цукру та жиру в борошняних та кондитерських напівфабрикатах знаходять у перерахунку на суху речовину. Вміст цукру в оздоблювальних кремах визначають у перерахунку на водну фазу крему. Такий розрахунок необхідний через те, що креми є хорошим середовищем для розмноження стафілококів та накопичення їхніх ентеротоксинів, які можуть бути причиною харчових отруєнь, якщо в них немає достатньої концентрації цукру. Вміст цукру визначають методом Бертрана, йодометрично й рефрактометричним методом.

Виявлення заміни вершкового масла іншими видами жирів

Методом люмінесцентного аналізу визначають вид жиру в кондитерських кремах, виробках, а також у гарнірах, супах і жиру, що використовується для поливання других страв. Метод ґрунтується на екстракції жиру з продуктів розчинником, відгоні розчинника і визначенні виду жиру за допомогою люмінескопа.

Залежно від вмісту жиру беруть наважку в кількості: крему – 4–5 г, кондитерського виробу (подрібненого після видалення

кірочок) – 3050 г, гарніру 30–40 г у порцелянову чашку. Перші страви готують до аналізу виправними до напіврідкої або в'язкої консистенції. Упарену масу розтирають у фарфоровій ступці до однорідного стану, після чого відбирають наважку в кількості 20–30 г. Гарніри підготовляють розтиранням у ступці.

Наважку продукту заливають 2–3-кратним об'ємом ефіру і переносять за допомогою скляної палички і воронки в конічну колбу.

У колбу додають для зв'язування води безводний карбонат, або сульфат, або гідрофосфат натрію в кількості 12–18 г, закривають її пробкою і залишають на 15–20 хв для екстракції жиру при періодичному збовтуванні вмісту колби. Рідку частину фільтрують у склянку. Розчинник відганяють на водяній бані при температурі 37–40 °С (залежно від розчинника), і жир досушують у сушильній шафі при 102±2 °С 1 год. Склянки з жиром ставлять у холодильник для застигання. Жир, що використовується для поливання страв, також охолоджують у холодильнику до затвердіння. Аналогічно готують еталон вихідного вершкового масла.

Проби жирів наносять у кювету приладу у вигляді кружечків діаметром 10–15 мм і шаром товщиною 2–3 мм так, щоб зразки знаходилися в центрі поля зору оглядової камери. Для контролю поряд зі зразком, що досліджується, ставлять зразок вершкового масла. Кювету поміщають в оглядову камеру люмінескопа і спостерігають люмінесценцію.

Колір люмінесценції досліджуваних зразків порівнюють з кольором люмінесценції вершкового масла і роблять висновок. Масло вершкове під час люмінесценції дає колір від блідо-до яскраво-жовтого, маргарин та рослинні жири від блідо-голубого до яскраво-голубого.

8.2 Методи оцінки бульйонів

При варці кісток і м'яса в бульйон переходять жир і різні розчинні речовини: білки, екстрактивні (азотисті і безазотисті), мінеральні та інші, які надають бульйону відповідний зовнішній вигляд, смак, запах і колір. Якість бульйонів залежить не тільки від загального вмісту в них розчинних речовин, а й від їхнього кількісного співвідношення. Кращі органолептичні показники мають бульйони з більшим вмістом мінеральних та екстрактивних

речовин і порівняно невеликим білковим. Білки, що знаходяться в бульйоні, формують колоїдний розчин, створюючи наваристість, а емульгований жир надає бульйону каламутність і сірувато-білий колір. Тому для отримання бульйонів доброї якості їх треба готувати відповідно до технологічних правил і рецептур.

Залежно від часу і способу варіння бульйонів вміст сухих речовин у них буде різним. Тому можна готувати так звані концентровані бульйони, у яких вміст сухих речовин досягає 30 %. Концентровані бульйони при приготуванні супів розводять гарячою водою з таким розрахунком, щоб вміст сухих речовин у них склав 2,5–3 %.

Поживна цінність та органолептичні показники супів, що виготовлені на м'ясо-кістковому чи кістковому бульйоні, значною мірою формуються якістю бульйонів.

Визначення органолептичних показників

Для визначення органолептичних показників необхідно використовувати гарячі бульйони. Органолептичні показники мають відповідати таким вимогам (табл. 8.1).

Визначення фізико-хімічних показників

Бульйони мають відповідати таким фізико-хімічним показникам (табл. 8.2).

Таблиця 8.1 – Характеристика органолептичних показників бульйонів

Найменування показника	Найменування бульйону	
	м'ясо-кістковий	кістковий
1	2	3
Зовнішній вигляд, колір	Світло-жовтий, прозорий, без зважених частинок, з блискітками безбарвного чи світло-жовтого жиру на поверхні	Світло-сірий, прозорий або злегка мутнуватий від наявності в ньому білкових речовин, з блискітками безбарвного чи світло-жовтого жиру на поверхні. Допускається невеликий осад білків

Закінчення таблиці 8.1

1	2	3
Смак	Приємний, властивий свіжозвареному бульйоні з м'яса, у міру соломи, з легким присмаком коріння і спецій, без стороннього присмаку	Приємний, властивий свіжозвареному бульйону з кісток, у міру солоний, з легким присмаком коріння і спецій, без стороннього присмаку
Запах	Властивий свіжозвареному бульйоні з м'яса, з додаванням коріння і спецій, без стороннього запаху	Властивий свіжозвареному бульйону з кісток, з додаванням коріння і спецій, без стороннього запаху

Таблиця 8.2 – Характеристика фізико-хімічних показників бульйонів

Найменування показника	Найменування бульйону	
	м'ясо-кістковий	кістковий
Вміст сухих речовин (за виключенням солі), % не менше	2,0	2,5
Вміст кухонної солі, % не більше	1,0	1,0
Активна кислотність	6,0–6,6	6,8–7,3
Вміст креатиніну, % не менше	0,065	–

8.3 Методи оцінки перших страв

Основні фізико-хімічні показники, за якими контролюють норми вкладення сировини в перші страви, – це визначення загального вмісту сухих речовин, жиру, густої частини супу, молока та загального цукру.

