

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

**ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ:
ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ Й ОЦІНКА ЯКОСТІ
РОСЛИННИХ ЖИРІВ ТА ЦУКРУ**

Навчальний посібник

Чернівці
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
2023

УДК 665.3:664.1
Х 227

Друкується за ухвалою вченої ради Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (протокол № 6 від 29 червня 2023 р.)

Рецензенти:

Віктор ФЕДОРІВ, доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції Подільського державного аграрно-технічного університету, к.т.н, доцент;

Ольга РОМАНОВСЬКА, доцент кафедри харчових технологій, готельно-ресторанного і туристичного сервісу Чернівецького торговельно-економічного інституту Державного торговельно-економічного університету, к.т.н., доцент.

Х 227 Харчові технології: особливості виготовлення й оцінка якості рослинних жирів та цукру / укл. : Сачко А.В., Сема О.В., Воробець М.М. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича, 2023. 171 с.

Посібник містить відомості про базові технології олійно-жирових і цукрових виробництв: відомості про сировину, технологічні лінії, обладнання, яке використовують, дані про властивості готової продукції та принципи оцінки її якості. Розкриваються особливості виготовлення та оцінка якості рослинних олій і продуктів на їх основі, цукру та льодяникової карамелі.

Для здобувачів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 181 – Харчові технології денної та заочної форм навчання.

УДК 665.3:664.1

© Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2023

ВСТУП

Основна мета посібника – допомогти здобувачам вищої освіти під час самостійної роботи та підготовки до виконання лабораторних робіт; закріплення знань, отриманих при вивченні теоретичного матеріалу, ознайомлення із основними стадіями технологічних процесів виробництва рослинної олії та продуктів на її основі, технологіями цукру та льодяникової карамелі, відтворення деяких технологічних схем в умовах лабораторії, а також засвоєння методів контролю напівфабрикатів і готової продукції з подальшою оцінкою якості досліджуваних зразків на основі отриманих результатів. Також може бути використаний студентами як базовий план для підготовки до занять і допомога при підготовці до заходів контролю. Посібник містить детальну інформацію не лише про склад сировини та готової продукції, а й про основні стадії виробництва й обладнання, яке на них застосовується. Частина практичних робіт, описаних у посібнику, може бути проведена дистанційно в умовах віддаленого навчання, але частина потребує перебування в спеціалізованій лабораторії.

Отримання позитивного результату неможливе без самостійної роботи: опрацювання рекомендованої літератури, методичних матеріалів, відповідних чинних стандартів та інших нормативних документів. Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу проводиться за допомогою аудиторних і дистанційних контрольних робіт, усних опитувань, виконання тестових завдань, захистів протоколів лабораторних робіт.

Розділ 1. ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ

1.1. Олія як харчовий продукт

У повсякденному харчуванні людини олії – важливі харчові продукти: вони забезпечують організм енергією та незамінними ненасиченими жирними кислотами. Функціональні властивості олій багато в чому визначаються їхнім жирно-кислотним складом, ступенем ненасиченості та співвідношенням цис- і транс-ізомерів. У загальному тренді здорового харчування споживачі намагаються зменшити обсяг тваринних жирів у раціоні та замінити їх на рослинні.

Рослинні олії мають високу харчову цінність, вони, з одного боку, легко засвоюються організмом, з іншого – високоенергетичні продукти. Систематична нестача жирів у харчуванні людини може викликати низку важких проблем зі здоров'ям: від порушень діяльності центральної нервової системи до зниження імунітету. Однак надлишкове споживання рослинних жирів теж небезпечне і може викликати ожиріння та спровокувати цілий комплекс пов'язаних із ним захворювань.

Олія – це речовина, яка утворюється в результаті реакції конденсації гліцерину (триатомного спирту) та жирних кислот з утворенням тригліцеридів.

Оліями вважають тригліцериди, які за температури 20 °С рідкі та нерозчинні у воді. Їх можна отримати з тваринної або рослинної сировини. Від тригліцеридних рослинних олій відрізняють ***ефірні олії***, які теж нерозчинні у воді та мають рослинне походження. В окрему групу виділяють жири, отримані з морських організмів і риб. Таке виокремлення зумовлене не лише унікальними властивостями цих жирів, а й специфічними способами їх отримання.

Рослинні олії відіграють важливу роль у повсякденному раціоні людини. Їх споживають безпосередньо в рафінованій або нерафінованій формі, комбінують з багатьма харчовими продуктами, використовують для виготовлення маргаринів і майонезів. Окрім цього, олійні продукти можуть використовувати як інгредієнти або компоненти в багатьох інших галузях промисловості, зокрема косметичній, фармацевтичній,

лакофарбній, для виробництва мастильних матеріалів і біодизелю.

Рослинні жири й олії – ліпідні матеріали, отримані з рослин. За фізичними властивостями олії **рідкі** за кімнатної температури, а жири – **тверді**. Рослинні жири й олії можуть бути **харчовими (їстівними) і технічними (неїстівними)**.

Рослинні олії зазвичай виробляють з насіння або плодів рослин (наприклад, ріпаку, соняшнику, оливи тощо) простим пресуванням та/або екстракцією певним розчинником. Це неполярні й ліпофільні системи, склад яких дуже комплексний і суттєво залежить від природи та якості сировини, а також способу виробництва. Рослинні олії мають відносно високу температуру спалаху, селективну розчинну здатність і доступну ціну.

Одна з багатьох можливих класифікацій рослинної олійно-жирової продукції, яка чітко відображає різницю між ненасиченими оліями та гідрогенізованими жирами схематично подана на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Одна з класифікацій рослинних жирів та олій

Тверді жири мають широке застосування не лише у виробництві маргаринів, а й безпосередньо у виробництві

кондитерської продукції, випічки, ковбасному виробництві, у фармацевтиці та виробництві косметичної продукції.

За ступенем насиченості жирних кислот їх можна умовно поділити на насичені, моно- і поліненасичені жирні кислоти, до складу яких входять різні жирні кислоти, що безпосередньо позначається на фізико-хімічних властивостях олій.

1.2. Характеристика олійної сировини

Рослинні олії – це тригліцериди, отримані з рослинної сировини. Для більшості олій сировиною є насіння або боби (ядро соняшника, насіння кунжуту, соєві боби тощо). Деякі олії – пальмова, оливкова, олія авокадо – виготовляють з ендосперму плодів.

Олійна сировина – насіння та плоди олійних рослин, відходи ефіро-масляного та консервного виробництв, які містять олію і використовуються для промислового одержання харчових і технічних олій.

Олійними культурами прийнято вважати такі, в плодах або насінні яких міститься більше 15 % олії. Частину ботанічних культур вирощують тільки для виробництва олії (соняшник, ріпак, кунжут, гірчиця та інші), а частину (коноплі, бавовник, льон, арахіс, соя тощо) – для комплексного використання, тобто під час їх переробки олію отримують як побічний продукт.

Олійність насіння – показник, який вказує на кількість сирової олії та олійних речовин у насінні.



Рис. 1.2. Класифікація олійних культур

За вмістом олій насіння поділяють на три групи (рис. 1.2): високоолійні (понад 30 % – соняшник, арахіс, рапс), середньоолійні (20–30 % – бавовна, льон) і низькоолійні культури (до 20 % – соя).

У насінні олійних культур наявна значна кількість макро-, мікро- й ультрамікроелементів, сумарний уміст яких майже вдвічі перевищує їх кількість у насінні інших культур. Домішки каротинів і хлорофілу зумовлюють забарвлення олій: жовте, бурштинове, коричневе, зеленувате.

1.3. Олійні культури України

Через кліматичні особливості в Україні можна вирощувати майже всі олієвмісні культури, окрім кокосової пальми й оливи. Однак незаперечний лідер – соняшник. Вирощування соняшнику в 2021/2022 р.р. стало абсолютним рекордом для України – 17,5 млн т (31 % від світового обсягу). Багато висівають сої та ріпаку, їх урожай у 2022 маркетинговому році становив 3,4 та 3 млн тонн відповідно. У промислових кількостях вирощують також льон і гірчицю.

Нижче наведені найпоширеніші види сировини для олійного виробництва, які використовують на території України.

Соняшник – основна олійна культура в Україні (80 %), насіння якого містить від 50 до 60 % олії. Насіння сучасних високоолійних сортів містить 50–55 % олії (на абсолютно суху масу насіння) і 16 % протеїну, ядро – 65–67 % олії і 22–24 % протеїну. Олія соняшнику належить до групи напіввисихаючих. Йодне число соняшникової олії дорівнює 112–124.

Соя – білково-олійна культура, яка належить до родини бобових, квітки зібрані в суцвіття типу китиці, плід сої – біб, має дві або три насінини. Соєве насіння містить 35–50 % повноцінного за амінокислотним складом білка, 17–27 % високоякісної за жирнокислотним складом рослинної олії, 18–25 % різних вуглеводів, основні вітаміни, 5 % мінеральних речовин, а також специфічні біологічно активні компоненти (фосфати, ізофлавоноїди, сапоніни, фітати, олігосахариди), які використовують із лікувальною метою.

Льон належить до родини льонових. Суцвіття льону типу китиці, плід – коробочка, має від однієї до десяти насінин.

Розрізняють льон олійний (кудряш) і льон прядильний (довгунець). У насінні льону до 49 % жиру.

Гірчиця належить до родини капустяних. Квітки її зібрані в суцвіття типу китиці, плід – стручок. Для олійних культур цієї родини характерна наявність у насінні глікозинолатів або тіоглікозидів – сполук, які є джерелом гірчичних ефірних олій, що зумовлює використання гірчичного порошку в харчовій промисловості та медицині. У макусі (60–70 % маси насіння) міститься 25–32 % білка, 12 % жиру, 9 % клітковини.

Ріпак належить до родини капустяних. Серед олійних культур родини капустяних озимий ріпак посідає перше місце за вмістом олії в насінні (51 % олії з йодним числом 94–112); ярий ріпак має менший вміст напіввисихаючої олії – 35–45 % із йодним числом 101. В насінні озимого ріпака є до 20 % білка, в насінні ярого ріпака – 21–30 % білка і понад 17 % вуглеводів.

Конопля належить до родини коноплевих, квітки її зібрані в густі колосоподібні (жіночі) і типу волоті (чоловічі) суцвіття. Плід коноплі – горішок, який розкривається тільки під час проростання. Один із компонентів конопляної олії – хлорофіл, який надає продукту зеленуватого відтінку.

Насіння для виробництва *соняшникової* олії має відповідати чинному державному стандарту. Згідно з ним вологість насіння становить 6–8 %, вміст різноманітних домішок – 3 %, битого насіння – 1 %.

Однак головний показник якості сировини – олійність насіння: чим вона вища, тим більшим буде вихід олії.

1.4. Хімічний склад і властивості олій

Промислові олії – це складні суміші органічних речовин, більшість із яких – *тригліцериди* вільних жирних кислот й інших компонентів, серед яких виділяють фосфоліпіди, фітостероли, токоли (токофероли і токотрієноли, включаючи вітамін Е) і вуглеводні.

Соеві боби, наприклад – не лише джерело соєвої олії та багатого на білок соєвого шроту, але й основне джерело лецитину, стеролів та їх ефірів, а також природного вітаміну Е. В оліях у вигляді домішок можуть траплятися каротиноїди,

хлорофіл, віск, мінеральні речовини, жиророзчинні вітаміни (А, Е, D, К) тощо.

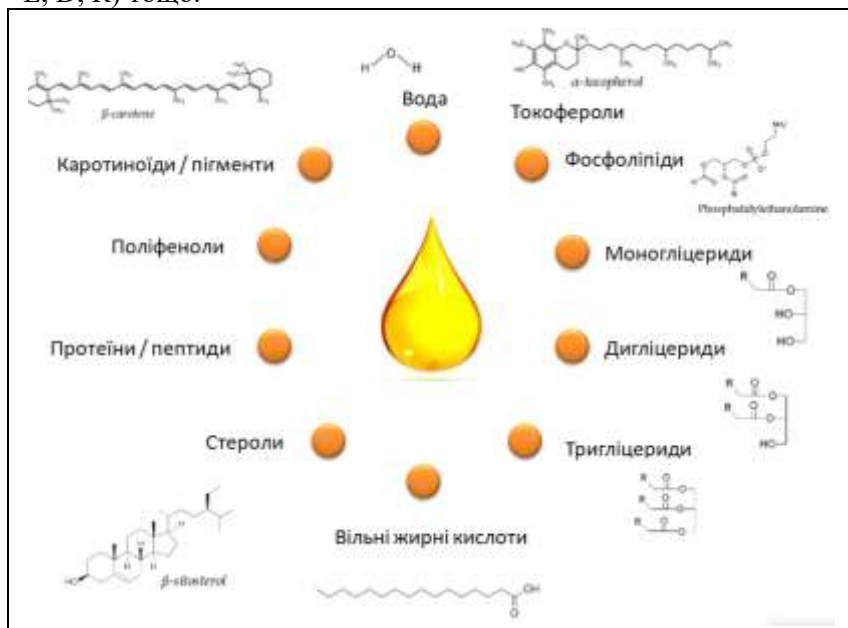


Рис. 1.3. Хімічний склад рослинних олій

Фосфоліпіди проявляють значну біологічну активність, беруть участь у процесі обміну поживних речовин і сприяють збільшенню їх засвоюваності.

Окрім тригліцеридів, в оліях наявні невеликі кількості діацилгліцеринів, моноацилгліцеринів і вільних жирних кислот. Вони можуть утворюватись унаслідок неповного біосинтезу в незрілому насінні або перебігу процесів ліполізу під час зберігання зібраного насіння. Майже всі вільні кислоти та більшість моноацилгліцеринів можна видалити рафінацією, але діацилгліцерини зазвичай залишаються у продукті. Їх уміст у рафінованих оліях становить 0–2 %, у рафінованій пальмовій олії близько 3–8 % діацилгліцеринів.

Після звичайної рафінації деякі олії, зокрема ріпакова/канолева, кукурудзяна, з рисових висівок і оливкова містять високоплавкий матеріал, який повільно кристалізується під час зберігання за температури навколишнього середовища.

Це спричинює помутніння, яке не становить загрози для споживачів, але ускладнює застосування олії для смаження та виготовлення салатних заправок. Таке помутніння викликане в основному *восковими ефірами* і може бути видалене витримкою олії за температури $\sim 5^\circ\text{C}$ протягом кількох годин із подальшим фільтруванням (за дещо вищої температури, щоб зменшити в'язкість).

Хоча термін «ліпід» іноді використовують як синонім жирів, *жири* – підгрупа ліпідів, які називають *тригліцеридами*.

Ліпіди – це група органічних сполук, яка містить жири, воски, стерини, жиророзчинні вітаміни (А, D, Е і К), моногліцериди, дигліцериди, фосфоліпіди та інші. Функції ліпідів: зберігання енергії, передача сигналів і виконання ролі структурних компонентів клітинних мембран.

Найбільша кількість ліпідів у соняшниковій, кукурудзяній та соєвій оліях. У біосинтезі рослинної олії ацилювання фосфату гліцерину відбувається під впливом ферментів і жирні кислоти розподіляються не випадково.

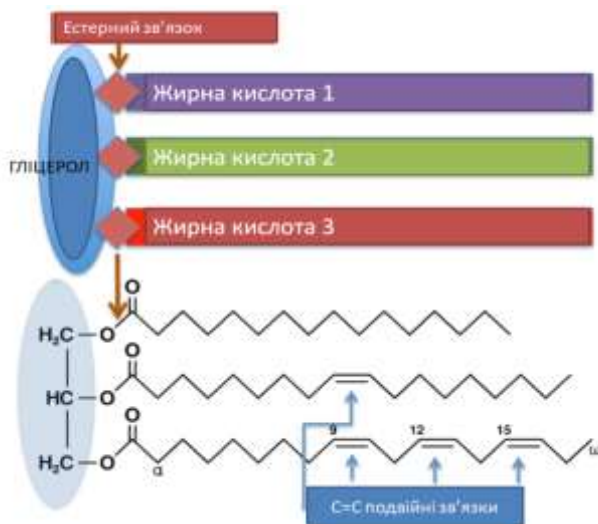


Рис. 1.4. Приклад молекули ненасиченого тригліцериду

У рослинних оліях положення $sn-2$ майже повністю етерифікується ненасиченими жирними кислотами, насичені кислоти та решта ненасичених кислот перебувають у положеннях $sn-1(3)$.

Вільні жирні кислоти утворюються під час гідролізу тригліцеридів або фосфоліпідів. Їх зазвичай вилучають із олій на стадії рафінування через їхній вплив на піноутворювальну здатність і димлення олій. Більшість жирних кислот природного походження мають алкільний ланцюг, який містить від 4 (C4) до 22 (C22) атомів Карбону. Найпоширеніші ненасичені жирні кислоти з C16 та C18.

Із ненасичених жирних кислот у складі олії переважають олеїнова, лінолева, ліноленова, які складають 80–90 % загального вмісту жирних кислот. Наприклад, у соняшниковій олії міститься 55–71 % лінолевої і 20–40 % олеїнової кислот (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Жирно-кислотний склад деяких рослинних олій, %

Жирні кислоти	Олія					
	Соняшникова	Соєва	Оливкова	Арахісова	Бавовняна	Салатна бавовняна
Насичені	11,3	13,9	15,75	18,2	24,7	22,0
Мононенасичені	23,8	19,8	66,9	43,8	19,4	20,4
Поліненасичені	59,8	61,2	12,1	33,3	50,8	53,2

Фосфоліпід. Сирі, свіжовичавлені олії, зазвичай мають велику кількість фосфоліпідів, які видаляють на стадії рафінування. Суміш фосфоліпідів з іншими ліпідними молекулами називають **лецитином**. Це надзвичайно цінна сировина, яку широко використовують у виробництві харчових продуктів, кормів для тварин і промислових продуктів. Такий спектр використання базується на амфіфільних властивостях фосфоліпідів (різні частини молекули проявляють ліпофільні та гідрофільні властивості).

Амфiфiльнiсть або амфiфiльнi властивостi – це здатнiсть сполук проявляти одночасно гiдрофiльнi та гiдрофобнi властивостi через наявнiсть у їхнiх молекулах полярноi та неполярноi частин. Амфiфiльнi молекули можуть бути частково розчинними у воднiй i в олійнiй фазах, що використовують для стабiлiзацiї емульсiйних систем.

У соевiй, рiпаковiй та соняшниковiй оліях: 1,5–2,5 %, $\leq 2,5$ % та ~ 1 % фосфолiпiдiв вiдповiдно. Соева олія – основне джерело комерцiйного лецитину, що може стати проблемою, оскiльки бiльшiсть соєвої олії нинi виготовляють з генетично модифiкованих (ГМ) рослин. Тому споживачi, якi хочуть уникати ГМ продуктiв, повиннi або знайти соєвий лецитин зi збереженою iдентичнiстю, або використовувати соняшниковий лецитин з негенетично модифiкованого насiння.

Стероли (стерини).

Бiльшiсть рослинних олії мiстять 1–5 г/кг стеролiв, частково у виглядi вiльних стеролiв, частково – етерифiкованих. Великий уміст стеролiв характерний для рiпакової олії (5–11 г/кг, в середньому $\sim 7,5$ г/кг) та кукурудзяної олії (8–22 г/кг, в середньому – 14 г/кг). Основний фiтостерол β -ситостерол (50– 80 % вiд загального стеролу).

Холестерин (холестерол) вважають зоостерином, якого у рослинних системах немає у значнiй кiлькостi. Значення 20–50 промiле у рослинних оліях набагато менше холестеролу, нiж у тваринних жирах (до 1000 промiле), риб'ячому жирi (до 7000 промiле), молочних жирах (2000–3000 промiле), яєчному жовтку (12 500 промiле).

Воски – це складнi ефiри вiльних жирних кислот i довголанцюгових жирних спиртiв (12–32 атомiв Карбону), переважно наявнi у зовнiшнiй частинi оболонки насiння й екстрагуютьсiя олійним розчинником (олією). Вони повнiстю змiшуютьсiя з гарячою олією i, маючи насиченi довгi ланцюги, випадають в осад у холоднiй олії.

1.5. Загальна характеристика технології рослинних олій

Олійні культури переробляють здавна, але лише зі збільшенням виробництва сої, олії з насіння стали основною групою харчових олій.

Виробництво харчових олій із насіння вимагає кількох етапів – від попередньої обробки насіння і до рафінації отриманих олій (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Загальна технологічна схема виробництва соняшникової олії

Перший блок охоплює всі технологічні операції від стадії зберігання насіння. Оскільки насіннєві культури можуть псуватися в умовах підвищеної вологості, вони мають пройти кондиціонування (висушування до певного значення вологості) і надалі зберігатись у сухих, добре вентильованих приміщеннях.

Перед переробкою насіння його очищують від домішок, обрушують від лузги та подрібнюють відповідно до подальшого перебігу технологічного процесу.

Другий етап – операції пресування й екстракції, можуть відбуватися незалежно одна від одної. Однак найчастіше використовують їхню комбінацію: спочатку насіння пресують, а потім отримані вичавки піддають дії екстрагенту для вилучення залишків олії.

І остання стадія – фізико-хімічне очищення олії або рафінація – сукупність послідовних технологічних процесів фізичного та хімічного очищення олії від небажаних компонентів.

1.6. Підготовка насіння

Різне географічне розташування районів вирощування насіння та бобових для виробництва олії зумовлює необхідність транспортування і зберігання кількох мільйонів тонн цієї продукції. Олійні культури збирають у певні періоди року, натомість олійні заводи працюють, переважно, протягом усього року. На процес переробки олійних культур суттєво впливають погодні умови, агротехнічні заходи, хвороби рослин тощо.

Вологість насіння олійних культур після збору врожаю зазвичай значно більша, ніж нормативні допустимі значення. Для забезпечення належних умов зберігання та підготовки насіння до наступних стадій технологічного процесу його просушують. Просушування проводять із застосуванням сушильного агента – нагрітої до 300–350 °С суміші газів, яку продувають через насіння у спеціальних сушильних апаратах. Для запобігання конденсації після просушування насіння охолоджують.

Перший етап очищення насіння олійних культур – видалення металів за допомогою магнітного сепаратора ротаційного типу. Для відділення негабаритного сміття використовують перфоровані металеві листи, під якими

розміщене друге сито для видалення піску. Останнє має бути забезпечене аспіраційним каналом для відокремлення легких частинок (в основному, лузги й пилу).

Наступний етап – очищення насіння олійних культур від лушпиння. Залежно від характеру та міцності зв'язку плодової насінневої оболонки з ядром олійні рослини поділяють на дві групи:

- рослини зі лушпинними плодами або насінням (зовнішня оболонка не зрощена з олієвмісною тканиною і відокремлена від неї повітряною порожниною);

- рослини з безлушпинними плодами або насінням (ядро міцно зрощене з лушпинням; таке насіння переробляють без відокремлення оболонки від ядра).

Лузга – сукупність насінневих і плодових оболонок ядер.

Лущення – необхідний процес для отримання високопротеїнового екстракційного шроту. Воно спричинює зниження вмісту сирої клітковини в насінні, тому обов'язково його застосовують для насіння соняшнику, бавовни та сої. Обладнання, необхідне для видалення лушпиння, залежить від природи олійної рослини. Тонкі або крихкі оболонки видаляють ударною лушпильною машиною разом із багатоступеневою аспірацією. Товстіше лушпиння піддають різанню. Таке лушпиння часто потребує побиття для полегшення відокремлення від насінини чи плоду.

Однак не існує ефективної системи для видалення оболонок із насіння ріпака/каноли через його малий розмір. У деяких випадках (зокрема для соєвих бобів) боби перед лущенням висушують до залишкового вмісту вологи в середньому 10 %, а потім витримують протягом ~72 год за аналогічних умов. Під час сушіння волога видаляється із зовнішньої частини бобів, що призводить до усадки оболонки та відокремлення ядра. Під час витримування волога переміщується з внутрішньої частини бобів до оболонки, внаслідок чого ядра стають меншими за розміром і ще більше відокремлюються від оболонки. Вміст клітковини в шроті можна зменшити так званім переднім лущенням та екстракцією олії або через «заднє лущення», видаляючи лушпиння просіюванням після екстракції

та зневоднення шроту. Найпоширеніша технологія – передне лушення. Перший етап відокремлення оболонки від ядра – процес шеретування або обрушування, який проводять за допомогою удару насіння об робочі органи машин – ротор і деку.

Другий етап відокремлення ядер від лузги – сепарування або провіювання. Рушанку необхідно поділити на фракції: ядра, оболонки, недошеретоване та ціле насіння. Останні дві фракції відправляють на повторне шеретування. Оскільки лушпиння значно менше та легше від ядра, воно має ліпші аеродинамічні властивості. Відокремлення шеретівки доцільно проводити із застосуванням повітряного потоку. Тому сепарацію (провіювання) проводять за допомогою спеціальних віяльних аспіраційних машин із набором сит.

Шеретування (обрушування) – процес відокремлення насінневих оболонок олійних рослин від ядра.

Рушанка – суміш цілих ядер, неповністю шеретованого насіння, оболонок, січки (частинок ядер), отримана після шеретування.

Для вичавлювання олії з насіння або ядра необхідно зруйнувати структуру клітин. Кінцевий результат подрібнення – переведення олії в клітинах насіння у форму, доступну для подальших технологічних впливів. Зазвичай для розколювання, розчавлювання та розтирання використовують механічне устаткування.

Масу зруйнованих і подрібнених ядер називають м'яткою. М'ятку не можна зберігати тривалий час через фермент ліпазу, під дією якої жири частково гідролізують на гліцерин і вільні жирні кислоти.

М'ятка – субстанція, отримана після подрібнення ядра олійних культур із великою питомою поверхнею порівняно з цілим насінням.

Чим інтенсивніше подрібнення, тим менша кількість клітин залишається незруйнованими і тим більше олії у вигляді тонких плівок – на частинках м'ятки. М'ятка за якістю подрібнення має на 60 % складатися з однорідних за розміром

частинок, які проходять через сито з вічками діаметром 1 мм і не містити цілих, незруйнованих клітин.

Узагальнена технологічна схема першого етапу виробництва олії – підготовки олійного ядра представлена на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Технологічні етапи отримання м'ятки з олійної сировини

1.7. Пресування та екстракція

Наступна група процесів, які використовують під час виробництва олії, спрямована на відокремлення цільового продукту (олії) від попередньо обробленої сировини. Для вилучення олії з м'ятки використовують три основні способи:

1. Механічний – пресування – прямий віджим олії з попередньо підготовленого насіння.
2. Хімічний – екстракція – вилучення олії з попередньо підготовленої сировини за допомогою органічних розчинників.
3. Комбінований спосіб, який поєднує пресування та подальшу екстракцію.

Виділення олії пресуванням (прямий віджим) використовують тільки для високоолійного насіння (олійність понад 30 %), у результаті чого залишковий уміст олії в шроті

становить 4,5–7,5 %. У сучасних умовах цей процес використовують нечасто, оскільки дуже важко отримати бажаний вихід олії без шкоди для продукту через високий тиск і тепло, які утворюються у пресувальних машинах і безпосередньо впливають на якість продукту.

Прямий віджим нині використовують тільки для дрібномасштабних операцій та/або для виготовлення нішових і крафтових продуктів. Він також може бути використаний для виробництва високоякісного продукту – так званої олії холодного віджиму.

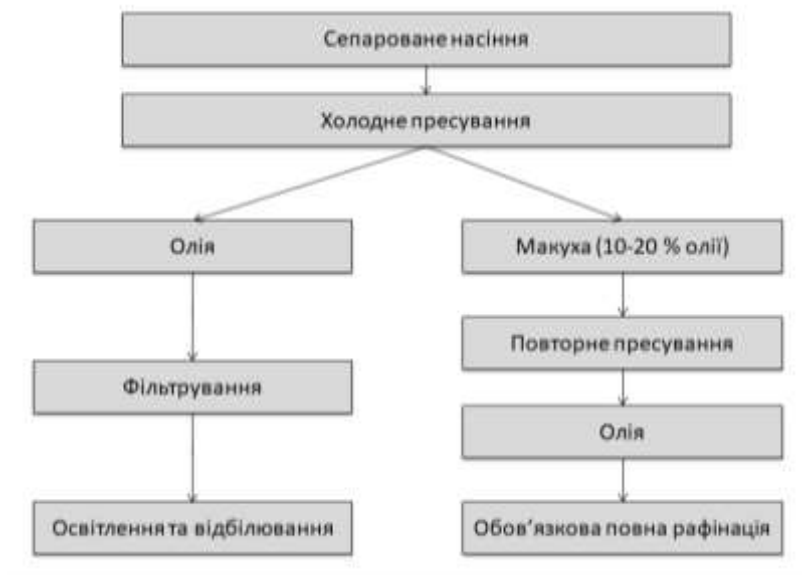


Рис. 1.7. Принципова схема отримання рослинної олії пресуванням

За прямого способу пресування насіння, подрібнене до стану пластівців або ціле, пресують без попередньої термічної обробки чи варіння. Вміст залишкової олії в макусі сягає 10–20 %. Вона може бути відновлена варінням макухи й повторним пресуванням. Таку олію, отриману другим віджимом, піддають повній рафінації. А для олії холодного віджиму достатньо лише освітлення і відбілювання.

Дрібні домішки, наявні в олії, видаляють за два етапи. Спочатку віджату олію відстоюють у резервуарі, а потім її додатково очищують за допомогою фільтрів (на малих заводах) або декантерів (на великих заводах).

Повне пресування майже цілком замінено попереднім пресуванням із подальшою екстракцією розчинником. Для культур низької олійності (наприклад соєвих бобів) доцільно використовувати тільки методи екстракції розчинниками.

Екстракційне вилучення олії

Екстракція розчинником складається з чотирьох операцій:

- фізичне видалення олії з насіння в екстракторі;
- десольватація – підсмажування знежиреного насіння (шроту), часто в поєднанні зі сушінням й охолодженням шроту;
- дистиляція для видалення розчинника з екстрагованої олії;
- відновлення розчинника для повторного використання в екстракторі.

Шрот – побічний продукт виробництва рослинних олій; твердий залишок насіння олійних культур, отриманий після екстракційного вилучення з нього олії.

Типова технологічна схема екстракційного вилучення олії з ядра наведена на рис. 1.8.

У промисловості зазвичай розрізняють два типи екстракторів: перколяційні та занурювальні. Перколяція також відома як безперервний процес екстракції, базується на принципі безперервного проходження розчинника через шар олійного матеріалу: олія розчиняється в розчиннику і вилучається з матеріалу. За використання занурювальних екстракторів у розчинник відразу занурюють всю порцію насіння. Система статична, тому необхідне перемішування, щоб зрівняти градієнт концентрації олії та розчинника. Перемішування призводить до стирання екстракційного матеріалу з утворенням зависі, тому суміш згодом фільтрують.



Рис. 1.8. Екстракційне вилучення олії з м'язги або ядра

Як розчинник в екстракційних процесах виробництва олії застосовують *гексан*, який задовольняє технічні, економічні та експлуатаційні потреби всіх олійних заводів. Інколи можуть використовувати *бензин або суміш бутан-пропан*.

Промислові екстрактори олії можна класифікувати, базуючись на інших особливостях: кошикові або стрічкові, ротаційні або прямі чи іншої форми, повна або часткова протитечія тощо. Нині системи, доступні на ринку, стають універсальними та подібними.

Усі комерційні екстрактори, найчастіше використовувані, базуються на принципі «протитечії». Чистий розчинник стикається із розчинником, який вже містить олію, натомість нова порція насіння або м'язги стикається з розчинником, який вже теж містить деяку кількість олії. Цей метод дає можливість досягнути високого ступеня вилучення олії, використовуючи невелику кількість розчинника. Температура – одна з ключових чинників, який необхідно контролювати для оптимізації екстракції. Тривалість екстракції визначається низкою факторів, які впливають на час контакту розчинника з насінням або

м'язгою, необхідний для досягнення найліпшого виходу екстрагованої речовини. Серед цих факторів – концентрація олії, в'язкість розчинника й олії, форма та розмір твердих частинок і їх результативна специфічна внутрішня структура після попередньої обробки – важливі для розрахунку часу перебування розчинника в екстракторі. Моделювання показало, що найбільша кількість олії екстрагується протягом перших хвилин, а з часом через настання рівноваги в системі олія стає менш доступною для розчинника.

Місцела – суміш леткого розчинника та майже нелеткої олії.

Місцела після екстрактора містить 25–30 % олії. Відокремлення олії від розчинника проводять випаровуванням останнього. Залишковий гексан потім видаляють за допомогою вакуумної відгонки. Випарений розчинник має бути охолоджений у конденсаторі й очищений у системі мінеральної абсорбції перед повторним використанням в екстракторі.

Найчастіше в промисловості використовують ***комбінований спосіб***, оскільки він дає змогу, з одного боку, отримати різні види олії, з іншого – досягнути максимального ступеня вилучення олії зі сировини.

М'ятка – доволі стабільна система з позиції колоїдної хімії, у якій краплі олії зв'язані з частинками ядра силами міжмолекулярної взаємодії. Тому для максимально ефективного відокремлення олії м'ятку піддають попередній гідротермічній обробці, яку проводять в кілька етапів. На першому етапі в спеціальних жаровнях м'ятку зволожують водяною парою до значень вологості 8–9 % за одночасного нагрівання до температури 80–85 °С. Потім її підсушують за температури 115–120 °С, щоб вологість зменшилася до 1,5–2 %. Прожарювання може тривати 40–45 хв. Отриману суміш називають м'язгою.

М'язга – продукт переробки м'ятки з вмістом олії 20–22 %.

М'язгу відправляють на пресування у форпреси – апарати неглибокого пресування для отримання олії, яку подають на фільтри, після чого – на подальшу обробку (рафінацію). Отриману після віджиму масу – макуху, піддають екстрагуванню для виділення з неї залишків олії.

Макуха (вичавки, жмих) – побічний продукт, отриманий після вичавлювання олії з насіння олійних культур пресуванням.



Рис. 1.9. Комбінований спосіб вилучення олії з м'ятки

Олію, отриману після екстракції долучають до олії, отриманої пресуванням і подають на подальшу обробку – фізичне та хімічне очищення.

Принципова технологічна схема одержання олії із використанням комбінованого способу представлена на рис. 1.9.

1.8. Рафінація олій

Олії, отримані переробкою олійних культур, перед споживанням підлягають рафінації, мета якої – видалення небажаних сполук: фосфатидів, вільних жирних кислот, пігментів, ароматизаторів, воску, важких металів, пестицидів, ароматичних поліциклічних вуглеводнів тощо, зберігаючи бажані компоненти сирогої олії (вітаміни, поліненасичені жирні кислоти) без значних утрат основних компонентів (тригліцеридів).

Основні стадії рафінації рослинних олій такі:

1. Знежирення: для видалення фосфатидів і слизових речовин.
2. Нейтралізація: для видалення поліненасичених жирних кислот і фосфоліпідів.
3. Відбілювання: для видалення пігментів (хлорофілів і каротиноїдів) і сполук, які сприяють окисненню, наприклад гідропероксидів.
4. Дезодорація: для видалення летких речовин із неприємним або різким запахом.
5. Остаточна депарафінація: для видалення легкоплавких ацилгліцеринів і довголанцюгових аліфатичних вуглеводнів.

Загалом процеси, які відбуваються під час рафінації, поділяють на хімічні та фізичні, котрі відрізняються в основному застосовуваною технологією. За хімічного очищення більшість фосфатидів й інших домішок видаляють нейтралізацією лужним розчином, зазвичай розчином натрій гідроксиду (NaOH). За фізичного очищення вільні жирні кислоти видаляють дистиляцією під час дезодорації. Тому фосфатиди й інші домішки необхідно видалити перед дистиляцією з парою. Фізичну рафінацію нині ще застосовують, але не для всіх олій. Вибір методу переробки залежить від характеристик конкретної олії та потреб виробництва. Сирі олії з малим умістом фосфатидів (пальмова, пальмоядра, кокосова) майже завжди піддають фізичному очищенню. Соева олія також може бути фізично рафінована залежно від обробки бобів до і під час екстракції. Деякі олії, наприклад, бавовняну, не варто піддавати фізичному очищенню, оскільки ця обробка не здатна видалити пігмент госсипол.

Госсипол (Gossypol) – природній поліфенол, жовтий пігмент, який отримують із бавовника; побічний продукт виготовлення бавовняної олії; потенційно отруйна речовина.

Фізична рафінація економічно вигідна для продуктів із високим умістом вільних жирних кислот, приміром пальмової та лауринової олій. Перевага парової рафінації олій з малим умістом жирних кислот (наприклад соєвої, кукурудзяної, арахісової, соняшникової, сафлорової, ріпакової) – зменшення забруднення

навколишнього середовища олійно-жировими комбінатами, спричиненого підкисненням соапстоків, отриманих традиційною хімічною обробкою.

Соапсток – суміш відходів переробки (рафінації) рослинних олій (жирні кислоти, слизи, білки, мінеральні солі, нейтральний жир, вода та інші речовини).

Тому для деяких видів олій (ріпакової, соняшникової, кукурудзяної) вибір типу використовуваної рафінації визначається економічністю процесу та локальними екологічними вимогами.