Підготовка до випробування перших страв зводиться до їхньої гомогенізації. Зразок супу розігрівають до 75°C, витягають і зважують м'ясо, птицю, рибу, які були в супі і порівнюють їхню масу з виходом за рецептурою. Наступна підготовка перших

страв проводиться з випаровуванням або без нього. При випаровуванні порцію супу переносять у випарювальну чашку, змиваючи залишки дистильованою водою, і випарюють більш ніж на половину об'єму, уникаючи підгоряння. Після випарювання суп зважують, переносять у подрібнювач тканин і гомогенізують протягом 1 хв. При визначенні сухих речовин і жиру розрахунок ведуть на масу випареної страви. Пюреподібні супи рекомендується також обробляти в подрібнювачі тканин для рівномірного розподілу жиру, який зазвичай збирається на поверхні. Супи в'язкої консистенції (з вівсяної і перлової крупи) гомогенізують без випарювання. Прозорі супи досліджують без попередньої підготовки. Солодкі супи зважують, відділяють щільну частину, зважують її, приєднують до рідкої частини і гомогенізують.

Масову частку густої частини визначають зважуванням, загального вмісту сухих речовин – висушуванням, жиру – методом Сокслета, густу частину супу – зважуванням, загального вмісту цукру – методом Бертрана або йодометричним методом, вміст молока – за лактозою.

Визначення вмісту молока в супах

Метод визначення вмісту молока ґрунтується на тому, що в продуктах, які використовують для приготування супів, міститься незначна кількість редукованих цукрів. Наважку випареного і гомогенізованого супу масою 15 г переносять у мірну колбу місткістю 250 мл, змиваючи залишки дистильованою водою. Загальна кількість води має бути не більше половини об'єму колби. Колбу ставлять у водяну баню з температурою 60°C і витримують 15 хв, періодично помішуючи, потім охолоджують до температури 20°C. Для осадження білків у колбу вносять 3 мл розчину сульфату цинку з концентрацією 200 г/л і 1,5 мл розчину натрію гідроксиду 2,5 моль/л. Вміст колби струшують 2–3 хв, доводять дистильованою водою до мітки, перемішують, дають відстоятися протягом 3–5 хв і фільтрують у суху колбу. У фільтраті визначають редуковані цукри (лактозу) методом Бертрана або йодометрично.

Водночас визначають вміст лактози в молоці, використовуюваному для приготування супу. Середній вміст лактози в молоці 4,7 %. Підготовку його до випробування проводять так само, як і супу.

Кількість молока в порції (Y, г) визначають за формулою:

$$Y = \frac{X \cdot 100}{A}, \quad (8.6)$$

де X – кількість лактози у випареній порції супу, г;

A – кількість лактози в молоці, що використовувалось для приготування супу, %.

Результат випробування порівнюють з кількістю молока за рецептурою, з урахуванням допустимих відхилень ± 10 %.

8.4 Методи оцінки других страв

Перелік основних фізико-хімічних показників других страв формується на основі трьох різновидів методів контролю – повноти вкладення компонентів, визначення заміни цінної сировини менш цінною сировиною та дотримання технологічних параметрів. Для визначення повноти вкладення компонентів визначають вміст сухих речовин (метод висушування), жиру (метод Гербера), кухонної солі (метод Мора), яєць (метод Лібермана – Бурхарда), молока (за вмістом лактози), цукру (метод Бертрана). Для визначення заміни компонентів: вершкового масла на рослинні жири використовується люмінесцентний метод, наявність добавок субпродуктів, сухожиль – люмінесцентний метод, хліба, борошна, манної крупи – метод Бертрана або йодометричний. Визначення достатньої термічної обробки здійснюється методом вимірювання активності фосфатази чи пероксидази.

Підготовка проб до випробування полягає в такому: страви підігрівають до температури 65°C, зважують (разом з гарніром і соусом), потім зважують окремо основний продукт (м'ясо, рибу, котлети, сирники, млинчики тощо). Натуральні шматки м'яса, риби, птиці перед зважуванням ретельно звільняють від гарніру і соусу.

У виробках з подвійним паніруванням (мука, льезон, сухарі) визначають кількість панірування і вихід м'яса, риби, птиці. Для цього 3–5 виробів зважують, звільняють їх за допомогою скальпеля від панірування, знову зважують і визначають середню масу. Додаючи до середньої маси втрати маси при тепловій обробці, знаходять

фактичну масу нетто продукту і порівнюють з масою нетто по рецептурі.

Якщо маса м'яса, риби, птиці, виробів із січеної і котлетної маси нижча норми, визначають кількість сухих речовин. Зменшення маси може бути викликано неправильним проведенням теплової обробки (пережарюванням, повторним розігріванням). Для визначення сухих речовин натуральні вироби після видалення кісток двічі пропускають через м'ясорубку, після чого масу розтирають у ступці. Вироби з котлетної і січеної маси (котлети, биточки, біфштекс січений та ін.) розтирають у ступці або двічі пропускають через м'ясорубку, а потім перемішують. Фаршировані вироби (рулети, зрази) готують так само, видаливши попередньо фарш. За рецептурою знаходять масу напівфабрикату (з урахуванням норм втрат при тепловій обробці), а за таблицями хімічного складу харчових продуктів підраховують кількість сухих речовин. Останнє порівнюють з фактичним змістом сухих речовин у виробі і роблять висновок щодо додержання рецептури. Кількість жиру, витраченого на смажіння виробів з м'яса, риби, птиці, кролика, не враховують. У натуральних січених виробах (біфштекс, шніцель та ін.), крім визначення маси, проводять якісну реакцію з йодом на присутність крохмалю. Паніровані вироби (шніцель) попередньо звільняють від скоринки. За рецептурою в ці вироби хліб не входить, тому позитивна реакція на йод (поява фіолетово-синього забарвлення) буде свідчити про порушення рецептури.