Фосфатиди в сирій олії перебувають у гідратованій або негідратованій формі. Гідратовані фосфатиди можна легко видалити додаванням еквівалентного об'єму води за температури 60–80 °С. Після 20–30 хв відстоювання фосфоліпіди поглинають гідратуючий агент, набухають і втрачають розчинність в олії, випадаючи в осад. Після цього їх відокремлюють відстоюванням, фільтруванням або центрифугуванням. Очищена олія може бути висушена у вакуумі та безпосередньо спрямована на наступні стадії переробки, а видалені гідратовані фосфоліпіди – висушені у вакуумі та використані для переробки й отримання сирого лецитину.

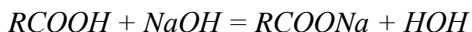
Гідратація (гідратування) – видалення фосфоліпідів зі сирої олії під дією гарячої води.

Фосфатиди в негідратованій формі, зазвичай кальцієві та магнієві солі фосфатидної кислоти та фосфатидилетаноламіну, залишаються в олії після обробки теплою водою. За допомогою кислоти їх перетворюють на форми, які підлягають гідратації. Використовують фосфорну та лимонну кислоти, які здатні вивільняти фосфатидну кислоту і фосфатидилетаноламін й утворювати комплекс з іонами кальцію і магнію, які видаляють разом із водною фазою. Фосфоліпіди, виділені під час кислотної гідратації, непридатні для виробництва лецитину через різний фосфатидний склад і наявність кислот.

Наступна стадія рафінації олій – *лужна нейтралізація*. Вільні жирні кислоти – потужні каталізатори реакцій окиснення,

які відбуваються в оліях. Тому видалення цих кислот – обов’язкова умова, оскільки їх наявність безпосередньо впливає на смакові властивості олій та їхній термін зберігання.

Лужна нейтралізація – видалення вільних жирних кислот, основа якого – взаємодія цих кислот із лужним агентом з утворенням мил:



Найпоширеніший спосіб видалення вільних жирних кислот – лужна нейтралізація, суть якої полягає в омиленні кислот розчином каустичної соди (натрій гідроксид) або іншими розчинами з лужною реакцією середовища. Оскільки питома вага утворених мил більша за питому вагу вільних жирних кислот, їх можна легко відокремити відстоюванням або сепарацією. Під час лужної нейтралізації з олії видаляють також негідратовані фосфатиди, важкі метали та частину пігментів. Суміш відходів, утворених на цій стадії, називають **соапстоком** (з англ. *soap* – мило).

Щоб лужна нейтралізація була максимально ефективною, необхідно чітко дібрати умови: надлишок лугу, його концентрацію та температуру, за яких проводять процес.

Відбілювання (адсорбційна рафінація) – вилучення з олій забарвлювальних речовин і пігментів.

До складу олій входять пігменти та забарвлювальні речовини. Хлорофіли надають оліям зеленого забарвлення, каротиноїди – багряного та помаранчевого, ксантофіли – жовтого, госипол (пігмент бавовняної олії) – жовтого. Забарвлювальні речовини, на відміну від пігментів, можуть не мати яскравого забарвлення, але під час взаємодії з киснем утворювати забарвлені сполуки.

Позбутися забарвлювальних речовин і пігментів можна через адсорбцію, основна мета якої – знизити рівень пігментів. Також видаляються залишки фосфатидів, мила, сліди металів, продуктів окиснення та білків, які перешкоджають подальшій обробці, знижуючи якість кінцевого продукту. Для відбілювання олій використовують активовані глини, отримані внаслідок

термічної і кислотної обробок природних бентонітових глин (алюмосилікатів).

Кислотна обробка за підвищених температур викликає заміщення іонів алюмінію і магнію на іони гідрогену, що призводить до подальшого руйнування структури, після чого значно збільшується питома поверхня і потужність адсорбенту. Причому чим більший ступінь заміщення катіонів іонами гідрогену, тим більший рівень активації.

Під час відбілювання забарвлювальні речовини фізично адсорбуються на поверхні адсорбенту завдяки силам Ван-дер-Ваальса. Інші компоненти (мила та фосфатиди) адсорбуються в макро- та мезопорах частинок адсорбенту.

Якщо розібрати процес відбілювання за стадіями, то він має такі етапи:

- попереднє нагрівання і деаерація олії за температури 100 – 110°C;
- преремішування системи олія – адсорбент і контакт протягом 15–30 хв за температури 100–110°C;
- охолодження за температури 30–60°C;
- видалення адсорбенту за допомогою фільтрів;
- вилучення залишків олії із адсорбенту.

Важливі критерії відбілювання або адсорбції: кількість адсорбента, тривалість, перемішування, температура та тиск (атмосферний або під вакуумом).

Наявність восків в олії під час охолодження спричинює утворення міцної павутиноподібної сітки, яка ускладнює використання продукту та суттєво погіршує товарний вигляд. Однак жодна з вище розглянутих стадій рафінації не забезпечує видалення восків із олії.

Видалення восків з олії називають виморожуванням. Часто застосовують синонімічні терміни – вінтеризація та депарафінізація. Для виморожування восків олію поступово охолоджують до температури 6–8 °C і витримують протягом 4 год. Для поліпшення процесів кристалізації та фільтрування додають адсорбенти (кізельгур, фільтр перліт та інші). Олія після виморожування має бути прозорою і не каламутніти за низьких температур (до 5 °C) протягом 24 год.

Виморожування (депарафінізація, вінтеризація) –
вилучення восків із олії.

Дезодорація – це парова дистиляція, яку проводять під вакуумом (0,5–8 мбар) за підвищених температур (180–270 °С) для видалення летких компонентів (альдегіди, кетони) та інших летких сполук (пестициди, легкі поліцикличесні ароматичні вуглеводні) за допомогою відгінних середовищ, таких як водяна пара або азот, що можливе завдяки великій різниці величин летючості цих небажаних речовин та інших етерифікованих ліпідів. Ретельне виконання дезодорації також поліпшує стабільність і колір олії, зберігаючи її поживну цінність.

Дезодорація – вилучення з олій летких речовин, які зумовлюють запах і смак.

Коригуванням умов дезодорації досягають видалення специфічних речовин. Наприклад, ефект «теплого відбілювання», який ліпше виражений під час дезодорації / парового рафінування пальмової олії, спрямований на термічний розпад каротиноїдів. Теплова деградація каротиноїдів за температури 210 °С відбувається дуже повільно, але за температури понад 260 °С завершується за кілька хвилин. Ця температура типова для дезодорації пальмової олії.

Однак існує загальна тенденція формування м'якших умов обробки, щоб уникнути утворення потенційно шкідливих продуктів (транс-жирних кислот й інших сполук), а також для максимального збереження природних характеристик олій і корисних речовин зокрема токоферолів.

Дезодорація – багатоступеневий процес, який охоплює деаерацію, багатоступеневе нагрівання, дезодорацію-розкислення і багатоступеневе охолодження олії. Деаерацію перед нагріванням проводять для уникнення окиснення та полімеризації. Подальше нагрівання зазвичай виконують за два етапи. На першому етапі олію, яка надходить, нагрівають протитечією через масляний теплообмінник. Після цього її нагрівають за зниженого тиску до температури дезодорації за допомогою високотемпературного джерела, такого як водяна пара високого тиску або інший теплоносій. Етап дезодорації–

окислення триває за температури від 180 °С до 270 °С під вакуумом (0,5–8 мбар) із використанням водяної пари або азоту як відпарювального агента. Всі дезодоратори сконструйовані так, щоб забезпечити найліпший контакт між газом-відпарювачем і олією. Відпрацьований газ уводять в олію через спеціальні розподільники.

Пари, які виходять з дезодоратора, складаються з водяної пари, летких сполук (жирних кислот, стеринів, токоферолів, домішок тощо) та невеликої кількості нейтральної олії.

Конденсація летких сполук відбувається в прямому конденсаторі або скрубєрі, в результаті чого утворюється побічний масляний продукт, який називають **дистилят дезодоратора**. Остаточне охолодження олії здійснюють під вакуумом або за зниженого тиску. Потім олія проходить фільтрацію, де на горизонтальних пластинчастих фільтрах видаляються всі залишкові дрібнодисперсні частинки.

Загальна технологічна схема рафінації олії подана на рис. 1.10.



Рис. 1.10. Технологічна схема рафінації олії

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Визначення якості сировини для виробництва рослинної олії

Для забезпечення ефективності технологічного процесу й отримання високої якості готового продукту необхідно проводити перевірку якості вихідної сировини, яка потрапляє на зберігання та переробку, використовувати показники якості для оптимального налагодження роботи технологічного обладнання.

1.1. Відбір середньої проби насіння методом діагонального ділення

Мета: навчитися відбирати середню пробу насіння методом діагонального ділення.

Прилади й обладнання: дошка; дві планки зі скошеними ребрами.

Матеріали: насіння соняшника, сої або льону.

Якість насіння – сукупність біологічних, фізико-хімічних, технологічних і споживчих властивостей, яка визначає його використання за різним призначенням (насінневе, продовольче, для технічних потреб).

Для характеристики олійного насіння використовують показник «стан насінної маси», який трактують як сукупність таких фізико-хімічних властивостей, як: вологість, ступінь засміченості, температура, стиглість, ураженість шкідниками, самозігрівання.

До основних показників якості сировини для виробництва рослинної олії належать: уміст сміттєвих та олійних домішок, жиру (олійність), вологість, лущинність.

Методика виконання

Об'єднану пробу насіння висипають на рівну поверхню (спеціальний піднос, який має в одній зі стінок виріз), розмішують за допомогою двох коротких планок зі скошеними ребрами. Розрівнюють у формі квадрата і перемішують так, щоб насіння, захоплене з протилежних боків квадрата ділильними планками в правій і лівій руках, зсипалось до середини і після кількох перемішувань утворився валик. Потім насіння планками захоплюють з кінців валика і також одночасно з обох боків

зсипають до середини. Таке перемішування повторюють тричі. Після завершення перемішування насіння розрівнюють у вигляді квадрата та ділять діагоналями на чотири рівних трикутники (рис. 1.1):

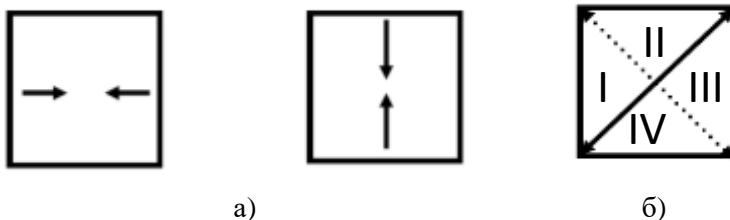


Рис. 1.1. Відбір середньої проби: а) перемішування; б) діагональне ділення

Два протилежні трикутники (наприклад II і IV) відкидають, а з двома іншими (наприклад I і III) продовжують лабораторні дослідження, за умови, що маса насіння в кожному трикутнику відповідає масі зразка, потрібного для аналізу.

1.2. Визначення масової частки сміттєвих та олійних домішок в олійній сировині

Мета: визначити масову частку сміттєвих та олійних домішок в олійній сировині.

Прилади й обладнання: сита з діаметрами вічок 3, 2, 1 і 0,5 мм; скальпель; дошка розбірна; терези лабораторні IV класу; склянки об'ємом 250 см³.

Матеріали: насіння соняшника, гарбуза, сої або льону (за вибором викладача).

Важливий показник технологічної якості насіння – вміст домішок, які не тільки знижують вихід олії, але й погіршують її якість.

Усі домішки сировини поділяють на сміттєві та олійні. До сміттєвих домішок належать мінеральні домішки (частинки ґрунту, пісок, камінці) та органічні домішки (стебла рослин, листя, насіння інших культур тощо). Олійні домішки – це частково пошкоджене, бите, роздроблене, поїдене шкідниками, зі зміненим кольором ядра, дрібне або проросле насіння основної насінневої маси.

Методика виконання

Крім чітко виражених сміттевих й олійних, домішки можуть бути неявно виражені сміттеві й олійні – це насіння з неушкодженою, здоровою за загальним зовнішнім виглядом оболонкою, але із зіпсованим ядром. Таку зіпсованість насіння можна визначити тільки розкриттям оболонки.

З насіння арахісу, соняшнику та сої, очищеного від сміттевих й олійних домішок відбирають наважку масою приблизно 10 г. Усе насіння наважки за допомогою скальпеля розрізають навпіл, і, залежно від стану та ступеня зіпсованості, розрізане насіння відносять до основного насіння або до олійної чи сміттевої домішки згідно з характеристиками, наведеними у нормативній документації для досліджуваної культури.

Отримані фракції: крупних, сміттевих, явно виражених та неявно виражених сміттевих й олійних домішок зважують і розраховують масову частку загальної засміченості насіння (у відсотках):

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4;$$

де ω_1 – масова частка крупних сміттевих домішок, %;

ω_2 – масова частка олійних домішок, %;

ω_3 – масова частка явно виражених сміттевих і олійних домішок, %;

ω_4 – масова частка неявно виражених сміттевих і олійних домішок, %.

Для культур із дрібним насінням (льон, кунжут, мак, гірчиця, конопля тощо) неявно виражені домішки не визначають.

Для визначення сміттевих й олійних домішок необхідно зважувати насіння з відхиленням не більше 0,1 г.

Для визначення вмісту явно виражених сміттевих й олійних домішок відбирають наважку насіння масою 100 г.

Для визначення вмісту зіпсованого та пошкодженого насіння, тобто неявно виражених сміттевих й олійних домішок, необхідно відібрати додаткову наважку насіння масою 10 г.

1.3. Визначення крупних смітєвих домішок в олійній сировині

Мета: визначити масову частку крупних смітєвих домішок в олійній сировині.

Прилади й обладнання: сита з діаметрами вічок 6, 3 мм; терези лабораторні IV класу.

Матеріали: насіння соняшника, гарбуза, сої або льону.

Методика виконання

Відважують середню пробу насіння (m) та просіюють її круговими рухами на ситі з діаметром вічок 6 мм для насіння соняшника, арахісу, рицини (крупнонасінних) або діаметром 3 мм для дрібнонасінних – льону, гірчиці, маку, рижю, коноплі, кунжуту, ріпака. Зі сит забирають крупні смітєві домішки: частини листя, стебел, корзинок та ін. Ці домішки зважують (m_1) і результат записують у лабораторний зошит.

Вміст крупних смітєвих домішок (ω , у %) визначають за формулою:

$$\omega = \frac{m_1}{m} \cdot 100\%$$

де m – маса наважки проби насіння, г;

m_1 – маса крупних смітєвих домішок, г.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

1.4. Визначення масових часток явно виражених смітєвих й олійних домішок в олійній сировині

Мета: визначити масові частки явно виражених смітєвих й олійних домішок в олійній сировині.

Прилади й обладнання: сита з діаметрами вічок 3, 1, 0,5 мм; терези лабораторні IV класу.

Матеріали: насіння соняшнику, гарбуза, сої, коноплі, льону, гірчиці, ріпаку, кунжуту, рижю.

Методика виконання

Середню пробу, звільнену від крупних смітєвих домішок, просіюють через сито з діаметром вічок 3,0 мм для насіння

соняшника, сої; 1,0 мм – коноплі, льону, гірчиці, ріпаку, кунжуту; 0,5 мм – рижію.

Просіювання виконують вручну без струшування, круговими рухами протягом 2–3 хв. Видалення смітєвих та олійних домішок з арахісу й насіння маку проводять без просіювання.

Зі сита видаляють явно виражені смітєві й олійні домішки. Домішки, які пройшли через сито відносять до смітєвих. Видалені смітєві домішки (окрім олійних) зважують. Отримані результати записують у лабораторний зошит.

Масові частки явно виражених смітєвих (ω_1 , у %) й олійних домішок (ω_2 , у %) визначають за формулами:

$$\omega_1 = \frac{m_3}{m_2} \cdot 100\% ; \quad \omega_2 = \frac{m_4}{m_2} \cdot 100\% ,$$

де m_2 – маса наважки проби насіння для визначення явно виражених смітєвих й олійних домішок, г;

m_3 – маса фракції явно виражених смітєвих домішок, г;

m_4 – маса фракції явно виражених олійних домішок, г.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

1.5. Визначення масових часток неявно виражених смітєвих й олійних домішок в олійній сировині

Мета: визначити масові частки неявно виражених смітєвих й олійних домішок в олійній сировині.

Прилади й обладнання: скальпель; дошка розбірна; терези лабораторні IV класу; склянки об'ємом 250 см³.

Матеріали: насіння соняшнику, гарбуза, сої, коноплі, льону, гірчиці, ріпаку, кунжуту, рижію.

Методика виконання

З окремої наважки насіння (m_5), очищеного від явно виражених смітєвих й олійних домішок, (~10 г) можна визначити неявно виражені смітєві й олійні домішки. Насіння розрізають уздовж великої осі і залежно від стану та ступеня дефектів розділюють його у три ємності: в одній – основне насіння, в другій – олійні домішки, в третій – смітєві домішки.

Окремо зважують пошкоджене та зіпсоване насіння (з оболонками).

Результати зважувань записують у лабораторний зошит (m_6 , m_7 , г). Масові частки неявно виражених сміттєвих (ω_3 , у %) і олійних домішок (ω_4 , у %) визначають за формулами:

$$\omega_3 = \frac{m_6}{m_5} \cdot 100\%; \quad \omega_4 = \frac{m_7}{m_5} \cdot 100\%,$$

де ω_3 – масова частка неявно виражених сміттєвих домішок, %;

ω_4 – масова частка неявно виражених олійних домішок, %;

m_5 – маса наважки для визначення неявно виражених сміттєвих й олійних домішок, г;

m_6 – маса неявно виражених сміттєвих домішок, г;

m_7 – маса неявно виражених олійних домішок, г.

Загальний уміст домішок у насінні виражають як суму відсоткового вмісту всіх видів домішок, вказавши окремо вміст олійних і сміттєвих домішок.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Визначення вологості насіння олійних культур

Сухе й дозріле насіння під час зберігання за низьких температур перебуває «у стані спокою», а за підвищення вологості та температури у ньому відбуваються процеси інтенсивної життєдіяльності – віталітет. Тому зберігання зерна олійних культур складніший процес порівняно зі зберіганням зерна злакових. Жири, які є у насінні олійних культур, не зв'язують вологу, як білки та крохмаль.

Вологе насіння погано зберігається, швидко зігрівається та псується. Згідно зі ДСТУ 4525:2006 насіння соняшника вважають сухим, якщо значення його вологості менше 7 %, середньої сухості – 7–8 %, вологим – 8–9 %, сирим – понад 9 %. Від вологості насіння залежить технологічний процес його переробки: за підвищеної вологості відбувається руйнування оболонки та тканини ядра, що негативно впливає на операції обрушування та подрібнення.