Зі страв, що готуються із соусом (бефстроганов, рагу, гуляш та ін.), після зважування відділяють шматочки м'яса, змиваючи з них залишки соусу відміреною кількістю 25–30 мл гарячої води і фільтрувальним папером видаляють воду, яка затрималася на поверхні. Шматочки зважують і порівнюють їхню масу з виходом за рецептурою.

Воду, використану для ополіскування, додають до соусу і гарніру і подрібнюють їх до однорідної консистенції в подрібнювачі тканин. Загальну масу гарніру і соусу визначають по різниці між первісною масою страви і масою основного продукту. Якщо маса м'яса виявиться заниженою, визначають вміст сухих речовин у всій страві. У цьому разі м'ясо нарізають, додають до соусу з гарніром, гомогенізують усе разом протягом 5 хв.

У виробах, фаршированих м'ясним фаршем (запіканки, кабачки, перець фаршировані, голубці), крім маси основного виробу, визначають масу фаршу, для чого зважують три вироби, відокремлюють від них фарш, зважують і порівнюють з виходом за рецептурою.

Каші розсипчасті, страви і гарніри з варених, смажених, тушкованих і запечених овочів, бобових і макаронних виробів, круп'яні та овочеві котлети і битки з жиром або соусом, страви з борошна і сиру після підігріву і зважування гомогенізують у подрібнювачі тканин з додаванням до них гарячої води.

Пельмені та вареники після зважування подрібнюють у подрібнювачі тканин, додаючи гарячу воду. Млинці та оладки для визначення сухих речовин готують, подрібнюючи на м'ясорубці з наступною гомогенізацією. Для визначення жиру в м'якушці (за рахунок введення молока і яєць) з двох виробів знімають скоринку товщиною 3 мм, а решту м'якушки подрібнюють на м'ясорубці й гомогенізують. Млинці з фаршем очищають від сметани або жиру, зважують і визначають масу виробів. Для визначення маси фаршу зважують три вироби, відокремлюють фарш, зважують його і порівнюють з виходом за рецептурою. Відхилення від виходу та вмісту рецептурного компонента допускаються в розмірі $\pm 10\%$.

Визначення вмісту цукру, манної крупи чи борошна у стравах з кисломолочного сиру

Наважку гомогенізованої проби страви із сиру кисломолочного масою 25 г розтирають у ступці чи хімічному стакані з невеликою кількістю води. Одержану суспензію кількісно переносять у мірну колбу об'ємом 250 мл, змиваючи частинки в колбу дистильованою водою так, щоб об'єм води в колбі не перевищував $2/3$ її об'єму. Для осадження нецукрів у колбу додають 5 мл розчину сульфату міді 69,28 г/л і 2 мл розчину натрію гідроксиду з концентрацією 1 моль/л. Вміст колби перемішують і настоюють 5 хв. Якщо рідина над осадом виявиться каламутною, у колбу треба додати кілька крапель розчину сульфату міді. Коли над осадом утвориться прозорий шар рідини, колбу доливають водою до мітки, перемішують і залишають на 20–30 хв, після чого фільтрують у суху колбу (перші 25 мл фільтрату відкидають).

Масову частку редукованих цукрів у фільтраті визначають методом Бертрана. Для визначення сахарози проводять її гідроліз.

Для цього 25 мл фільтрату піпеткою переносять у конічну колбу об'ємом 250 мл, закривають її пробкою з пропущеним через неї термометром так, щоб ртутний резервуар знаходився в рідині, і нагрівають на водяній бані до температури 70 °С протягом 10 хв. Відкривши пробку, у колбу доливають 2,5 мл розчину соляної кислоти, перемішують і витримують на бані 10 хв при температурі 65 ± 3 °С. Потім колбу швидко охолоджують до 20±2°С, вміст переносять кількісно в мірну колбу на 100 мл, додають одну краплю метилоранжа і нейтралізують натрієм гідроксидом до слабкої кислотної реакції. Вміст мірної колби доводять водою до мітки. В отриманому розчині методом Бертрана визначають масову частку редукованих цукрів після інверсії сахарози. Масову частку сахарози (S) розраховують за формулою:

$$S = (X_2 - X_1) \cdot 0,95, \quad (8.7)$$

де X_1 – маса редукованих цукрів (лактози) до гідролізу сахарози, г;
 X_2 – кількість маси загального цукру після гідролізу дисахаридів, г;

0,95 – коефіцієнт перерахунку інвертного цукру на сахарозу.

Кількість борошна чи манної крупи у стравах із сиру кисломолочного визначають за вмістом у них крохмалю. Для визначення крохмалю наважку 2–4 г страви з кисломолочного сиру або 10 г мусу на манній крупі кількісно переносять у конічну колбу місткістю 250 мл, змиваючи частинки 80–100 мл теплою дистильованою водою (50–60 °С), додають 30 мл розчину хлоридної кислоти масовою часткою 10 %, приєднують до холодильника і нагрівають до кипіння. Кип'ятять протягом 30 хв. Після кип'ятіння колбу знімають з плити, охолоджують струменем холодної води до кімнатної температури. Отриманий гідролізат нейтралізують до слабкої кислотної реакції розчином натрію гідроксиду з концентрацією 150 г/л, використовуючи як індикатор краплю розчину метилового червоного.