Мета: визначити вологість насіння олійних культур.

Прилади й обладнання: шафа сушильна; терези лабораторні (технічні); ексікатор; бюкси з кришками; скальпель (або ніж); щипці.

Матеріали: насіння соняшника, сої або льону.

Методика виконання

Визначення вологості під час приймання партії насіння проводять методом висушування наважки в сушильній шафі за температури 130 °С протягом 40 хв.

У два, попередньо зважені з кришками, бюкси відбирають наважки насіння масою по 5 г кожна з відхиленням $\pm 0,01$ г. Відкриті бюкси з кришками вміщують у сушильну шафу за температури 130 °С. Через 40 хв за допомогою щипців бюкси виймають, закривають кришками та поміщають в ексікатор до повного охолодження.

Бюкси зважують і за різницею маси наважок до та після висушування визначають втрату вологи.

Вологість насіння (W , у %) обчислюють за формулою:

$$W = \frac{m - m_1}{m_1 - m_2} \cdot 100\%;$$

де m – маса бюкса з насінням до висушування, г;

m_1 – маса бюкса з насінням після висушування, г;

m_2 – маса порожнього бюкса, г.

За двома паралельними визначеннями знаходять середньоарифметичне значення, яке й беруть за вологість насіння.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Визначення лушпинності олійного насіння

Лушпиння негативно впливає на якість подрібнення насіння. Його вміст має бути чітко регламентованим. Лушпинність визначають відповідно до вимог стандартів. Згідно зі ДСТУ вміст лушпиння для соняшнику має бути не більшим 12 %. Чим менша лушпинність насіння, тим більший вихід олії і більша продуктивність використовуваного обладнання.

3.1. Визначення лушпинності насіння соняшнику та рицини

Мета: визначити лушпинність насіння соняшника та рицини.

Прилади й обладнання: бюкси з кришками; скальпель або гострий ніж; пінцет; ваги лабораторні; ексикатори; порцелянові чашки або склянки об'ємом не менше як 200 см³.

Матеріали: насіння соняшнику та рицини.

Методика виконання

Із середньої проби насіння відбирають наважки з відхиленням $\pm 0,01$ г масою 10 г соняшнику, 20 г рицини. Зважене насіння очищують від лушпиння за допомогою пінцета, відокремлюють оболонку та зважують її з відхиленням $\pm 0,01$ г.

Лушпинність насіння (X , y %) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{m_1}{m} \cdot 100\%,$$

де m_1 – маса лушпиння, г; m – маса насіння, г.

3.2. Визначення лушпинності насіння сої

Мета: визначити лушпинність насіння сої.

Прилади й обладнання: бюкси з кришками; скальпель (або ніж); пінцет; ваги лабораторні; ексикатори; порцелянові чашки або склянки об'ємом не менше як 200 см³.

Матеріали: насіння сої.

Методика виконання

Для досліджень відбирають насіння сої, очищене від сміття та половинок. Із середньої проби сої, для якої попередньо визначена вологість, паралельно відбирають дві наважки по 10 г із відхиленням $\pm 0,01$ г. Насіння заливають водою і витримують протягом 10 хв за кімнатної температури. Потім скальпелем відокремлюють насінневу оболонку (лушпиння) від ядра і поміщають у попередньо зважений бюкс, який витримують у сушильній шафі протягом 1 год за температури 100–105 °С, охолоджують в ексикаторі й зважують із відхиленням $\pm 0,01$ г.

Лушпинність насіння сої (X , y %) у перерахунку на абсолютно суху речовину визначають за формулою:

$$X = \frac{m_1 \cdot 100}{m \cdot (100 - W)} \cdot 100\%,$$

де m_1 – маса висушеної оболонки, г; m – маса насіння сої, г; W – вологість насіння до замочування, %.

Примітка: якщо вологість насіння невідома, її визначають за методикою ЛР № 2.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

4.1. Отримання рослинних олій пресуванням

Мета: отримати деякі рослинні олії за допомогою пресування.

Прилади й обладнання: лабораторний гідравлічний прес; терези лабораторні IV класу (технічні); скальпель або гострий ніж; склянка ємністю 50 см³; кристалізатор об'ємом 500–1000 см³.

Матеріали: насіння соняшнику, гірчиці, сої, виноградні кісточки та ін.

Методика виконання

Перед виконанням роботи насіння обов'язково очищують (насіння соняшнику можна пресувати і неочищене, але якість і вихід олії будуть гіршими).

Для отримання рослинної олії методом пресування використовують лабораторний гідравлічний прес (рис. 4.1), принцип роботи якого ґрунтується на тиску шнека на стінки камери. Унаслідок сильної притискної сили, яка діє на сировину, відбувається виділення олії.

Прес складається з трьох частин:

- 1 – металевого корпусу зі швелера;
- 2 – дерев'яного кошика;
- 3 – домкрата.

За холодного віджиму олії насіння не піддають термічній обробці та контакту з металевими деталями. Олія, вичавлена в кошику пресуванням не окиснюється, в ній зберігаються всі мікроелементи та корисні поживні речовини. На виході одержують світлу олію з приємним запахом і чудовим смаком.

Завдяки відсутності взаємодії з металом, олія зберігає приємний соняшниковий смак і довше зберігається.

Для вичавлювання олії підготовлене ядро вміщують у корпус пристрою, закривають поршнем і вставляють у лабораторний гідравлічний прес. Потім за допомогою ручного насоса збільшують тиск до максимального (червона риска на манометрі). Зі зниженням тиску його знову збільшують до максимального за допомогою ручного насоса.



Рис. 4.1. Гідравлічний прес для вичавлювання олії: 1 – металевий корпус; 2 – дерев’яний кошик; 3 – домкрат

Відпресовану олію обережно переносять у попередньо зважену склянку (m_1). Склянку із олією зважують (m_2) з відхиленням $\pm 0,01$ г. За різницею мас визначають масу отриманої олії ($m_3 = m_2 - m_1$).

Масову частку олії (ω , у %) обчислюють за формулою:

$$\omega = \frac{m_3}{m} \cdot 100\% ,$$

де m – маса сировини, завантаженої у прес, г;

m_3 – маса отриманої олії, г.

Отриману олію аналізують за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

4.2. Визначення олійності насіння методом вичерпної екстракції

Мета: визначити олійність насіння методом вичерпної екстракції.

Прилади й обладнання: порцелянова чашка; апарат Сокслета; порцелянова ступка з товчачиком; електричний млин; шафа сушильна; баня водяна; колби круглдонні об'ємом 300 см³ і 100 см³; електроплита; термометр; ваги лабораторні; терези аналітичні.

Матеріали: насіння соняшнику, сої або льону, або кісточки абрикоса, персика, винограду та ін.; знежирені фільтрувальний папір і вата; розчинник (гексан, гептан, діетиловий або петролейний ефір).

Визначення олійності насіння методом вичерпної екстракції базується на визначенні масової частки ліпідів (у %) у матеріалі (місцелі), отриманому після екстракції олії та супутніх жироподібних речовин із олійної сировини (насіння) органічним розчинником.

Методика виконання

Насіння олійної культури масою 10 г у порцелянових чашках попередньо сушать у сушильній шафі за температури 102–105°C протягом 30–120 хв залежно від початкової вологості. Насіння сої, незалежно від вологості, підсушують протягом 3 хв. ***Вологість підсушеного насіння має бути близько 3–3,5 %*** (визначення вологості проводять за методикою ЛР №2).

Висушене насіння подрібнюють за допомогою електричного млина або у порцеляновій ступці, доки ядро не перетвориться на борошно, а лущиння набуде вигляду тонких голок завдовжки не більше $\frac{1}{4}$ довжини насіння.

Насіння сої попередньо подрібнюють у ступці вручну, а потім – за допомогою електричного млина, доки його частинки зможуть повністю проходити через сито з діаметром вічок 0,25 мм.

Подрібнене насіння засипають у патрон, попередньо зважений на аналітичних терезах зі відхиленням $\pm 0,0001$ г.

Приготування патрона

Патрони для апаратів Сокслета готують із аркуша знежиреного фільтрувального паперу розміром 110×500 мм. Для цього на дерев'яну болванку діаметром 25 мм та довжиною 150 мм накручують фільтрувальний папір так, щоб з одного боку болванки його край виступав на 2–2,5 см. Цю частину паперу за допомогою пінцету загинають у міру накручування на болванку. Потім патрон обтискають із торця об плоску поверхню і знімають із болванки. На дно патрона кладуть шматочок знежиреної вати і зважують. Подрібнене насіння вміщують у патрони і знову зважують.

У патрони для екстракції олії з насіння соняшнику вміщують вату, якою протирають млин і ступку, де подрібнювали насіння.

Висота патрона з наважкою насіння має бути такою, щоб верхній край сифона екстракційної насадки був на 1 см вищий від патрона.

Край патрона з подрібненим насінням закривають за допомогою пінцета і поміщають в екстрактор.

Будова апарата Сокслета і принцип його роботи

Основними частинами апарата Сокслета (рис. 4.2) є: приймальна колба (круглодонна колба); екстрактор (сокслет) та зворотний холодильник (конденсатор).

Головна частина – екстрактор – циліндрична ємність із двома боковими трубками (сифонні трубочки). Ширша трубка зворотного холодильника (трубка 1) необхідна для відведення пари розчинника в холодильник. Тонша трубка (трубка 2) – це сифон, через який відводиться розчин ліпідів (місцела) у приймальну колбу.

Завершення екстракції встановлюють за відсутністю олії в розчиннику в екстракторі. Для цього кілька крапель розчинника з екстрактора наносять на шліф колби або чисте скло. Розчинник випаровують. Якщо після висихання краплин на шліфі або склі

немає масляної плями, то екстракцію вважають завершеною. За наявності олії в розчиннику екстракцію продовжують.



Рис. 4.2. Будова апарату Сокслета.

Після завершення екстрагування припиняють підігрівання колби, дають їй охолонути, вимикають воду і знімають холодильник. Потім, нахиливши екстрактор, у колбу для приймання через сифонну трубку зливають залишки розчинника та від'єднують колбу від екстрактора.

Примітка: місцелу з колбою залишають для подальших досліджень.

Методика проведення вичерної екстракції

У приймальну колбу, попередньо знежирену та висушену до постійної маси за температури 102–105 °С, наливають розчинник приблизно до 1/3 її об'єму. Потім до колби приєднують екстрактор, куди наливають розчинник, щоб він повністю покрив патрон в екстракторі.

Всі частини апарата щільно з'єднують один з одним за допомогою шліфів.

Після з'єднання усіх частин апарата у холодильник пускають воду і колбу для приймання підігривають на водяній бані. ***Кипіння в колбі має бути рівномірним.*** Пара розчинника проходить по трубці відведення у холодильник, конденсується і краплями стікає у патрон із насінням, яке підлягає екстрагуванню. Екстрактор постійно наповнюється рідким розчинником, під дією якого ліпиди (олія) виходять із подрібненого насіння. Коли рівень розчинника в екстракторі піднімається вище верхнього коліна сифонної трубки, розчинник переливається через сифон у колбу, де, знову підігриваючись, перетворюється на пару. Пара піднімається у холодильник, конденсується й стікає в екстрактор.

Розчинник через екстрактор має сифонувати не менше 7–8 разів/год. Ліпиди (олія) концентруються у колбі.

Початком екстракції вважають момент, коли розчинник вийде з насадки екстрактора в колбу для приймання удруге. Після цього екстракцію виконують безперервно для насіння соняшника – 30 год; культур із дрібним насінням – 22–24 год; сої – 72 год; бавовни – 12 год.

Якщо неможливо організувати цілодобову роботу лабораторії, то екстракцію переривають, припиняючи підігрівання водяної бані. Патрони з подрібненим насінням в екстракторі залишають у розчиннику. Тривалість екстракції має бути не менше: для соняшнику – 28 год; культур із дрібним насінням – 20 год; сої – 65–67 год; бавовни – 12 год.

Майже на половині тривалості процесу екстракції патрон в екстракторі перевертають.

4.3. Визначення масової частки олії в місцелі ваговим методом

Місцела – це розчин олії в будь-якому органічному розчиннику, який використовували для екстракції.

Значення масової частки олії в органічному розчиннику необхідно встановлювати для оцінки якості роботи екстрактора, дистиляторів. Для визначення концентрації місцели застосовують ваговий і рефрактометричний методи.

Мета: визначити масову частку олії в місцелі гравіметричним (ваговим) методом.

Прилади й обладнання: порцелянова чашка та ступка з товкачем; шафа сушильна; баня водяна або піщана; насадка Вюрца; холодильник Лібіха; аллонж; електроплита; термометр лабораторний; круглодонна колба ємністю 100 см³; склянка або бюкс об'ємом 50 см³; терези лабораторні II класу.

Матеріали: місцела, отримана під час вичерпної екстракції.

Ваговий метод базується на визначенні масової частки олії – ліпідів (у %) у досліджуваній місцелі за різницею маси наважки місцели до та після відгонки розчинника з наступним висушуванням олії.

Методика виконання

Колбу з місцелою, отриману під час екстракції, зважують на лабораторних терезах з відхиленням $\pm 0,01$ г.

Збирають установку для перегонки: до колби з місцелою приєднують насадку Вюрца з термометром і холодильником Лібіха, до якого через алонж приєднують приймач – круглодонну або плоскодонну колбу об'ємом 100 см³. Холодильник під'єднують до водної мережі й починають відгонку розчинника.

Олію в колбі, яка залишилася після відгонки розчинника, висушують у сушильній шафі за температури 100–105°C до постійної маси. Після цього колбу з олією знову зважують, олію переносять у склянку або бюкс для проведення подальших лабораторних досліджень. Колбу ретельно миють, висушують і зважують. Масову частку олії в місцелі (ω , у %) розраховують за формулою:

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%,$$

де m_1 – маса колби з олією, г; m_2 – маса порожньої колби, г; m – маса наважки місцели, г.

Визначення олійності насіння

Масову частку олії (ω_1 , у %) в очищеному від домішок, подрібненому та підсушеному насінні відносно до маси насіння розраховують за формулою:

$$\omega_1 = \frac{m - m_1}{m_2} \cdot 100\%,$$

де m – маса колби з олією, г; m_1 – маса порожньої колби, г; $(m - m_1)$ – маса олії, г; m_2 – наважка подрібненого насіння, г.

Масову частку олії в насінні в перерахунку на масу сухої речовини (ω_2 , у %) розраховують за формулою:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{(100 - W)} \cdot 100\%,$$

де ω_1 – масова частка олії в подрібненому та підсушеному насінні, %; W – вологість насіння, %.

Масову частку олії в насінні (ω_3) за виробничої вологості та вмісту сміття розраховують за формулою:

$$\omega_3 = \omega_2 \cdot \frac{100 - (C - W_1)}{100},$$

де ω_2 – масова частка олії в насінні в перерахунку на масу сухої речовини, %; C – сміттєва домішка, %; W_1 – вологість насіння, яке надійшло на виробництво, %.

За остаточний результат аналізу беруть середньоарифметичне значення двох паралельних визначень олійності насіння.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

4.4. Визначення масової частки олії в місцелі рефрактометричним методом

Метод базується на визначенні масової частки олії (ліпідів) у досліджуваній місцелі за величиною різниці значень показника заломлення місцелі і чистого розчинника.

Мета: визначити масову частку олії в місцелі рефрактометричним методом.

Прилади й обладнання: рефрактометр.

Матеріали: місцела, отримана під час вичерпної екстракції.

Методика виконання

За допомогою рефрактометра визначають показник заломлення місцелі та розчинника за тієї самої температури, повторюючи аналіз три рази.

Точне значення масової частки олії в місцелі (ω , у %) розраховують за формулою:

$$\omega = \frac{\Delta n}{K} \cdot 100\%,$$

де Δn – середнє арифметичне значення трьох визначень різниці між показниками заломлення місцелі і чистого розчинника;
 K – коефіцієнт, значення якого знаходять, використовуючи допоміжну табл. 4.1:

Таблиця 4.1

Таблиця для визначення значення K

Приблизна очікувана масова частка олії в розчиннику (місцелі), %	Значення K для місцел	
	Соняшника	Бавовни та сої
від 0,5 до 19,5	0,00070	0,00070
>19,5 – 30,5	0,00072	0,00071
>30,5 – 50,5	0,00074	0,00072
>50,5 – 60,5	0,00075	0,00073
>60,5 – 75,0	0,00076	0,00074
>75,0 – 90,0	0,00077	0,00075
>90,0 – 100,0	0,00078	0,00076

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

4.5. Визначення масової частки механічних домішок у місцелі

Мета: визначити масову частку механічних домішок у місцелі.

Прилади й обладнання: паперовий фільтр; колба об'ємом 50 см³; лійка Бюхнера діаметром 50 мм; колба Бунзена; вакуум-насос або водоструминний насос; терези лабораторні IV класу; ваги аналітичні; сушильна шафа.

Матеріали: розчин олії в розчиннику (гептані, гексані), який містить механічні домішки (попередньо приготовлений).

Метод базується на визначенні в місцелі масової частки механічних домішок, нерозчинних у розчиннику для екстракції олії, які вилучають фільтруванням через паперовий фільтр.

Методика виконання

Зразки місцели зазвичай відбирають із пробовідбірних кранів, встановлених на трубопроводі нефільтрованої місцели. Зважують на лабораторних терезах IV класу ~25 г відібраної місцели. Фільтрують через паперовий фільтр, попередньо висушений разом зі склянкою для зважування у сушильній шафі за температури 102–105°C до сталої маси та зважений на аналітичних вагах з відхиленням $\pm 0,0001$ г.

Після фільтрування фільтр і колбу промивають чистим розчинником до повного видалення олії. Фільтр із осадом переносять у склянку для зважування та сушать у сушильній шафі за температури 102–105 °C до сталої маси.

Масову частку механічних домішок у місцелі (X , у %) розраховують за формулою:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%,$$

де m_1 – маса фільтру з осадом, г; m_2 – маса вихідного фільтра, г; m – маса наважки місцели, г.

4.6. Органолептична оцінка рослинної олії

Визначення органолептичних показників рослинних олій проводять за температури 20 °C.

Запах олії визначають наносячи тонкий шар на скляну пластинку або розтиранням на долоні. Для чіткішого визначення запаху можна нагріти олію на водяній бані приблизно до 50 °C. Запах описують за вираженістю, стійкістю, наявністю специфічних і сторонніх компонентів.

Смак олії визначають за тих умов, як і запах. Невелику кількість олії (неповну чайну ложку) кладуть до ротової порожнини і визначають наявність смакових відтінків: характерних рослинних присмаків, відчуття кислих, гірких компонентів, інтенсивність і тривалість смаку, його зміну під час тримання олії у роті.