Вміст колби після нейтралізації кількісно переносять у мірну колбу об'ємом 250 мл, змиваючи частки, які прилипли до стінок. Для освітлення гідролізату й осадження білків додають піпеткою 3 мл розчину гексаціаноферату (II) калію з концентрацією 150 г/л і 3 мл розчину сульфату цинку 7-водного з концентрацією 300 г/л,

доводять дистильованою водою до мітки, ретельно збовтують, дають осадити, після чого фільтрують через сухий складчастий фільтр у суху колбу. В отриманому розчині гідролізату визначають масову частку редукованих цукрів, що утворюються при гідролізі крохмалю, методом Бертрана.

Масу манної крупи чи борошна (Y, г на порцію) розраховують за формулою:

$$Y = \frac{(X_3 - X_2) \cdot 0,9 \cdot P}{a}, \quad (8.8)$$

де X_3 – масова частка редукованих цукрів після гідролізу крохмалю (загальний вміст редукованих цукрів), %;

X_2 – масова частка редукованих цукрів після гідролізу дисахаридів, %;

P – маса страви, г;

a – масова частка крохмалю, %; у манній крупі 70,3 %; у пшеничному борошні 1 гатунку 67,1 %.

8.5 Методи оцінки солодких страв та напоїв

З фізико-хімічних методів, що використовуються для аналізу якості солодких страв та напоїв, застосовуються методи визначення повноти вкладення компонентів, зокрема визначення вмісту сухих речовин (метод висушування), цукру (рефрактометричний або метод Бертрана), жиру (метод Гербера), молока (за вмістом лактози), кави, чаю, какао, шоколаду (колориметричний метод), маси густої частини в компотах, кисілях (метод зважування), а також методи визначення заміни цінної сировини менш цінною сировиною, серед яких визначення вмісту манної крупи, заміна кави кавовим напоєм.

Підготовка зразків. Кисіль після видалення поверхневої плівочки ретельно перемішують. Желе та муси (без крупи) розплавляють на водяній бані, охолоджують і перемішують. Креми добре перемішують. Млинці з фаршем очищають від сметани чи жиру, відділяють фарш. Млинці подрібнюють ножом, потім розтирають у ступці до отримання однорідної маси. З пудингів і солодких каш видаляють включення (горіхи, родзинки, цукати), решту зважують і ретельно розтирають у ступці.

Визначення маси сухого чаю, використаного при приготуванні напою чай

Метод ґрунтується на кольоровій реакції (утворення зеленого забарвлення) поліфенольних сполук чаю з іонами заліза (III) у нітрогенкислому середовищі (реактив нітрату заліза (III)). Реактив нітрату заліза (III) готують так: 5 г нітрату заліза (III) розчинити в 500 мл розчину нітрогенної кислоти з масовою часткою 1,5 %. Величина оптичної густини при довжині хвилі 630–670 нм лінійно залежить від маси сухого чаю.

Для проведення випробування з того ж сорту сухого чаю готують 200 мл контрольної заварки. Готову заварку фільтрують і доводять до температури 20°C. У конічну колбу об'ємом 250 мл вносять циліндром 50 мл приготованої чаю-заварки і 150 мл води при 20°C, перемішують (якщо напій, що досліджується, містить цукор, то таку ж масу цукру додають у контрольний напій). Потім напій, що досліджується, і приготований контрольний напій аналізують паралельно за такою методикою. Порцію напою 200 мл доводять до температури 20°C і фільтрують у суху конічну колбу. У три сухі конічні колби об'ємом 50 мл вносять піпетками по 10 мл профільтрованого напою і 10 мл дистильованої води і перемішують. Після чого в першу колбу доливають піпеткою 5 мл реактиву нітрату заліза (III), швидко перемішують і негайно вимірюють оптичну густину отриманого зеленого розчину на фотоелектроколориметрі за довжини хвилі 630–670 нм у кюветі товщиною 20 мм. У кювети порівняння наливають дистильовану воду. Вказану операцію проводять по черзі з іншими двома колбами. За остаточний результат вимірювання оптичної густини приймають середнє арифметичне.

Еквівалентну масу сухого чаю (X , г) у перерахунку на порцію 200 мл досліджуваного напою обчислюють за формулою:

$$X = \frac{D_x \cdot m}{D_k}, \quad (8.9)$$

де D_x і D_k – відповідно величини оптичної густини досліджуваного і контрольного напоїв;

m – маса сухого чаю в перерахунку на порцію контрольного напою, г.

Визначення маси натуральної кави в напоях

Метод ґрунтується на лінійній залежності величини оптичної густини при довжині хвилі 310...320 нм від маси натуральної кави в напоях. У зазначеному інтервалі довжин хвиль УФ-промені поглинає хлорогенова кислота, що міститься в натуральній каві і відсутня в його заміниках.

Метод призначений для з'ясування повноти вкладення кави в напої «Кава чорна», «Кава чорна з молоком або вершками», «Кава чорна з морозивом (глясе)».

Для проведення дослідження готують контрольний напій з того ж сорту кави і по тій же рецептурі, що й досліджуваний напій. Обидва напої, досліджуваний і контрольний, доводять до температури 20 °С.

Каву чорну із цукром і без цукру фільтрують через сухий складчастий подвійний фільтр з повільно фільтруючого паперу «синя стрічка» в суху пробірку. Піпеткою відбирають 1 мл прозорого фільтрату і переносять у мірну колбу місткістю 200 мл, доливають дистильованою водою до мітки і ретельно перемішують. Величину оптичної густини приготованих водних розчинів (контрольного і досліджуваного) вимірюють при довжині хвилі 315 нм у кюветі на 10 мм. У кювети порівняння наливають дистильовану воду.

Масу кави (X , г) у порції досліджуваного напою розраховують за формулою:

$$X = \frac{D_x \cdot V_x \cdot m}{D_k \cdot V_k}, \quad (8.10)$$

де m – маса кави в порції контрольного напою, г;

V_x , V_k – відповідно об'єми досліджуваного і контрольного напоїв, мл;

D_x і D_k – відповідно величини оптичної густини досліджуваного і контрольного напоїв.

У напоях з молоком перед визначенням оптичної щільності екстрагують жир гексаном, білки осаджують трихлороцтовою кислотою, після чого із ділильної воронки відбирають розчин і фільтрують. У фільтраті визначають вміст кави.

8.6 Методи оцінки борошняних та кондитерських виробів

Серед фізико-хімічних показників, що контролюються у борошняних та кондитерських виробках, – це методи визначення повноти вкладення рецептурних компонентів, зокрема визначення вмісту вологи (методом висушування), жиру (методом Гербера), цукрів (методом Бертрана). Вміст жиру та цукру здійснюють у перерахунку на суху речовину. У випечених кондитерських напівфабрикатах визначають кислотність та лужність титриметричним методом, ступінь окислення жиру у виробках і беруть пробу фритюру для такого ж аналізу (вміст вторинних продуктів окисної кополімеризації не має перевищувати 1 %). В оздоблювальних кремах з'ясовують вміст цукру у водній фазі крему (рефрактометрично або методом Бертрана), вміст жиру (методом Гербера). Заміну масла вершкового на інші жири визначають люмінесцентним методом.

При підготовці проб виробу звільняють від включень (повидла, родзинок, горіхів, крім маку) і подрібнюють ножом або в подрібнювачі тканин. Для визначення вологості, масової частки цукру, жиру в м'якушці виробу звільняють від скоринки (за винятком слойки) товщиною близько 1 см.

Вироби, покриті помадою (пиріг з маком, баба ромова та ін.), як правило, подрібнюють повністю з попереднім видаленням включень (крім маку). Масову частку цукру і жиру у випечених напівфабрикатах визначають після видалення скоринки (у м'якушки).

При підготовці проб з вагового кексу, бісквіта, рулетів, пряників з різних місць зразка вирізують невеликі порції та об'єднують їх. При визначенні масової частки цукру, жиру і кислотності в кексах видаляють включення та обрізають скоринку. Печиво, пряники, коржики для аналізу подрібнюють у фарфоровій ступці і негайно поміщають у закритий посуд. Перед взяттям наважок пробу перемішують.

8.7 Методи аналізу правильності ведення технологічного процесу

До фізико-хімічних методів визначення правильності ведення технологічного процесу належать методи визначення ефективності теплової обробки м'ясних і рибних кулінарних виробів шляхом визначення активності пероксидази чи фосфатази, а також визнання якості фритюрного жиру.

1. Проба на пероксидазу

Метод ґрунтується на здатності ферменту пероксидази брати участь у процесах окислення за рахунок кисню, пероксиду водню. Присутність пероксидази встановлюють, використовуючи реакції з гваяколом. При температурі 80 °С пероксидаза інактивується. Отже, якщо в досліджуваному виробі пероксидаза виявляється, теплова обробка вважається недостатньою.

Окислювально-відновні властивості пероксидази проявляються у строго визначеному інтервалі рН. Найінтенсивніше забарвлення спостерігається в інтервалі значень рН від 4,4 до 6,9; менш інтенсивне при рН 3,4 і вище; не проявляється при рН вище 10,4. Під час аналізу використовують ацетатний буферний розчин з рН 4,9.

Подрібнену наважку, взятую з внутрішньої частини смаженого виробу в кількості 10 г, розтирають у ступці з 20 мл дистильованої води і фільтрують через паперовий фільтр або шар вати в конічну колбу. Потім відбирають у пробірку 0,5 мл фільтрату, додають 0,5 мл ацетатного буферу, 0,5 мл спиртового розчину гваякола з масовою часткою 1 %, 0,25 мл свіжоприготовленого розчину пероксиду водню з масовою часткою 30 % і струшують. При достатній термічній обробці м'ясних виробів розчин залишається безбарвним, при недостатній, залежно від кількості збереженої пероксидази, забарвлення може бути від світло-блакитного до темно-синього і проявляється протягом 1 хв.

2. Проба на фосфатазу

Метод ґрунтується на здатності ферменту фосфатази розщеплювати барієву сіль паранітрофенілфосфату при температурі 38°С, звільняючи паранітрофеніл, що забарвлює середовище в жовтий колір.

Подрібнену наважку, взяту з внутрішньої частини виробу в кількості 20 г, переносять у ступку і розтирають, додаючи поступово 50 мл дистильованої води. Отриману суспензію проціджують через подвійний шар марлі, а решту наважки в марлі віджимають, потім витяжку фільтрують через сухий складчастий фільтр і ділять навпіл. Одну частину (фільтрат 1) досліджують безпосередньо, іншу (фільтрат 2) переносять у конічну колбу, доводять до кипіння і знову фільтрують – ця частина фільтрату є контрольною.

Для перевірки активності фосфатази в пробірку відмірюють 1 мл фільтрату 1, додають 2 краплі розчину хлориду магнію масової концентрації 5 г/л, 2 краплі ацетатного буферу (рН 5,4) і 0,5 мл насиченого розчину барієвої солі паранітрофенілфосфату.