Для визначення **кольору** олію наливають у чисту хімічну склянку товщиною шару не менше як 5 см. На білому фоні у прохідному та відбитому світлі зазначають інтенсивність і відтінок кольору, наявність зважених частинок і домішок.

Отримані результати лабораторних досліджень записують у протокол роботи та оформлюють у вигляді таблиці:

Таблиця 4.2

Зразок таблиці для оформлення протоколу роботи

Насіння або ядро кісточок	
Маса сировини, завантаженої у прес (m), г	
Маса порожньої склянки (m_1), г	
Маса склянки з олією (m_2), г	
Маса отриманої олії (m_3), г	
Масова частка олії в сировині (ω), %	
Органолептичні показники олії:	
Запах	
Смак / наявність присмаків	
Колір	

4.7. Визначення густини рослинних олій

Густина олій і жирів залежить від природи жирних кислот, які входять до складу тригліцеридів, їх молекулярної маси та ступеня ненасиченості. Зазвичай значення густини олій і жирів перебувають у межах 0,9000–0,9500 г/см³ (900–950 кг/м³).

Для визначення відносної густини, яка залежить від температур олії та води, необхідно визначити густину олії за температури t_1 і густину води за температури t_2 ($\rho_{t_2}^{t_1}$).

Густину перераховують на точно виміряну температуру: для олії – 20 °С, для води – 4 °С. Спочатку проводять перерахунок на температуру олії 20°С за формулою:

$$\rho_{t_2}^{20} = \rho_{t_2}^{t_1} + \beta \cdot (t_1 - 20),$$

де $\rho_{t_2}^{20}$ – густина олії за температури 20 °С і води за температури t_2 , г/см³; $\rho_{t_2}^{t_1}$ – густина олії за температури експерименту, г/см³; t_1 – температура олії під час експерименту, °С; t_2 – температура води під час експерименту, °С; β – коефіцієнт об'ємного розширення рослинної олії (величина зміни об'єму за зміни температури на 1°С).

Потім приводять густину олії до температури води за 4 °С, використовуючи для обчислення формулу:

$$\rho_4^{20} = \rho_{t_2}^{20} \cdot \Delta,$$

де Δ – густина води (г/см^3) за температури експерименту $t_2, ^\circ\text{С}$.

Для рослинних олій у рідкому стані значення коефіцієнта об'ємного розширення в температурному інтервалі 15–100 °С міститься у межах 0,00063–0,00070, зазвичай використовують середнє значення 0,00068 або 0,00070. Для жирних кислот значення коефіцієнта об'ємного розширення на 0,00002–0,00003 бідше, ніж для тригліцеридів.

Густину визначають за допомогою пікнометрів об'ємом 10, 20 або 25 см^3 .

Мета: визначити густину соняшникової олії пікнометрично.

Прилади й обладнання: пікнометр об'ємом 20 або 25 см^3 ; хімічна склянка ємністю 500 см^3 ; термометр; піпетка на 1 см^3 ; суміш спирту з діетиловим ефіром у співвідношенні 1:1.

Матеріали: соняшникова олія.

Методика виконання

Сухий порожній пікнометр із повітрям у ньому зважують на аналітичних терезах. Для визначення маси порожнього пікнометра m вводять поправку: із маси пікнометра з повітрям віднімають масу повітря, яке знаходиться в ньому, приймаючи, що 1 см^3 повітря важить 0,0013 г.

Після цього пікнометр заповнюють дистильованою водою до позначки. З метою наближення температури води t_2 до постійної (близької до 20 °С) пікнометр поміщають у склянку з водою на 25–30 хв, зануливши в нього термометр. Через 25–30 хв пікнометр виймають зі склянки і витирають фільтрувальним папером. Надлишок води в пікнометрі вилучають за допомогою фільтрувального паперу, а у разі нестачі – доливають до позначки за допомогою піпетки. Пікнометр з водою зважують на аналітичних терезах (m_2). Воду виливають, а пікнометр промивають сумішшю спирту з діетиловим ефіром і висушують у сушильній шафі за температури 105 °С.

Після охолодження пікнометр обережно заповнюють рослинною олією, не допускаючи утворення бульбашок повітря

та потрапляння олії на зовнішні стінки пікнометра. Знову занурюють пікнометр у склянку з водою на 25–30 хв, зануривши в нього термометр, для приведення температури олії до постійної t_1 , перевіряючи рівень олії в пікнометрі за верхнім меніском. Надлишок олії в пікнометрі вилучають за допомогою піпетки або фільтрувального паперу, скрученого в тонку трубочку та витирають внутрішню поверхню пікнометра. Потім пікнометр з олією зважують на аналітичних терезах (m_1).

Густину рослинної олії розраховують за формулою:

$$\rho_{t_2}^{t_1} = \frac{m_1 - m}{m_2 - m},$$

де m – маса порожнього пікнометра (без повітря), г; m_1 – маса пікнометра з олією, г; m_2 – маса пікнометра з водою, г; t_1 – температура олії, °С; t_2 – температура води, °С.

Густину олії, знайдену експериментально, перераховують на стандартну температуру (ρ_4^{20}). Точність визначення має бути $\pm 0,0002$.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

Окрім класичних методик визначення густини олії є й апаратні.



Рис. 4.3. Кінематичний віскозиметр SVM 2001

Один зі зручних способів визначення густини та кінематичної в'язкості олій – використання віскозиметра Столтенберга (рис. 4.3). Його використовують для аналізу пально-мастильних матеріалів, але може бути з успіхом використаний для рослинних олій. Віскозиметр Столтенберга дуже простий у роботі, містить вбудований термостат, що дає змогу працювати в температурному діапазоні від 15 °С до 100 °С.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Визначення фізико-хімічних показників якості олії

Олія соняшникова за фізико-хімічними показниками має відповідати вимогам ДСТУ 4492:2005 «Олія соняшникова. Технічні умови» (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Фізико-хімічні показники олії соняшникової (ДСТУ 4492:2005)

Показник	Олія	
	Вищого гатунку	Першого гатунку
Кислотне число, мг КОН/г, не більше ніж	1,0	1,5
Пероксидне число, 1/2 О ммоль/кг, не більше ніж:		
- під час випуску з підприємства	3,0	6,0
- наприкінці терміну зберігання	10,0	10,0
Масова частка вологи та летких речовин, %, не більше ніж	0,10	0,15

5.1. Визначення масової частки вологи в олії

Вологість необхідно визначати для дотримання правильного зберігання та технологічної переробки олій. Її встановлюють висушуванням наважки олії за температури 100 – 105 °С. Волога, яка міститься в олії, випаровується і олія набуває сталої маси. Однак під час висушування олій маса може зменшуватися не тільки через втрату вологи, але й через випаровування інших речовин, наприклад летких кислот, ефірних олій та продуктів їх розкладу за дії високих температур.

Досить часто висушування супроводжується окисненням олій за наявності кисню повітря, що призводить до збільшення маси. Щоб запобігти цьому впливу наважку олії рекомендують

сушити в атмосфері інертних газів, наприклад вуглекислого газу, азоту.

Мета: визначити вологість олії.

Прилади й обладнання: шафа сушильна; ваги лабораторні IV класу (технічні); ексикатор; бюкси з кришками; скальпель або гострий ніж; щипці.

Матеріали: зразки олії.

Методика виконання

У металевому бюксі, який попередньо висушують, охолоджують в ексикаторі та зважують, відбирають 5 г досліджуваного зразка рослинної олії з відхиленням $\pm 0,001$ г.

Відкритий бюкс з кришкою і зразком олії вміщують у сушильну шафу за температури $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 1 год. Потім бюкс закривають кришкою й охолоджують в ексикаторі та зважують. Повторюють висушування протягом 30 хв, охолоджують і зважують, доки між результатами двох послідовних вимірювань не буде відхилень.

Масову частку води олії (ω , у %) розраховують за формулою:

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100\%,$$

де m_0 – маса порожнього бюкса до висушування, г;

m_1 – маса бюкса з пробєю олії до висушування, г;

m_2 – маса бюкса з пробєю олії після висушування, г.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

5.2. Визначення кислотного числа олії

Кислотне число (КЧ) – показник, який характеризує вміст у 1 г рослинної олії вищих жирних кислот та інших речовин, титрованих лугом; виражається в мг калій гідроксиду (KOH), необхідного для їх нейтралізації. Цей показник характеризує ступінь свіжості олії.

Кислотне число регламентується стандартами для всіх видів харчових жирів. Для рафінованих рослинних олій згідно з чинним стандартом КЧ дорівнює 0,25–0,65. За неправильного зберігання олії кількість вільних жирних кислот збільшується,

подальше їх окиснення спричинює погіршення смаку та запаху, за інтенсивніших процесів окиснення – непридатність олій для харчових цілей.

Збільшення значення КЧ в олії чи жирі вказує на гідроліз тригліцеридів. Ця реакція відбувається під дією ферменту ліпази і є показником невідповідних умов обробки та зберігання (високі температура і відносна вологість, пошкодження тканин). Джерелом ферменту може бути тканина, з якої вилучено олію або жир чи забруднення з інших клітин, включаючи мікроорганізмами. Окрім вільних жирних кислот, під час гідролізу тригліцеридів утворюється гліцерин. Значення кислотних чисел для деяких рослинних олій подані у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Гранично допустимі значення кислотного числа рослинних олій

Рослинна олія		Кислотне число, мг КОН / г жиру
Соняшникова	рафінована	0,4
	нерафінована вищого сорту	1,5
	нерафінована I сорту	2,25
Соєва	рафінована	0,3
	гідратована I сорту	1,0
Кукурудзяна	рафінована	0,4
	нерафінована	5,0
Оливкова	першого віджиму	6,6
Використана олія (після смаження)		31

Кислотне число можна визначити методом титрування вільних жирних кислот розчином лугу за наявності індикатора фенолфталеїну. Суть методу полягає в розчиненні проби олії у суміші розчинників із подальшим титруванням вільних жирних кислот розчином натрій або калій гідроксиду.

Мета: визначити кислотне число рослинної олії.

Прилади й обладнання: технічні ваги; конічна колба для титрування об'ємом 200 см³; штатив; бюретка; водяна баня.

Матеріали: зразки рослинної олії.

Реактиви: індикатор – 1%-й спиртовий розчин фенолфталеїну; 0,1 моль/дм³ розчин калій гідроксиду (КОН) або натрій гідроксиду (NaOH); нейтральна суміш етилового спирту (етанолу) й етилового ефіру у співвідношенні 1:2.

Підготовка розчинника. Спочатку готують спиртово-ефірну суміш у співвідношенні 1:2 – до однієї об'ємної частини (наприклад, 50 см³) етанолу додають дві об'ємні частини етилового ефіру (2·50=100 см³), ретельно перемішують. Після цього до суміші додають декілька крапель розчину індикатора фенолфталеїну та нейтралізують наявні сліди кислот, додаючи краплинами 0,1 моль/дм³ розчин калій або натрій гідроксиду до появи стійкого рожевого забарвлення від однієї краплі титранту.

Методика виконання

Зважують порожню конічну колбу для титрування об'ємом 200 см³. Потім у ній відбирають наважку досліджуваної олії масою 3–5 г із відхиленням ±0,01 г. Додавають 50 см³ попередньо нейтралізованої спиртово-ефірної суміші, ретельно перемішують. Нагрівають на водяній бані, **не допускаючи закипання суміші!** Після повного розчинення олії вносять 3–5 крапель 1%-го спиртового розчину індикатора фенолфталеїну й титрують 0,1 моль/дм³ розчином лугу (NaOH або КОН) до появи слабкорожевого забарвлення, стійкого протягом 5–10 с.

Кислотне число (мгКОН / г олії) визначають за формулою:

$$KЧ = \frac{V \cdot K \cdot 5,61}{m},$$

де $KЧ$ – кислотне число, мг КОН / г олії; V – об'єм розчину лугу, який витрачений на титрування, см³; K – поправочний коефіцієнт для розчину КОН, який розраховують за формулою: $K = N_{\text{КОН}} / 0,1$, де $N_{\text{КОН}}$ – нормальність розчину КОН; 5,61 – кількість мг КОН, яка міститься в 1 см³ 0,1 моль/дм³ розчину (*примітка:* за умови використання 0,1 моль/дм³ розчину NaOH це число буде дорівнювати 4,0), мг/см³; m – маса наважки рослинної олії, г.

За двома паралельними визначеннями знаходять середньоарифметичне значення кислотного числа, яке приймають за кінцевий результат.

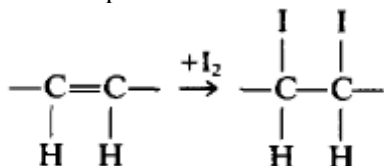
Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

5.3. Визначення йодного числа олії методом Маргошеса

Йодне число (ЙЧ) – важлива характеристика олії; воно вказує на частку наявних ненасичених жирних кислот.

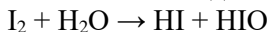
Йодне число – показник, який характеризує наявність в олії ненасичених жирних кислот або кількість подвійних зв'язків у ненасичених жирних кислотах олії. Йодне число постійне. За чинним національним стандартом йодне число рафінованих рослинних олій має бути не більше 10,0 або 12,0 залежно від виду.

Йодне число дорівнює масі йоду (у г), необхідного для насичення жирних кислот, наявних у 100 г олії або жиру. Для олій, багатих насиченими жирними кислотами йодні числа малі, багатих ненасиченими жирними кислотами – великі.

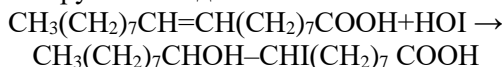


Методи визначення йодного числа дуже точні та забезпечують одержання результатів, близьких до теоретично розрахованих, за винятком випадків наявності спряжених подвійних зв'язків або подвійних зв'язків, розташованих поряд із карбоксильною групою. Значення йодного числа для деяких жирів та олій подано в табл. 5.3.

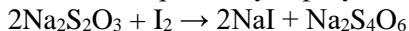
Суть методу Маргошеса базується на реакції ненасиченої кислоти жиру з гіпойодитною кислотою, яка утворюється під час взаємодії йоду з великою кількістю води за рівнянням:



Реакція жиру з гіпойодитною кислотою:



Надлишок йоду, який не прореагував (не приєднався), відтитрують розчином натрій тіосульфату:



за наявності індикатора – розчину крохмалю.

Таблиця 5.3

Йодне число для деяких рослинних олій

Вид рослинної олії	Йодне число, г I ₂ / 100 г олії
Соняшникова	125–145
Соева	120–140
Гірчична	102–108
Бавовняна	102–117
Оливкова	75–85
Кукурудзяна	111–133

Для визначення кількості йоду, який вступив у реакцію приєднання до ненасичених жирних кислот досліджуваної олії проводять контрольний дослід (без олії) за аналогічних умов. Різниця між кількістю 0,1 моль/дм³ розчину натрій тіосульфату, використаного на титрування контрольної та досліджуваної проб, є показником кількості йоду, зв'язаного олією.

Мета: визначити йодне число рослинної олії.

Прилади й обладнання: технічні ваги; фільтрувальний папір; металеве або пластикове сито (фільтр); вимірювальні циліндри; конічні колби для титрування об'ємом 200 см³; піпетки на 10, 15, 20 см³; бюретки; водяна баня.

Матеріали: зразки рослинної олії.

Реактиви: 0,1 моль/дм³ спиртовий розчин йоду; індикатор – 1%-й водний розчин крохмалю; 0,1 моль/дм³ розчин натрій тіосульфату (Na₂S₂O₃); 95%-й етиловий спирт.

Методика виконання

В одну з конічних колб уміщують наважку рослинної олії масою 0,1–0,2 г (дослідна проба), в другу – таку саму масу дистильованої води (контрольна проба). У кожену колбу додають по 10 см³ спиртового розчину йоду й ретельно перемішують. Через 15 хв уміст колб відтитрують 0,1 моль/дм³ розчином натрій тіосульфату (Na₂S₂O₃) до появи світло-жовтого забарвлення. Потім додають 1 см³ розчину крохмалю й продовжують титрувати розчином натрій тіосульфату до зникнення синього забарвлення.

Йодне число (у %) розраховують за формулою:

$$I\check{C} = \frac{(V_k - V_o) \cdot K \cdot 0,01269}{m} \cdot 100\%,$$

де $(V_k - V_o)$ – різниця об'ємів 0,1 моль/дм³ розчину натрій тіосульфату, витрачених на титрування контрольної та дослідної проб відповідно, см³;

K – поправочний коефіцієнт для розчину натрій тіосульфату, який розраховують за формулою: $K = N_{Na_2S_2O_3} / 0,1$, де $N_{Na_2S_2O_3}$ –

реальна нормальність розчину натрій тіосульфату, моль/дм³;

m – наважка досліджуваної олії, г;

0,01269 – кількість йоду, еквівалентна 1 см³ 0,1 моль/дм³ розчину натрій тіосульфату, г.

За двома паралельними визначеннями величини йодного числа знаходять середньоарифметичне значення, яке приймають за кінцевий результат.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

5.4. Визначення пероксидного числа олій і жирів

Пероксидне число (ПЧ) – це відношення кількості речовин у пробі, які за стандартних умов окиснюють калій йодид у перерахунку на активний кисень, до маси досліджуваної проби. Пероксидне число – показник ступеня свіжості олій і жирів.

Під пероксидним числом розуміють масу йоду (г), виділеного з калій йодиду (КJ) пероксидами, наявними в 100 г жиру. Це кількість первинних продуктів окиснення, які виділяють із водного розчину калій йодиду вільний йод.

Уміст пероксидів у рослинних оліях виявляють до появи неприємного запаху та смаку. Пероксидних сполук в оліях небагато, що зумовлено швидким перетворенням їх на речовини, які не містять пероксидного оксигену. До пероксидних сполук входять, переважно, гідрпероксиди, пероксиди, диакілпероксиди.

Мета: визначити пероксидне число рослинної олії.

Прилади та обладнання: колба конічна для титрування об'ємом 200 см³; бюретка; піпетки; годинникове скло; вимірювальний циліндр; секундомір; ваги лабораторні; водяна баня.

Матеріали: зразки рослинної олії.

Реактиви: 0,01 моль/дм³ розчин натрій тіосульфату; 10%-й розчин калій йодиду; хлороформ; кислота ацетатна льодяна (х.ч.); 1 %-й водний розчин крохмалю; дистильована вода.

Методика виконання

У конічну колбу об'ємом 200 см³ вносять наважку досліджуваної олії масою 0,2–0,3 г. *Паралельно проводять контрольний дослід без олії.* В іншу конічну колбу об'ємом 200 см³ вносять дистильовану воду масою 0,2–0,3 г. Додавають у кожну колбу по 10 см³ хлороформу. Швидко розчиняють досліджувану пробу олії. Доливають по 15 см³ ацетатної кислоти (льодяної) та по 1 см³ 10%-го розчину калій йодиду. Колби зразу закривають корком або годинниковим склом.

Уміст колб перемішують протягом 1 хв і залишають на 5 хв у темному місці за температури 15–25 °С. Потім додають по 75 см³ дистильованої води, ретельно перемішують і додають по 5 крапель 1%-го розчину крохмалю. Йод, який виділився, відтитрують 0,01 моль/дм³ розчином натрій тіосульфату (Na₂S₂O₃) до зникнення синього забарвлення вмісту колби.

Розрахунок пероксидного числа (ПЧ) здійснюють за формулою:

$$ПЧ = \frac{(V_k - V_0) \cdot K \cdot 0,001269 \cdot 100}{m},$$

де $(V_k - V_0)$ – різниця об'ємів розчину натрій тіосульфату, витрачених на титрування контрольної та дослідної проби, відповідно, см³;

K – поправочний коефіцієнт для розчину натрій тіосульфату, який розраховують за формулою: $K = N_{Na_2S_2O_3} / 0,01$, де $N_{Na_2S_2O_3}$ – реальна нормальність розчину натрій тіосульфату;

0,001269 – кількість йоду, еквівалентна 1 см³ 0,01 моль/дм³ розчину натрій тіосульфату Na₂S₂O₃, г;

m – маса наважки олії, г.

За двома паралельними визначеннями величини пероксидного числа знаходять середньоарифметичне значення, яке приймають за кінцевий результат.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

5.5. Визначення показника заломлення рослинної олії

Показник заломлення характеризує чистоту, ненасиченість, ступінь окиснення жирів. Цей показник збільшується за наявності оксигруп, збільшення молекулярної маси та кількості ненасичених жирних кислот, які входять до складу жиру.

Мета: визначити показник заломлення рослинної олії за температури 20 °С ($n^{20^{\circ}\text{C}}$) або через перерахунок привести до 20 °С (за підвищення температури на 1 °С густина олії зменшується, в середньому, на 0,000387).

Прилади й обладнання: рефрактометр РЛУ або РФ – 22; лійка; конічна колба; скляна паличка; фільтрувальний папір.

Матеріали: зразки рослинної олії.

Методика виконання

Ретельно перемішують пробу рослинної олії та фільтрують її через складчастий фільтр. Наносять на призму рефрактометра 2–3 краплі досліджуваної олії, зафіксувавши температуру. Через 5 хв фіксують показник заломлення із відхиленням $\pm 0,0002$. Якщо показник заломлення визначають за температури вищої або нижчої за 20 °С, то його значення перераховують на 20 °С за формулою:

$$n^{20^{\circ}\text{C}} = n^t + (t - 20) \cdot 0,00035,$$

де $n^{20^{\circ}\text{C}}$ – показник заломлення за температури 20 °С;

n^t – показник заломлення при температурі, за якої проводять дослідження;

0,00035 – коефіцієнт для показника заломлення за зміни температури на 1 °С.

Тривалість проведення визначення – 10 хв.

Для світлої рослинної олії $n^{20^{\circ}\text{C}}$ дорівнює 1,4736 – 1,4762.

Показник заломлення окисненої олії більший, ніж світлої через збільшення молекулярної маси ненасичених жирних кислот (за рахунок приєднання кисню, оксигруп тощо).

Завдання: порівняти отриманий результат зі стандартним значенням для конкретної рослинної олії.

5.6. Люмінесцентний аналіз

Люмінесцентний аналіз широко застосовують для експрес-аналізу рослинних олій. Олії з різних олійних культур варто розглядати в люміноскопі одночасно, щоб різниця була виразнішою. Під час дослідження у скляні вузькі пляшечки наливають по 10–20 см³ олії і вміщують у шухляду люміноскопу.

Натуральні рослинні олії мають специфічну люмінесценцію: соняшникова олія рафінована і нерафінована, вітчизняна й імпортна дає люмінесценцію жовто-сірого або світло-блакитного кольору; оливкова, рапсова й кукурудзяна – насиченого блакитного; оливкова очищена (аптечна) олія люмінесціює синім кольором; мінеральні олії (технічні) дають синьо-бузкову люмінесценцію. Тому навіть невелика добавка мінеральної олії до рослинних олій змінює їх колір люмінесценції на синьо-бузковий або синій.

У білому порцеляновому посуді нерафінована жовто-коричнева соняшникова олія дає люмінесценцію жовто-сірого кольору з блакитним відтінком, а в скляній чашці Петрі люмінесціює світло-блакитним кольором. Соняшникова олія рафінована (світло-жовта), перебуваючи чи в білому порцеляновому посуді, чи в чашці Петрі, люмінесціює світло-блакитним кольором.

Таблиця 5.4
Забарвлення деяких рослинних олій за денного світла та під дією УФ–опромінення

Олія	Забарвлення	
	Денне світло	УФ опромінення
Оливкова	Світло-жовте	Сіро-блакитне
Кукурудзяна	Жовте	Інтенсивно-блакитне
Соняшникова рафінована	Блідо-жовте (майже безбарвне)	Світло-блакитне
Соняшникова нерафінована	Жовто-коричнєве	Жовто-сіре або світло-блакитне
Соняшникова домашня	Жовте	Жовто-сіре або світло-блакитне
Рапсова	Світло-жовте	Молочно-блакитне

Література, використана при підготовці розділу

1. ДСТУ 2423-94 «Олії рослинні. Виробництво. Терміни та визначення».
2. К. В. Ведмедєва. Олійні культури // Енциклопедія Сучасної України : енциклопедія [електронна версія] / ред.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2022. Т. 24. URL: <https://esu.com.ua/article-76526> (дата перегляду: 04.01.2023)
3. ДСТУ 4492:2017 «Олія соняшникова. Технічні умови».
4. Yara-Varón, E., Li, Y., Balcells, M., Canela-Garayoa, R., Fabiano-Tixier, A.-S., & Chemat, F., 2017
5. Л.З. Шильман, І.В. Сімакова та ін. / під заг. ред. Л.З. Шильмана. Суми: Університетська книга, 2016. 278 с.
6. Осейко М. І. Технологія рослинних олій : підручник / Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. Київ: Варта, 2006. 280 с.
7. Smain Chemat. Edible Oils : Extraction, Processing, and Applications. CRC Press LLC. 2017. 262 p.
8. Дацишин О.В., Ткачук А.І., Гвоздев О.В. та ін. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / за ред. О.В. Дацишина: навч. посібник. Вінниця : Нова Книга, 2008. 488 с.
9. Edible Oil Processing, 2nd Edition Wolf Hamm (Editor), Richard J. Hamilton (Editor), Gijs Calliauw (Editor) ISBN: 978-1-444-33684-9 July 2013 Wiley-Blackwell 352 Pages
10. Abdullahi, U. U., Bashi, S. M., Yurius, R., & Nurdin, H. J. A. (n.d.). The potentials of palm oil as a dielectric fluid. PECon 2004. Proceedings. National Power and Energy Conference, 2004. doi:10.1109/pecon.2004.1461648
11. Методичні вказівки до виконання лабор. робіт з дисципліни «Технологія добування рослинних жирів» для студентів III–IV курсів денної і заочної форм навчання галузі 18 – «Виробництво та технології», спеціальності 181 «Харчові технології», спеціалізації «Технологія жирів і жирозамінників» / укл.: М.В. Бугрим, А.В. Кобзар. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2016. 46 с.

Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЯ МАРГАРИНУ

2.1. Хімічний склад і властивості маргарину

Маргарин – це емульсійний жирний харчовий продукт, створений як замітник вершкового масла. Спочатку (1800-ті роки) його виготовляли з тваринного жиру. Нині основні інгредієнти маргарину – рослинна олія, вода, сіль, емульгатори та молоко. Технічно це емульсія типу «вода в олії» (в/о), де водна фаза тонко диспергована у вигляді крапель в однорідній жировій фазі. Водна фаза складається з води, солі та консервантів. Жирова фаза, яка зумовлює поліморфну поведінку маргарину – суміш олій і жирів. Як емульгатори використовують лецитин, дистильований моноацилгліцерин і діацилгліцерин. До складу маргаринової продукції можуть входити ароматизатори, барвники й антиоксиданти.

Маргарин – жирно-водний продукт пластичної або рідкої консистенції, вироблений із олій (натуральних, фракціонованих, переетерифікованих, гідрогенізованих), гідрогенізованих жирів риб і морських ссавців із додаванням або без додавання тваринних жирів і молочних продуктів, поверхнево-активних речовин, а також харчових і смакоароматичних добавок або без них [ДСТУ 4465:2005].

Нижче вказані головні ознаки відмінності вершкового масла від маргаринової продукції:

Масло вершкове	Маргаринова продукція
Містить тільки молочний жир	Містить рослинні олії та рослинний жир, може містити молочний жир, тваринні та рибні жири.
Містить насичені жири	Містить гідрогенізовані та транс-жири.

Маргарин, як і вершкове масло, має добру засвоюваність (94–97 %) завдяки низькій температурі плавлення (17–38 °С) і структурі у вигляді високодисперсної емульсії води в олії.

Загалом маргарин не вважають корисним для здоров'я, оскільки у ньому багато транс-жирів. Бажано обмежити споживання насичених жирів і повністю відмовитися від транс-

жирів. Важливо, що маргарин, який містить транс-жири, знижує рівень ліпопротеїдів високої щільності (ЛПВЩ) або «хорошого холестерину» і підвищує рівень ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ) або «поганого холестерину», збільшуючи ризик розвитку ішемічної хвороби серця.

Утім на упакуванні маргаринової продукції заборонено вживати слово «масло», оскільки масло, згідно з ДСТУ 4339:2005 виготовляють тільки з коров'ячого молока та продуктів його переробки.

Існує багато різноманітних класифікацій маргаринової продукції: за складом, жирністю, консистенцією. Деякі продукти можуть бути віднесені до кількох груп продукції водночасно. Нижче розглянуті лише найзагальніші класифікації та ті, які базуються на ДСТУ відповідних продуктів.

Окрім маргаринів, виділяють спреди, суміші жирові та мінарини. На перший погляд, ці продукти дуже подібні, проте їх заведено розрізняти за складом і допустимою жирністю. Різниця між ними, згідно до стандартів України, наведена на рис. 2.1.

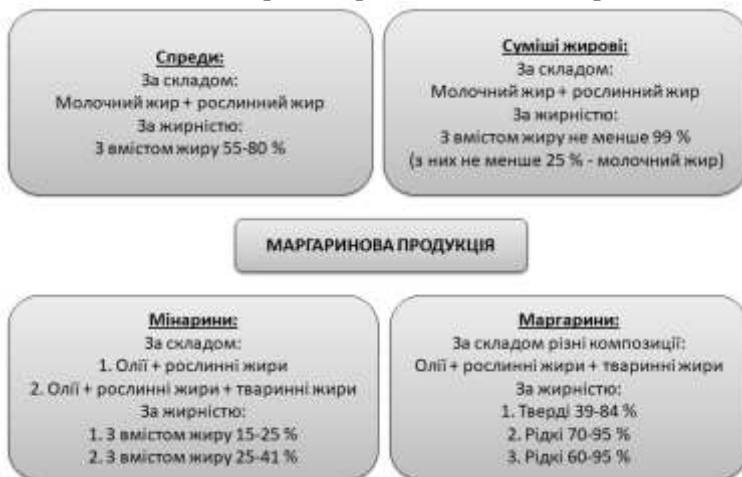


Рис. 2.1. Класифікація маргаринової продукції

Маргарин і харчові жири традиційно групують за двома сферами застосування: продукція для промислового використання і продукція для споживчого ринку. Отже, можна виділити:

- маргарин і харчові жири промислового призначення: хлібопекарські, жири для листового тіста, топлені жири;
- споживчий маргарин і спреди: столовий маргарин, м'який маргарин, спреди з низьким умістом жиру або масляні суміші.

Маргарини можуть містити не лише рослинні жири, а й тваринні та жири морських тварин. Більшість маргаринів, представлених на полицях супермаркетів в Україні, містять у своєму складі молочний жир. Основні визначення щодо маргаинової продукції згідно зі державними стандартами України наведені нижче.

Спреди – харчові жирові продукти (емульсія типу жир у воді), до складу яких входять молочний і рослинні жири з масовою часткою загального жиру 50–85 % і в якому частка молочного жиру не менше 25 % від загального жиру зі щільною або м'якою консистенцією з (або без) додаванням харчових добавок, наповнювачів і вітамінів (ДСТУ 4445:2005).

Мінарини – емульсійні харчові продукти пластичної або пастоподібної консистенції, виготовлені зі суміші високоякісних очищених жирів і олій із (або без) додаванням молочних компонентів і композицій із них, харчових добавок і наповнювачів (ДСТУ 4564:2006).

Суміші жирові – харчові продукти, які є сумішшю молочного та рослинних жирів із масовою часткою загального жиру не менше 99 %, в якому частка молочного жиру не менше 25 % від загальної жирової фази продукту з (або без) додаванням барвників, ароматизаторів, антиоксидантів, вітамінів (ДСТУ 4564:2006).

2.2. Модифікація жирів

Деякі жири й олії у природному стані не відповідають важливим функціональним критеріям. Тому перед використанням у конкретних харчових продуктах вони мають бути модифіковані. Модифікація жирів і олій необхідна для надання харчовим продуктам очікуваних споживачем смаку, текстури й інших характерних властивостей. Нині відомо багато методів модифікації харчових жирів. Кожен метод має певні переваги через вихід продукту, вартість і функціональність.

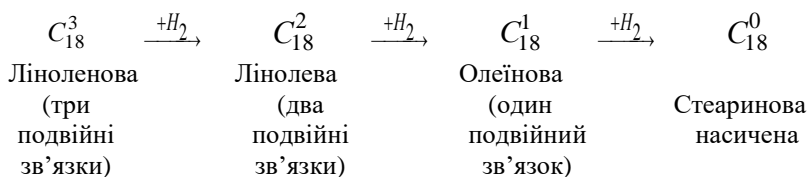
Нижче наведені найпоширеніші методи модифікації жирів і олій. Ці методи можуть бути адаптовані для задоволення конкретних потреб або оптимізовані для використання під час виробництва конкретних продуктів.

Гідрування (гідрогенізація) жирів – це сукупність низки хімічних перетворень, які відбуваються за участю Гідрогену та каталізатора.

Більшість використовуваних харчових олій за звичайних умов – рідини, оскільки до них належать поліненасичені жирні кислоти з низькими температурами плавлення. Однак для використання у виробництві зазвичай, потрібний твердий або напівтвердий жир.

Часткова або повна гідрогенізація – економічно ефективне рішення перетворення рідких рослинних олій на напівтверді жири. Процес включає перетворення поліненасичених жирних кислот на насичені через приєднання атомів Гідрогену за подвійними зв'язками. Насичення подвійних зв'язків змінює не лише функціональні властивості олій, але й підвищує окиснювальну стабільність (термін зберігання) харчового продукту.

Гідрогенізація передбачає реакцію газуватого водню з олією за високих температур і тиску за наявності каталізатора. Зазвичай як каталізатор використовують нікель. Гідрогенізацію можна зупинити у будь-який момент. Найчастіше олії піддають лише частковій гідрогенізації, що призводить до підвищення температури плавлення. Остання поступово збільшується протягом усього процесу гідрогенізації. Повністю гідрогенізовані олії тверді, крихкі та мають високу температуру плавлення.



Результат гідрогенізації жирів – саломас. Для того, щоб відокремити саломас від суспензії каталізатора, суміш

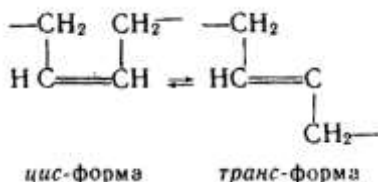
фільтрують за температури не більше ніж 70 °С, намагаючись мінімізувати контакт жиру з повітрям, щоб запобігти процесам окиснення. Для того, щоб остаточно позбутися залишків каталізатора, саломас піддають рафінації. Зазвичай рафінація саломасу складається з адсорбційного очищення та дезодорації.

Саломас – твердий жир, отриманий у промисловості шляхом гідрогенізацією рідких жирів: рослинної олії, жиру морських ссавців і риби.

Під час каталітичного приєднання Гідрогену до жирів можуть відбуватися небажані процеси:

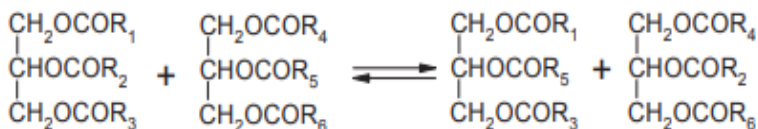
1. Міграція подвійних зв'язків уздовж вуглеводневих ланцюгів, що призводить до утворення позиційних ізомерів:

$$-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2- \rightarrow -\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-$$
2. Цис-транс ізомеризація – зміна просторової конфігурації жирних кислот, які входять до складу ацилгліцеридів:



Переестерифікація – процес, який полягає у реорганізації жирних кислот біля гліцеринової основи тригліцеридів у олії.

Переестерифікація або обмін вільними жирними кислотами, які виступають як радикали у молекулах жиру можливий як усередині однієї молекули (внутрішньомолекулярний), так і між різними молекулами (міжмолекулярний):



Переестерифікацію проводять для коригування фізико-хімічних властивостей жирів. Вона може бути хімічна та ферментна. Хімічна переестерифікація передбачає змішування бажаних олій, а потім нагрівання до температури 100–130 °С і

додавання каталізатора (наприклад натрій метоксиду). Після завершення процесу каталізатор нейтралізують, а жирова суміш проходить обов'язкове очищення – промивання, відбілювання та дезодорацію.

Окрім хімічної, розрізняють ще ферментну (ензимну) переетерифікацію, зручну для введення твердих фракцій пальмової і пальмоядрової олій у спреди для отримання стабільнішого, в'язкішого кінцевого продукту.

Гідропереетерифікація – процес переробки жирової сировини, який поєднує гідрування (гідрогенізацію) та переетерифікацію.

Поєднання процесів гідрогенізації та переетерифікації можливе за використання спеціальних каталізаторів, наявності водню та за високих температур. Сировиною є суміш рідких рослинних і твердих тваринних жирів у таких співвідношеннях, які дадуть змогу отримати жири з певними прогнозованими властивостями.