Для контролю в другу пробірку відмірюють 1 мл фільтрату 2 і додають ті ж реактиви, що і в першу. Обидві пробірки ставлять на 1 год на водяну баню або в термостат при температурі 37–38°C. Потім в обидві пробірки додають по краплі розчину натрію гідроксиду з концентрацією 400 г/л. При достатній тепловій обробці кулінарного виробу забарвлення в обох пробірках не змінюється. При недостатній тепловій обробці розчин жовтіє.

Контроль якості фритюрного жиру

При тривалому смаженні продуктів у фритюрі якість фритюрних жирів змінюється: жири темніють, набувають різкого неприємного запаху, гіркої присмаку. У жирі накопичуються вторинні термо-стабільні продукти окислення і співполімеризації, кількість яких не має перевищувати 1,0 %. Жир з масовою часткою продуктів окислення більше 1 % вважається непридатним для харчових цілей.

Якісна реакція на ступінь окислення фритюрного жиру. Кольорова реакція ґрунтується на взаємодії окислених речовин, що перейшли з фритюрного жиру у спиртовий розчин калію гідроксиду з метиленовим блакитним. У пробірку з внутрішнім діаметром 10 мм поміщають 3 мл фритюрної олії чи розтопленого фритюрного жиру, додають 7 мл спиртового розчину калію гідроксиду з масовою часткою 2 %. Пробірку закривають скляною пробкою і енергійно струшують 30 с. Після поділу рідин верхній шар спиртово-лужної витяжки фільтрують через паперовий фільтр у колбу. Для проведення реакції беруть піпеткою 1 мл фільтрату, поміщають у пробірку і додають 5 крапель водного розчину метиленового блакитного

з масовою часткою 0,01 %. Вміст пробірки струшують і залишають на 5 хв. Після витримання визначають колір розчину та роблять висновки. При вмісті в досліджуваному жирі окислених речовин до 1 % проба після додавання відповідних реактивів набуває рожевого кольору, а понад 1 % – жовто-коричневого, що свідчить про непридатність жиру для харчових цілей.

Визначення ступеня термічного окислення фритюру із суміші жирів чи соняшкової олії якісною пробую

Кольорова реакція ґрунтується на взаємодії окислених речовин, що перейшли з фритюрного жиру у спиртовий розчин їдкої калію з метиленовим блакитним. При вмісті в досліджуваному жирі окислених речовин до 1 % проба після додавання відповідних реактивів набуває рожевого кольору, а понад 1 % – жовто-коричневого.

1. Хімічний посуд, матеріали та реактиви.

Хімічні пробірки з безбарвного скла з внутрішнім діаметром 10 мм; колба конічна місткістю 50 мл; крапельниця скляна лабораторна; штатив для пробірок; лійка скляна; піпетка місткістю 1 мл; папір фільтрувальний крупнопористий; калію гідрат окису (якщо їдке), х.ч. або ч.д.а., 2-відсотковий спиртовий розчин (3 г їдкої калію розчиняють у 96-відсотковому етиловому спирті, поміщають у колбу на 100 мл і доводять до мітки спиртом); спирт етиловий; метиленовий блакитний, 0,01-відсотковий водний розчин (10 мг метиленового блакитного розчиняють у 100 мл води).

2. Проведення випробування.

У пробірку (з внутрішнім діаметром 10 мм) поміщають 3 мл випробуваної соняшникової олії чи розтопленого фритюрного жиру, додають 7 мл 2-відсоткового спиртового розчину їдкої калію. Пробірку закривають корковою (не гумовою) пробкою та енергійно струшують 30 с. Після поділу рідин верхній шар спиртово-лужної витяжки фільтрують через паперовий фільтр у колбочку. Для проведення реакції беруть піпеткою 1 мл фільтрату, поміщають у пробірку та додають 5 крапель 0,01 % водного розчину метиленового блакитного. Вміст пробірки струшують і залишають на 5 хв. За наявності в досліджуваному фритюрі менше 1 % окислених речовин колір рідини в пробірці стає рожевим (з бузковим чи малиновим відтінком). Якщо їх більше 1 %, то колір рідини у пробірці жовто-коричневий.

Визначення ступеня термічного окислення фритюрного жиру (суміші жирів та олій) фотоколориметричним методом

Метод ґрунтується на утворенні темно-забарвлених похідних хіноїдних при дії спиртових розчинів лугів на дикарбонільні сполуки, що утворюються в процесі термічного окислення жирів. Установлено, що інтенсивність фарбування спиртово-лужного розчину термічно окислених жирів пропорційна сумарному вмісту в них вторинних продуктів окислення, нерозчинних у петролейному ефірі. Кількість цих продуктів у фритюрних жирах має перевищувати 1 %.

1. Апаратура, матеріали, реактиви.

Ваги лабораторні важільні 3-го класу точності; фотоелектроколориметр ФЕК-56М чи інший; баня водяна або пісочна; холодильник кульковий; холодильник зворотний кульковий або повітряний завдовжки не менше ніж 1 м; краплеуловлювач; колба круглодонна місткістю 200...250 мл; колба конічна зі шліфом місткістю 100 мл; колби мірні місткістю 25, 100 мл; пробки гумові; чашка фарфорова діаметром 5...7 см; лійки скляні діаметром 4–5 см; ступка фарфорова діаметром 5...7 см; калію гідрат окису (якщо їдке), х.ч., 1 н розчин; спирт етиловий, що не містить карбонільних сполук; хлороформ, х.ч.; цинковий пил; папір фільтрувальний крупнопористий.

2. Підготовка до випробування.