До складу олій і жирів входять різні тригліцериди, які мають різні температури плавлення та розчинність. Для фракціонування олію нагрівають і витримують за температур, вищих за її температуру плавлення, щоб стерти «кристалічну пам'ять». Повільне охолодження призводить до кристалізації тригліцеридів з більшою температурою плавлення, які можна відокремити за допомогою фільтрації.

Фракціонування – повільне охолодження олії для отримання затверділого жиру за різних температур з метою подальшого розділення суміші.

Наприклад, фракціонування може бути використане для модифікації розтікання вершкового масла. Під час фракціонування молочний жир ділиться на кілька фракцій за температурами плавлення його жирних кислот. Відокремлення найм'якшої (з найнижчою температурою плавлення) фракції і повторне її додавання до вершкового масла позитивно впливає на поліпшення намащуваності.

Найчастіше фракціонуванню піддають пальмову олію.

Для рослинних олій розроблено багато методів модифікації із метою досягнення результату, який отримують за часткової гідрогенізації. Один з методів – генетична модифікація та модифіковані умови вирощування сировини. Наприклад, генетично модифікована соя є сировиною для виробництва олій зі зміненим жирно-кислотним складом порівняно з немодифікованою. Якщо вміст пальмітинової та лінолевої кислот зменшений, а олеїнової збільшений, то така соєва олія буде стабільнішою за високих температур. Умови вирощування також впливають на якість олії. Вміст олеїнової кислоти в сої збільшується за вирощування її у тепліших кліматичних умовах, уміст лінолевої та ліноленої кислот зменшується з підвищенням температури.

Генетичну модифікацію рослинної сировини застосовують для отримання олії певного складу.

Змішування олій – надзвичайно простий, економічно ефективний спосіб створення функціональних жирових сумішей, які відповідають конкретним потребам. Змішування модифікованої сировини зі сирою олією, наприклад, допомагає зменшити вміст транс-жирних кислот, а також здешевити виробництво, уникаючи стадії гідрогенізації. Проте такий підхід не універсальний і повністю замінити хімічну обробку олій купажуванням неможливо.

Купажування – змішування різних олій у певних пропорціях для отримання продукту з бажаними властивостями.

2.3. Технологія маргарину

Технологія виробництва твердих (брускових) і м'яких маргаринів безперервним або періодичним способом має такі етапи:

- підготовка жирової сировини;
- підготовка емульгаторів й інших нежирових компонентів;
- підготовка водорозчинної сировини;
- підготовка молока;
- приготування емульсії;
- отримання маргарину;

- охолодження, гомогенізація, кристалізація емульсії;
- механічна (пластична) обробка маргарину;
- фасування, пакування, зберігання готової продукції.

Підприємства з виробництва маргарину та супутніх продуктів часто мають установки для гідрогенізації олій із різними резервуарами для готових рафінованих жирів і олій або працюють із готовими сумішами жирів і олій відповідно до рецептури продуктів, які виробляють. Рекомендується підтримувати стабільну температуру під час зберігання в резервуарах – більшу за температуру плавлення жиру та забезпечувати безперервне перемішування, щоб уникнути фракціонування сировини.

Загальна технологічна схема виробництва маргарину наведена на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Технологічна схема виробництва маргарину

Приготування водної фази

Водну фазу готують окремо від жирової у спеціальних резервуарах. Вода, яку використовують у виробництві маргарину, повинна відповідати вимогам, встановленим для технологічної води. За необхідності, воду піддають попередній обробці, яка складається з фільтрування, відстоювання, УФ-опромінення, осмосу тощо. Окрім води, до складу водної фази

входять сіль, цукор, водорозчинні стабілізатори, консерванти, ароматизатори.

Приготування жирової фази

Для того, щоб отримати маргарини з бажаними характеристиками та функціональними властивостями, необхідно чітко дотримуватися співвідношення жирів і олій у жировій суміші. Різні жири, олії та жирові суміші, які використовують у виробництві, зберігають окремо в резервуарах, розміщених за межами виробничого приміщення.

Крім суміші жирів до складу жирової фази входять жиророзчинні інгредієнти: емульгатори, лецитин, ароматизатори, барвники й антиоксиданти. Ці другорядні інгредієнти розчиняють у жировій суміші перед додаванням водної фази, тобто перед процесом емульгування.

Приготування молочної сировини

Якщо до складу маргаринового продукту згідно з рецептурою входять молочні жири, то їх попередньо обробляють в окремому резервуарі. Сировиною часто є пастеризовані вершки жирністю 35–40 %. Їх нагрівають до температури 60–70 °С перед подачею у концентратор вершків. Уміст жиру у вершках автоматично контролюють спеціальним пристроєм, в концентраторі вміст жиру у вершках сягає 82–84 %. Після нормалізації вершки охолоджують до 18–20°С і направляють у резервуар для витримки/перекристалізації.

Приготування емульсії

Емульсію готують перенесенням різних олій і жирів або жирових сумішей у бак для емульсії. Зазвичай спочатку туди дають високоплавкі жири й жирові суміші, потім докладають низькоплавкі жири, далі – рідку олію. Після змішування жирової суміші до неї додають емульгатор й інші жиророзчинні другорядні інгредієнти. Коли всі інгредієнти жирової фази ретельно перемішані, додають водну фазу й за контрольованого інтенсивного перемішування формують емульсію.

Одне з технологічних рішень – приготування емульсії в одному резервуарі з подальшим її переливанням у наступний резервуар (діє як буфер), з якого живиться лінія кристалізації. Таку систему називають системою ***премікс/буфер***.

Пастеризація емульсії

З буферної ємності емульсію безперервно прокачують через пластинчастий теплообмінник. Для продуктів із високим умістом жиру зазвичай використовують пластинчастий теплообмінник, а для продуктів з меншим умістом жиру та термочутливих емульсій (наприклад емульсій з високим умістом білка) – поверхневий теплообмінник низького тиску.

Пастеризація пригнічує ріст бактерій та інших мікроорганізмів, поліпшуючи мікробіологічну стабільність емульсії. Можна розглядати можливість пастеризації водної та жирової фаз окремо. Пастеризація емульсії гірша, оскільки зведе до мінімуму загальний час виготовлення продукту від моменту пастеризації до упакування.

Типовий процес пастеризації емульсії відбувається за температури 45–55 °С і передбачає: нагрівання, витримання за температури 75–85 °С протягом 16 с, подальше охолодження до температури 45–55 °С. Кінцева температура залежить від температури плавлення жирової фази: чим вона більша, тим більша температура пастеризації.

Кристалізація емульсії

Емульсію подають на лінію кристалізації за допомогою поршневого насоса високого тиску, який охолоджують фреоном чи іншим холодоагентом. Тут тепла емульсія переохолоджується і кристалізується на внутрішній поверхні охолоджувальної трубки. Охолоджену емульсію ефективно зішкрябають обертовими скребками, чим забезпечують одночасне змішування й охолодження. Під час кристалізації емульсії кристали жиру утворюють тривимірну сітку, захоплюючи краплини води й рідкої олії, в результаті чого утворюються продукти з властивостями пластичного напівтвердого тіла. Залежно від типу продукту, який виготовляють, і типу використовуваних жирів для конкретного продукту, конфігурація лінії кристалізації (тобто порядок розташування охолоджувальних трубок і машин зі штифтовими роторами) може відрізнитись.

Пакування

Після охолодження та кристалізації продукт направляють на лінію пакування або розливу. Консистенція продукту може бути різною. Від цього залежить, на яку пакувальну лінію

скеровувати продукт: маргарини, упаковані/загорнуті в папір, повинні мати твердішу текстуру й консистенцію, ніж продукти, які розливають у стаканчики або контейнери.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Органолептична оцінка якості маргарину

За органолептичними показниками маргарини мають відповідати вимогам нормативних документів, зокрема ДСТУ 4465:2005 «Маргарин. Загальні технічні умови» та ДСТУ 4463:2005 «Маргарини, жири кондитерські та для молочної промисловості».

До органолептичних показників якості маргарину належать смак, запах, консистенцію, колір. Смак і запах маргарину має бути чистим, з присмаком і запахом доданих смакових й ароматичних добавок; сторонні присмаки та запахи недопустимі. Консистенція залежить від виду маргарину: для бутербродних маргаринів характерна легкоплавка, пластична, однорідна, мазка; для столових – пластична, щільна, однорідна, за введення смакових добавок допустимо мазка; для листового тіста – пластична, однорідна. Для рідких маргаринів характерна однорідна, рухома консистенція. Незалежно від виду маргарину поверхня зрізу – блискуча або слабкоблискуча, суха на вигляд. Колір – від світло-жовтого до жовтого або зумовлений кольором введених добавок, однорідний за масою.

Таблиця 6.1

Вимоги до органолептичних показників маргаринів

Вид маргарину	Показник		
	Смак і запах	Консистенція	Колір
<i>Тверді види маргаринів</i>			
Бутербродний	Чистий, із присмаком та запахом доданих добавок, сторонній присмак і запах не допускається.	Легкоплавка, пластична, однорідна, мазка ($t=10\pm 2$ °C); місце зрізу блискуче або слабкоблискуче, сухе за зовнішнім виглядом.	Від світло-жовтого до жовтого або спричинений кольором доданої добавки; забарвлення однорідне.

Продовження таблиці 6.1

Вид маргарину	Показник		
	Смак і запах	Консистенція	Колір
Столовий	Чистий, із присмаком і запахом доданих смакових й ароматичних добавок, без сторонніх присмаків і запахів.	Пластична, щільна, однорідна ($t=20\pm 2$ °C), дещо мазка за введення смакових добавок; місце зрізу блискуче або слабкоблискуче, у разі введення смакових добавок може бути матове, сухе на вигляд	Від світло-жовтого до жовтого або спричинений кольором доданої добавки; забарвлення однорідне за масою.
Для приготування листового тіста		Пластична, однорідна ($t=20\pm 2$ °C); місце зрізу блискуче або слабкоблискуче.	
<i>М'які види маргаринів</i>			
Для домашньої та промислової переробки	Чистий, із присмаком і запахом доданих смакових й ароматичних добавок, без сторонніх присмаків і запахів.	Однорідна, рухома ($t=20\pm 2$ °C)	Від світло-жовтого до жовтого або спричинений кольором доданої смакової добавки; однорідний за масою.

Таблиця 6.2

Фізико-хімічні показники якості маргарину згідно з
ДСТУ 4465:2005

Показник	Тверді маргарини			Рідкі маргарини	
	Бутибродні	Столові	Для листкового тіста	Для домашньої кулінарії	Для промислової переробки
Масова частка жиру, %	39–84			70–95	60–95
Масова частка солі, %	0–2				
Кислотність, Кеттсторфер, не більше ніж	2,5				
pH водної або водно-молочної фаз	4,2–5,5				
Пероксидне число в жирі, виділеному з маргарину, ммоль/кг½О, не більше ніж: - випуск з підприємства; - наприкінці зберігання	5 10				

Визначення кольору, запаху та смаку для всіх видів маргаринів і жирів проводять безпосередньо після виготовлення.

Визначення консистенції жирів, твердого та м'якого маргарину в об'єднаній пробі – не раніше 24 год після виготовлення.

Відбір проб. Із партії маргарину за допомогою щупа відбирають одну точкову пробу на кожні 1,5 тонни продукції, але не менше чотирьох точкових проб у партії масою до шести тонн. Із партії розфасованого маргарину відбирають одну контрольну розфасовку на кожну тонну, але не менше чотирьох місць із партії масою до чотирьох тонн.

Об'єднана середня проба (частина продукції із всіх точкових проб упаковки) масою 200 г, з якої відбирають наважки для аналізу. Банку з середньою пробою кладуть у воду з

температурою не вище 45 °С, пробу розплавляють, перемішують до загустіння. Якість всієї партії продукції встановлюють на основі аналізів середньої проби.

Визначення кольору. Колір твердого маргарину визначають огляданням зрізу точкової проби або огляданням зрізу продукту упакованої одиниці за температури продукту 18±1 °С, м'якого маргарину – за температури 15±1 °С.

Об'єднану пробу об'ємом не менше 30 см³ вміщують у прозору безбарвну склянку зовнішнім діаметром 40 мм і висотою 60 мм. Відмічають однорідність забарвлення і його відтінки. Колір встановлюють за природного освітлення на білому фоні та у світлі, яке проходить через склянку.

Смак і запах визначають за чистотою і наявністю специфічного присмаку й аромату. Органолептичну оцінку проводять за температури продукту 18 °С – для твердого, 15 °С – м'якого, 5–10 °С – рідкого маргарину. Продукт розминають у порожнині рота протягом 20–30 с, не ковтаючи. Для маргарину першого сорту допускається слабо виражений аромат і задовільний смак.

Консистенцію маргарину встановлюють за температури продукту 18 °С розрізанням у трьох місцях пачки чи точкової проби нефасованого маргарину або жиру. Розглядають форму, стан і поверхню зрізу. В маргарині першого сорту дозволена слабкоблискуча або матова поверхня зрізу, в окремих випадках – оплавленість. Консистенцію оцінюють із урахуванням докладених зусиль під час розрізання, за зміною чи збереженням структури, наявністю чи відсутністю невеликих домішок або включень у маргарині, наявністю чи відсутністю вологи на зрізі.

Прозорість визначають так: у термостійкій хімічній склянці відважують 70–100 г маргарину; поміщають на водяну баню з температурою 50–70 °С, витримують до повного його розтоплення. Потім у пробірку наливають розтопленний маргарин і розглядають його на білому фоні (аркуш білого паперу). За наявності в жирі бульбашок повітря (хибна каламутність) пробірку поміщають на водяну баню на 2–3 хв, потім визначають прозорість маргарину.

Результати досліджень записують у протокол роботи.

Дефекти маргаринової продукції

Зазвичай дефекти маргаринів зумовлені порушеннями технології його виробництва. До дефектів маргарину належать:

- слабкий аромат, невиразний смак, який зумовлений використанням несквашеного молока та сквашеного невідло підібраними молочно-кислими культурами;
- нечистий слабо виражений, важко визначуваний присмак, зумовлений вмістом у рецептурі недостатньо ретельно продезодорованих жирів, поганих ароматизаторів, від стороннього присмаку молока;
- гіркий смак, спричинений сіллю поганої якості;
- зайвий кислий смак – через молоко підвищеної кислотності або використання неякісних заквасок;
- металічний присмак, пов'язаний із довгим зберіганням у закритому металевому посуді або внаслідок життєдіяльності деяких бактерій;
- м'яка (слабка), тверда, крихка консистенція – неправильно складена жирова рецептура, мала або велика твердість жирового набору;
- крупниста, борошниста консистенція, зумовлена неправильним режимом охолодження емульсії;
- плямистість, мармуровість, смугастість кольору – через нерівномірне охолодження емульсії, оплавлення частини маргарину під час упакування;
- блідий колір – погана якість барвника або мала його доза;
- сіруватий, бурий колір – погано вибілений жир.

Не допускається в реалізацію маргарин зі «стікаючою» вологою, забруднений, пліснявий, у забрудненій та запліснявілій тарі. За наявності плісняви на тарі або пакувальних матеріалах нефасований маргарин підлягає зачищенню та перепакуванню.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

7.1. Оцінка якості маргарину за фізико-хімічними показниками

Маргарини в кулінарній практиці застосовують для приготування супів, соусів, страв із овочів, круп, бобових, макаронних виробів, яєць, під час припускання страв з риби, м'яса, заправки гарнірів.

За багатьма показниками маргарин подібний до вершкового масла (табл. 7.1). Проте жирно-кислотний склад маргаринів істотно відрізняється від складу молочного жиру.

Таблиця 7.1
Порівняльний склад маргарину та масла вершкового

Продукт	Вміст, %					Засвоюваність, %	Калорійність 100 г, ккал/Дж
	Жирів	Води	Білків	Вуглеводів	Золи		
Маргарин	82,0	16,5	0,5	0,5	0,4	94 – 97,6	775,6/3247,8
Вершкове масло	82,5	16,0	0,5	0,5	0,1	96 – 98	780,7/3268,2

У таблиці 7.2. подані деякі фізико-хімічні показники основних видів маргарину.

Таблиця 7.2
Фізико-хімічні показники основних видів маргарину

Маргарин	Масова частка жиру, %	Масова частка вологи і летких речовин, %	Температура плавлення жиру, виділеного з маргарину, °С
Любительський	82	17	27–31
Вершковий	82	16	27–32
Молочний	82	17	27–32
Сонячний	72	27	27–32
Масло до сніданку	72	27	28–33

7.2. Визначення масової частки вологи та летких речовин у маргарині (масова частка жиру 40 % і більша)

Метод ґрунтується на видаленні вологи через нагрівання проби маргарину.

Мета: визначити масову частку вологи та летких речовин у маргарині.

Прилади й обладнання: ваги лабораторні; шафа сушильна; термометр рідинний скляний з ціною поділки 1 °С, придатний для вимірювання температури в інтервалі 160–180 °С; ексикатор;

плитка електрична побутова; склянки хімічні термостійкі; шпатель; годинник; пінцет.

Матеріали: зразки маргарину.

Методика виконання

У попередньо висушеній і зваженій термостійкій хімічній склянці зважують 3 г маргарину. Склянку ставлять на електроплитку за температури 160–180 °С, пробу безперервно перемішують шпателем, не допускаючи розбризкування.

Остаточне видалення вологи визначають за відсутністю потріскування та зміною забарвлення маргарину на світло-коричневе.

З метою видалення вологи зі стінок склянки її витримують у сушильній шафі протягом 30 хв за температури 100–105 °С. Склянку охолоджують в ексікаторі протягом 10 хв і зважують.

Масову частку вологи та летких речовин (ω , у %) у маргарині розраховують за формулою:

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%,$$

де m_1 – маса склянки з маргарином до висушування, г;

m_2 – маса склянки з маргарином після висушування, г;

m – маса досліджуваного маргарину, г.

7.3. Визначення масової частки вологи та летких речовин у маргарині (масова частка жиру менше 40 %)

Мета: визначити масову частку вологи та летких речовин у нежирному маргарині.

Прилади й обладнання: ваги лабораторні; шафа сушильна; термометр рідинний скляний з ціною поділки 1 °С, придатний для вимірювання температури в інтервалі 160–180 °С; ексікатор; плитка електрична побутова; бюкси алюмінієві; склянки хімічні термостійкі; палички скляні; сито.

Реактиви: кислота хлоридна (НСІ, водний розчин 1:1); метиленовий оранжевий; пісок промитий прожарений; вода дистильована.

Матеріали: зразки маргарину.

Методика виконання

Зважують 20 г піску й поміщають у чистий бюкс, сушать за температури 105 ± 5 °С до постійної маси. Зважування проводять кожні 30 хв. У підготовленому бюксі з піском зважують 3 г маргарину і вміст ретельно перемішують. Сушать протягом 2 год за температури 105 ± 5 °С, охолоджують в ексікаторі та зважують. Повторюють висушування протягом 30 хв, охолоджують і зважують, доки між результатами двох послідовних вимірювань не буде відхилень.