Очищення етилового спирту від карбонільних сполук. Зважують 10 г їдкого калію у фарфоровій чашці, розчиняють у невеликій кількості дистильованої води та переносять у колбу місткістю 1 л, змиваючи залишки 5 мл води, додають 1 л етилового спирту та 5 г цинкового пилу. Суміш кип'ятять 1 год на водяній бані в колбі зі зворотним холодильником, потім спирт переганяють. Приготування 1 л спиртового розчину їдкого калію: 7 г їдкого калію зважують у фарфоровій чашці, розчиняють у 15...20 мл спирту і переносять у мірну колбу місткістю 100 мл. Потім наливають на 3/4 колби 96-відсотковий етиловий спирт, що не містить карбонільних сполук, ретельно перемішують до розчинення лугу і доводять до мітки цим же спиртом.

3. Проведення випробування.

У колбу зі шліфом для зворотного або повітряного холодильника зважують 1 г жиру, що досліджується, з похибкою не більше

0,001 г, додають 15 мл свіжоприготовленого 1 н спиртового розчину їдкого калію. Суміш кип'ятять на водяній або пісочній бані зі зворотним холодильником протягом 15 хв (час відраховують від початку закипання). Після закінчення цього часу розчин переносять у мірну колбу на 25 мл і доводять до мітки етиловим спиртом, що не містить карбонільних сполук. Розчин фільтрують через паперовий фільтр безпосередньо в 10-міліметрову кювету фотоелектроколориметра і швидко (за 1...2 хв) вимірюють його оптичну щільність при синьому світлофільтрі (420...430 мкм). Порівняння ведуть з хлороформним розчином досліджуваного жиру (5 г жиру хлороформу). Результат виражають величиною коефіцієнта поглинання розчину (червона шкала), поділеною на навіску досліджуваного жиру.

Залежність між кольоровістю спиртово-лужного розчину жиру та концентрацією в ньому у відсотках вторинних термостабільних продуктів окислення та кополімеризації виражається формулою:

$$X = 0,02 + 3,44 - \frac{D}{M}, \quad (8.11)$$

де X – вміст продуктів окислення, %;

D – оптична щільність спиртово-лужного розчину жиру (показання червоної шкали фотоелектроколориметра під час аналізу);

M – маса наважки, взятої на аналіз жиру, г;

0,02 та 3,44 – коефіцієнти емпіричної залежності.

Визначення ступеня термічного окиснення фритюрного жиру за показником заломлення

Метод ґрунтується на порівнянні показника заломлення (рефракції) фритюру та подібного свіжого масла при температурі 20 °С і застосовується тільки для рослинних олій, що використовуються для смаження пиріжків (пончиків). При використанні цього методу не визначають ступінь термічного окислення фритюру (олії) колориметричним методом. Установлено, що в міру накопичення в олії продуктів окиснення та кополімеризації зростає показник заломлення жиру.

1. Апаратура, матеріали та реактиви.

Рефрактометр лабораторного типу УРЛ, РДУ, ІРФ-457 або будь-який інший, придатний для вимірювання коефіцієнта

заломлення (похибка виміру не більше 0,0002); термостат ТС-13; лійки скляні діаметром 3...4 см; склянки хімічні місткістю 25...50 мл; паличка скляна; марля; папір фільтрувальний; вода дистильована; спирт етиловий; етиловий ефір.

2. Проведення випробувань.

На центральну частину поверхні нижньої призми рефрактометра, попередньо встановленого по дистильованій воді, наносять за допомогою оплавленої скляної палички 1–2 краплі добре профільтрованого через крупнопористий фільтрувальний папір вихідного (свіжого) масла. Після виміру показника заломлення призми витирають марлею, змоченою спиртоєфірною сумішшю (1:1), а потім сухою. На призму рефрактометра наносять 1...2 краплі олії, що використовується для смаження пиріжків (або пончиків). Визначення показника заломлення повторюють 2–3 рази, щоразу наносять нові краплі на призму рефрактометра. За результат беруть середню арифметичну величину.

Показник заломлення визначають при розсіяному денному світлі або при світлі матової електричної лампочки при 20 °С підтримки постійної температури. Через камери в оправках призм за допомогою ультратермостата пропускають воду з температурою 20 °С. Якщо показник заломлення вимірюють при температурі вище або нижче 20 °С, вводять поправку на кожен 1 °С відхилення температури. Показник заломлення визначають при температурі 20 °С за такою формулою:

$$n_D^{20} = n_D^t + (t + 20) \times 0,00035, \quad (8.12)$$

де n_D^{20} – потрібний показник заломлення при 20 °С;

n_D^t – показник заломлення за температури досліджу;

0,00035 – зміна показника заломлення при зміні температури на 1 °С.

Різниця між показниками заломлення фритюру та вихідної свіжої олії не має перевищувати 0,0010.

Перелік джерел посилання до розділу 8

1. Матисон В.А., Еделев Д.А., Кантере В.М. Органолептический анализ продуктов питания : учебник / В.А. Матисон, Д.А. Еделев, В.М. Кантере. – М. : РГУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2010. – 294 с.

2. Власенко В.В., Семко Т.В., Криворук В.М., Іваніщева О.А. Технологія продукції ресторанного господарства. Лабораторний практикум / В.В. Власенко, Т.В. Семко, В.М. Криворук, О.А. Іваніщева. – Вінниця : Видавничо-редакційний відділ ВТЕІ КНТЕУ, 2018. – 248 с.

3. Єрмак С.О. Конспект лекцій з дисципліни «Сенсорний аналіз», 2016.

4. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. – М. : Экономика, 1989. – 256 с.

■ 9. ВИЗНАЧЕННЯ І РОЗРАХУНОК КАЛОРІЙНОСТІ ВИРОБІВ ТА ГОТОВИХ СТРАВ

Калорійність виробів визначають за кількістю поживних речовин – білків, жирів, вуглеводів, що містяться в них. При окисленні в організмі ці речовини виділяють певну кількість тепла, яке вимірюється в калоріях. Установлено, що при згорянні 1 г білка виділяється 4,1 ккал, 1 г жиру – 9,3 ккал, 1 г вуглеводів – 4,1 ккал. Для того щоб підрахувати калорійність страви, треба кількість вхідних до його складу поживних речовин помножити на відповідні їм теплові коефіцієнти й отримані величини додати.

Для визначення калорійності кулінарних виробів аналітичним шляхом установлюють вміст у виробі речовин і жиру. Кількість білків і вуглеводів (сумарно) визначають шляхом вирахування зі знайденої кількості сухих речовин кількості жиру і мінеральних речовин. При цьому вміст мінеральних речовин (золи) у перших стравах умовно приймають рівним 1,2 %, у других стравах – 1 % від їхньої ваги.

При визначенні калорійності продуктів розрізняють калорійність бруutto і калорійність нетто. Калорійністю бруutto називається калорійність частини продукту (без урахування її засвоюваності), калорійністю нетто – калорійність засвоювання частини продукту. У кулінарних виробіах зазвичай визначають калорійність бруutto.

Страви для визначення їхньої калорійності попередньо зважують, оцінюють органолептичним методом, а потім проводять підготовку до аналізу (для визначення вмісту в стравах сухих речовин і жиру) такими ж методами, як і при дослідженні кулінарних виробів на повноту вкладення сировини.

Калорійність (K) розраховують за формулою:

$$K = [c - (z + ж)] \times 4,1 + ж \times 9,3 \quad (9.1)$$

де c – вага сухих речовин, г;

z – кількість золи, г;

$ж$ – кількість жиру, г;

4,1 – тепловий коефіцієнт білків і вуглеводів; (немає у формулі)

9,3 – тепловий коефіцієнт жирів.

Калорійність кулінарних виробів, розраховану на основі даних лабораторного аналізу, називають фактичною ($Kф$).

При підрахунку калорійності за рецептурою необхідно враховувати допустимі втрати жиру і сухих речовин. Калорійність, обчислену за рецептурою з урахуванням цих втрат, називають мінімально допустимою – ($Kм$). При її визначенні треба підрахувати мінімально допустиму кількість сухих речовин і жиру у страві і отримані значення підставити у формулу.

Виконання рецептури щодо калорійності виражається коефіцієнтом, що являє собою відношення фактичної калорійності страви до мінімально допустимої:

$$K = Kф / Kм \quad (9.2)$$

Коефіцієнт калорійності за дотримання норм вкладення сировини має бути не меншим одиниці.

Калорійність страв, обчислена за рецептурою (продукти вагою нетто), без урахування допустимих втрат жиру і сухих речовин, називається теоретичною ($Kт$) і є граничною. Її підраховують, коли фактична калорійність значно перевищує мінімально допустиму.

Якщо фактична калорійність перевищує теоретичну, це вказує на порушення рецептури або неправильний відбір проб.

Якщо коефіцієнт виконання калорійності менший одиниці, значить маємо недовкладення сировини.

При визначенні чистого жиру за методом Гербера природний жир, що міститься в деяких продуктах (крупі, борошні), не виявляється і під час аналізу враховується як сума білків і вуглеводів.

Тому, щоб зробити порівняннями фактичну і теоретичну калорійність страв, треба від величини теоретичної калорійності відняти величину природного жиру, помножену на коефіцієнт 5,2 (різниця між коефіцієнтами 9,3 і 4,1). Однак треба зважати, що в деяких випадках встановлена шляхом аналізу калорійність не може слугувати показником виконання норм вкладення сировини в кулінарні вироби, позаяк теплотворна здатність білків і вуглеводів не унеможливилює заміну продуктів, багатих на білки, продуктами, багатими вуглеводами, і навпаки. Так, недовкладення м'яса в котлетну масу можна заповнити хлібом і отримати «нормальну» калорійність. «Нормативну» калорійність киселю можна отримати зниженням кількістю цукру.

Натуральні (непаніровані) вироби з м'яса і риби аналізу зазвичай не піддають. Калорійність таких виробів встановлюють за їхнім хімічним складом після попереднього перерахунку на вихідну сировину. Якщо сорт вихідної сировини невідомий, то розрахунок ведуть по сировині середньої якості.

Жир, увібраний у виріб у процесі його теплової обробки, приймають рівним чистому жиру, який може бути виявлений при лабораторному дослідженні даної групи виробів [1; 2].

Перелік джерел посилання до розділу 9

1. Забезпечення та хімічний контроль якості харчових продуктів : навч. посібник / Р.П. Влодарчик, І.М. Кобаса, М.М. Воробець та ін. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2015. – 336 с.

2. <https://naftochim.com.ua/p885780885-testernye-poloski-kontrolya.html>

3. https://pidru4niki.com/10981120/tovaroznnavstvo/metodi_viznachennya_falsifikatsiyi_konditerskih_virobiv_medu

Навчальне видання

МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Навчальний посібник
для студентів і аспірантів
спеціальності 181 «Харчові технології»

За загальною редакцією Ладика В. І.

Дизайн обкладинки В. Савельєва
Технічне редагування Т. Шутова
Верстка Ю. Семенченко



Підписано до друку 29.12.2021 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Цифровий друк. Гарнітура Cambria.
Ум. друк. арк. 12,85.
Наклад 300. Замовлення № 1221-425.

Видавництво та друк: ОЛДІ-ПЛЮС
вул. Паровозна, 46а, м. Херсон, 73034
Свідоцтво ДК № 6532 від 13.12.2018 р.

Тел.: +38 (0552) 399-580, +38 (098) 559-45-45,
+38 (095) 559-45-45, +38 (093) 559-45-45
Для листування: а/с 20, м. Херсон, Україна, 73021
E-mail: office@oldiplus.ua