Масову частку вологи й летких речовин у нежирному маргарині (ω_1 , у %) розраховують за формулою:

$$\omega_1 = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%,$$

де m_1 – маса бюкса з піском і маргарином до висушування, г;

m_2 – маса бюкса з піском і маргарином після висушування, г;

m – маса досліджуваного маргарину, г.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

7.4. Визначення кислотності маргарину

Метод застосовують для маргаринів, у яких значення кислотності перебуває в інтервалі 0,5–3,5 °Кеттсторфера.

Мета: визначити кислотність маргарину.

Прилади й обладнання: ваги лабораторні; плитка електрична побутова; годинник; баня водяна; колби конічні; бюретка.

Реактиви: калій або натрій гідроксид ($0,1$ моль/дм³ розчин); ефір діетиловий; спирт етиловий ректифікований технічний; 1%-ий спиртовий розчин фенолфталеїну; вода дистильована.

Матеріали: зразки маргарину.

Методика виконання

У конічній колбі зважують 5 г маргарину з відхиленням $\pm 0,01$ г. Витримують на водяній бані до повного розплавлення маргарину. Добавляють 20 см³ спирто-ефірної суміші (співвідношення спирту й ефіру рівне 1:2), 5 крапель 1%-го

розчину фенолфталеїну і, за постійного перемішування, титрують розчином калій або натрій гідроксиду концентрації 0,1 моль/дм³ до появи рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 30 с.

Якщо проводять дослідження шоколадних або фруктових маргаринів рожевого кольору, то титрування проводять за наявності індикатора тимолфталеїну до появи стійкого синього забарвлення, яке не зникає протягом 30 с.

Кислотність, у градусах Кеттсторфера, розраховують за формулою:

$$K = \frac{5,61 \cdot V \cdot K}{m},$$

де V – об'єм розчину лугу КОН або NaOH, який витрачений на титрування, см³; K – поправочний коефіцієнт для розчину КОН (або NaOH), який розраховують за формулою: $K = N_{\text{KOH}}/0,1$, де N_{KOH} – нормальність розчину КОН, моль/дм³; m – маса наважки маргарину, г; 5,61 – кількість мг КОН, яка міститься в 1 см³ 0,1 моль/дм³ розчину (*примітка*: за умови використання 0,1 моль/дм³ розчину NaOH це число буде дорівнювати 4,0).

За двома паралельними визначеннями знаходять середньоарифметичне значення кислотності, яке приймають за кінцевий результат.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

7.5. Визначення масової частки жиру у маргарині методом екстрагування в апараті Сокслета

Метод застосовують для маргаринів з масовою часткою жиру 20–85 %.

Мета: визначити масову частку жиру у маргарині методом екстрагування.

Прилади та обладнання: ваги лабораторні; шафа сушильна; апарат Сокслета; баня водяна; скло годинникове; папір фільтрувальний; вата медична; пінцет.

Реактиви: ефір діетиловий безводний; натрій сульфат безводний.

Матеріали: зразки маргарину.

Методика виконання

У порцеляновій ступці зважують 5 г маргарину, змішують із 15 г прожареного за температури 100 ± 5 °С до постійної маси натрій сульфату й за допомогою шпателя переносять у патрон. Туди також вміщують клаптики вати, використані під час протирання ступки й шпателя. Краї патрона загортають і поміщають в екстрактор. До екстрактора приєднують колбу, висушену до постійної маси за температури 100–105 °С. В екстрактор, використовуючи лійку, заливають діетиловий ефір так, щоб він перелився в колбу.

Колбу апарата Сокслета нагрівають на водяній бані до закипання діетилового ефіру й продовжують екстрагування протягом 3 год. Проводять перевірку завершення екстрагування. Для цього колбу після екстрагування охолоджують, склянкою паличкою або піпеткою відбирають краплину ефіру й наносять на годинникове скло. Екстрагування вважають завершеним, якщо на годинниковому склі не залишається жирної маслянистої цятки.

Після екстрагування апарат Сокслета розбирають і виймають патрон. Колбу знову приєднують до екстрактора й відганяють розчинник із колби в екстрактор. Потім колбу із жиром витримують за температури 100–105 °С у сушильній шафі протягом 2 год. Повторюють зважування через кожні 30 хв висушування й охолодження до досягнення постійної маси (відхилення між результатами двох послідовних вимірювань має бути не більше 0,0004 г).

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

7.6. Визначання масової частки жиру в маргарині методом визначення сухого знежиреного залишку

Мета: знайти масову частку жиру у маргарині методом визначення сухого знежиреного залишку.

Прилади й обладнання: ваги; ексікатор; хімічні склянки; колби конічні; лійки лабораторні; чашки Петрі; фільтри.

Реактиви: ефір діетиловий.

Матеріали: зразки маргарину.

Методика виконання

У попередньо зважену хімічну склянку відбирають 3 г досліджуваного зразка маргарину. Поміщають на електричну плитку за температури 160 °С і витримують до повного видалення вологи з маргарину. Остаточне видалення вологи визначають за відсутністю потріскування і зміною кольору маргарину на світло-коричневе. Визначають масову частку вологи й летких речовин у маргарині.

Після охолодження змивають краплі жиру, які залишилися на стінках склянки, обливаючи їх 50 см³ ефіру. Вміст склянки ретельно перемішують і залишають до повного відстоювання (має відокремитися прозорий розчин). Відстояний розчин обережно по скляній паличці зливають через лійку з фільтром у колбу, залишивши невелику кількість ефіру над осадом. Осад промивають кілька разів ефіром і кожен раз, після відстоювання, зливають ефірний шар через фільтр. Для кожного промивання беруть близько 30 см³ ефіру. Якщо на фільтрі є сліди від жиру, то його необхідно промити до повного знежирення. Фільтр переносять у склянку зі знежиреним залишком і висушують у сушильній шафі за температури 100 °С до постійної маси, зважують і записують результат.

Масову частку жиру (ω , у %) розраховують за формулою:

$$\omega = 100 - (\omega_1 - \omega_2),$$

де ω_1 – масова частка вологи і летких речовин, %;

ω_2 – масова частка сухого знежиреного залишку, %.

Масову частку сухого знежиреного залишку (ω_2 , у %), розраховують за формулою:

$$\omega_2 = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%,$$

де m_1 – маса склянки з осадом і фільтром зі слідами сухого знежиреного залишку, г;

m_2 – маса порожньої склянки з фільтром, г;

m – маса наважки маргарину, г.

За двома паралельними визначеннями масової частки жиру знаходять середньоарифметичне значення, яке приймають за кінцевий результат.

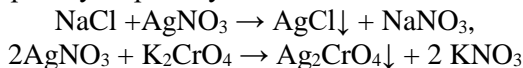
Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

7.7. Визначення масової частки кухонної солі в маргарині

Наявність кухонної солі зумовлює смакові властивості маргарину, а також його стійкість. Залежно від виду маргарину масова частка солі в ньому дорівнює 0,3–1,2 %.

Масову частку кухонної солі визначають аргентометричним методом, який базується на титруванні водної витяжки маргарину (хлорид-іонів) розчином аргентуму нітрату за наявності індикатора калій хромату.

Після осадження хлорид-іонів утворюється цегляно-червоний осад аргентум хромату:



Мета: визначити масову частку кухонної солі у маргарині методом аргентометричного титрування.

Прилади й обладнання: ваги лабораторні; плитка електрична побутова; баня водяна; склянки хімічні; колби конічні; лійки лабораторні; штатив, бюретки; скло годинникове.

Реактиви: 10%-ий водний розчин калій хромату (K_2CrO_4); розчин аргентум нітрату (AgNO_3) концентрацією 0,05 моль/дм³; вода дистильована.

Матеріали: зразки маргарину.

Методика виконання

У конічній колбі зважують 5 г маргарину й за допомогою піпетки доливають 50 см³ дистильованої води. Колбу накривають годинниковим склом і поміщають на киплячу водяну баню. Нагрівають колбу до розтоплення маргарину. Перемішують і залишають доки захолоне жир на поверхні. Вміст колби перемішують і фільтрують через вологий фільтр.

У конічну колбу для титрування за допомогою піпетки вносять 10 см³ фільтрату, додають 5 – 8 крапель індикатора – 10 %-го розчину калій хромату (K_2CrO_4) і титрують 0,05 моль/дм³ розчином аргентум нітрату (AgNO_3) до появи цегляно-червоного забарвлення.

Масову частку кухонної солі (ω , у %) розраховують за формулою:

$$\omega = \frac{V \cdot 0,0029 \cdot V_1 \cdot K}{m \cdot V_2} \cdot 100\%$$

де V – об'єм розчину аргентум нітрату, який витрачений на титрування, см^3 ; V_1 – об'єм водної витяжки наважки маргарину, (50 см^3); V_2 – об'єм фільтрату, взятого на титрування, (10 см^3); K – поправочний коефіцієнт для розчину AgNO_3 , який розраховують за формулою: $K = N_{\text{AgNO}_3} / 0,05$, де N_{AgNO_3} – нормальність розчину AgNO_3 ; $0,0029$ – кількість натрій хлориду, еквівалентна 1 см^3 $0,05$ моль/ дм^3 розчину аргентум нітрату AgNO_3 , г; m – маса наважки досліджуваного маргарину, г.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

7.8. Визначення рН водної або водно-молочної фаз маргарину

Мета: визначити рН водної або водно-молочної фаз маргарину.

Прилади й обладнання: рН-метр лабораторний (іонометр); шафа сушильна; термометр рідинний скляний із ціною поділки $1 \text{ }^\circ\text{C}$, придатний для вимірювання температури в інтервалі $0 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$; склянки хімічні; палички скляні; папір фільтрувальний; вода дистильована.

Матеріали: зразки маргарину.

Методика виконання

Досліджуваний зразок маргарину масою 100 ± 5 г відважують у хімічній склянці й поміщують у сушильну шафу. Витримують за температури $55 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$ до повного розшарування. Верхній жировий шар зливають у чисту склянку й уміщують її в холодильник до повного застигання жиру, який залишився на поверхні. Після охолодження жир скляною паличкою забирають.

У чисту склянку відбирають пробу водно-молочної фази, яка залишилася після видалення плівки жиру. Занурюють електроди і термометр. Відлік рН на шкалі приладу проводять після того, як показник набуде постійного значення.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

7.9. Визначення тривкості рідкого маргарину

Тривкість маргарину – це кількість жиру, який виділився з рідкого маргарину внаслідок механічного впливу (під час центрифугування).

Мета: визначити тривкість рідкого маргарину.

Прилади й обладнання: пробірки; центрифуга з частотою обертання не менше 1500 об/хв.

Матеріали: зразки рідкого маргарину.

Методика виконання

Пробірку заповнюють рідким маргарином до верхньої поділки. Поміщують у центрифугу й центрифугують протягом 5 хв за частоти обертання 1500 об/хв, після чого спостерігають руйнування рідкого маргарину і відраховують кількість виділеного жиру, у см³.

Тривкість рідкого маргарину X , у см³ виділеного жиру розраховують за формулою:

$$X = P \cdot 10,$$

де P – об'єм виділеного жиру, см³.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

7.10. Визначення температури плавлення маргарину

Температура плавлення залежить від жирно-кислотного складу жирової основи маргарину або жиру. Чим більше в жирі рідких низькомолекулярних і ненасичених кислот, тим нижча його температура плавлення. Вона зумовлює консистенцію, а також засвоюваність жирів організмом людини. Температура плавлення нормується стандартами і залежно від виду маргарину коливається в межах 27–34 °С.

Мета: визначити температуру плавлення маргарину.

Прилади й обладнання: склянки хімічні; капіляри скляні; кювета з льодом; термометр.

Матеріали: зразки маргарину.

Методика виконання

Маргарин, з якого видалена волога (може бути використаний жир, отриманий під час визначення вологи), розплавляють у чистій сухій склянці за температури не вище 100 °С. За необхідності фільтрують і набирають у два скляні капіляри, торкаючись одним боком капіляра до поверхні розплавленого жиру. Висота стовпчика жиру в капілярі має бути близько 10 мм.

Капіляри з жиром розміщують горизонтально на поверхні кювети з льодом і витримують для застигання не менше 10 хв за температури близько 0 °С.

Заповнений капіляр прикріплюють до термометра за допомогою тонкого гумового кільця так, щоб стовпчик жиру був на одному рівні зі ртутною кулькою термометра, а капіляр займав вертикальне положення.

Термометр із прикріпленим до нього капіляром занурюють у склянку з дистильованою водою, температура якої 15–18 °С, на таку глибину, щоб капіляр занурився у воду на 3–4 см, а його нижня основа знаходилась на відстані 3–4 см від дна склянки. Також слідкують, щоб у вільний кінець капіляра не потрапила вода.

Воду в склянці повільно нагрівають, безперервно перемішуючи, щоб температура на початку дослідження підвищувалась не більше ніж на 2 °С, а в кінці – на 1 °С. Температурою плавлення вважають ту, за якої жир у капілярі починає підніматися.

Допустимі відхилення між паралельними визначеннями не мають перевищувати 0,5 °С.

Результати досліджень і розрахунків записують у протокол роботи.

Література, використана при підготовці розділу

1. Margarine Production - Technology and Process. SPX Flow Technology. SPX Corporation. 12 p
2. Food scientist's guide to fats and oils for margarine and spreads development by Kathleen M. Morlok B.S., University of Minnesota, 2005 A REPORT submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree Master of Science Food Science Kansas State University Manhattan, Kansas 2010 Approved by: Major Professor Kelly J.K. Getty Animal Sciences & Industry.
3. Паска М.З. та ін. Технологія маргаринів та промислових жирів [Текст] : навч. посіб. / Паска М.З., Демідов І.М., Жук О.І. ; ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. Львів : СПОЛОМ, 2013. 188 с. : іл.
4. Чумак О. П., Гладкий. Ф. Ф. Науково-практичні основи технології жирів та жирозамінників: навч. посібник. Харків : Курсор, 2015. 185 с.
5. Технологія жирів та жирозамінників : методичні рекомендації для проведення лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти СВО «Бакалавр», освітньої спеціальності 181 «Харчові технології» денної форми навчання / укл.: Л.О. Стріха, О.І. Петрова. Миколаїв: МНАУ, 2021. 46 с.
6. ДСТУ 4464:2005 Маргарин. Загальні технічні умови. 2006. 20 с.
7. ДСТУ 4463:2005 Маргарини, жири кондитерські та для молочної промисловості. Правила приймання та методи випробування. 2006. 35 с.

Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ

3.1. Хімічний склад і властивості майонезу

Майонез – поширений харчовий продукт. Сфери його застосування надзвичайно широкі. Його можна вживати безпосередньо, використовувати для виготовлення канапок, намазок, на його основі й інших майонезних соусів можна готувати салатні заправки. Є ціла низка вимог до фізико-хімічних властивостей цього продукту, яких необхідно дотримуватися, щоб забезпечити якість майонезів і майонезних соусів.

Згідно стандарту *майонезом* називають тонкодисперсний емульсійний продукт, виготовлений з дезодорованих рафінованих олій, стійкий у широкому діапазоні температур (0–18 °С).

На полицях магазинів можна побачити кілька видів майонезних продуктів: майонез і майонезні соуси. Основна відмінність між майонезом й емульсійним майонезним соусом – уміст олії та яєчних продуктів у перерахунку на сухий жовток. Для майонезів уміст жиру має бути не нижчим 30 %, сухого жовтка – 1 % або 6 %, для майонезних соусів – може бути зниженим до 15 %.

Майонез згідно з національними стандартами прийнято поділяти на групи: столові, бутербродні, десертні та види: висококалорійні з масовою часткою загального жиру понад 55 %; середньокалорійні – 40–55 %; низькокалорійні – 30–40 %.

Окрім названих компонентів до складу майонезу входять такі складові, як: яєчний порошок, цукор, гірчиця, оцет або лимонний сік, сухе молоко, сіль, прянощі. До цього продукту, призначеного для безпосереднього вживання у їжу як приправа, висувають певні вимоги: бактеріальна чистота, в'язка сметаноподібна консистенція та здатність не розшаровуватися під час нагрівання (*термостійкість*) та зберігання (*седиментаційна стійкість*).

До складу майонезу також входять різноманітні речовини, зокрема:

- емульгатори (сухе молоко, яєчний порошок, яєчний жовток);

- стабілізатори (фосфатний крохмаль);
- структуроутворювачі (сухе молоко, гірчичний порошок);
- смакові, функціональні й інші харчові добавки (гірчичний порошок, сіль, цукор, оцет).

Ці інгредієнти надають майонезу різноманітний смак, насичують ароматом, визначають харчову та фізіологічну цінність. Також дають змогу розширювати асортиментну групу майонезів і соусів на його основі.

3.2. Технологія виробництва майонезу

Виготовлення майонезу – емульсії типу «олія у воді» складний, з технологічного погляду, процес. Складність полягає у забезпеченні оптимальних умов для отримання гомогенної, дрібнодисперсної емульсії з двох взаємонерозчинних компонентів – води й олії. Необхідно враховувати такі фактори, як час, необхідний для набухання компонентів, температуру на різних стадіях процесу, порядок змішування компонентів, швидкість подачі олії, умови гомогенізації, інтенсивність перемішування тощо. Умови отримання емульсії, окрім фізичних параметрів (розмір краплин тощо), мають забезпечувати необхідні показники стійкості та інші властивості: здатність до розтікання, термостабільність, текстуру, певні органолептичні показники.

Як і для кожної колоїдної системи, для майонезів існує стійка залежність між порядком уведення компонентів і властивостями отриманої емульсії. Суттєвий і вплив температури сировини й самого процесу на результат: починаючи від набухання білків і приготування майонезної пасти і стабілізаторів і закінчуючи отриманням грубої емульсії та стадією гомогенізації.

Тому існує два основні способи виготовлення майонезів:

- холодний;
- напівгарячий.

За холодного способу всі компоненти змішують за кімнатної температури.

При напівгарячому – основні інгредієнти додають у воду, нагріту до 95 °С, перемішують і розчиняють. Паралельно відбувається пастеризація. Відтак суміш охолоджують до 65 °С і лише після цього додають яєчний порошок або молочні компоненти.

3.3. Виробництво класичного майонезу

Принципова технологічна схема виробництва майонезу зображена на рис. 3.1. Всі компоненти майонезу попередньо розчиняють в окремих резервуарах (танках). Потім по чергово додають у преемульсійний танк: воду з цукром, яєчний порошок, водний розчин емульгатора.

Стабілізатор і загущувач окремо диспергують в олії (співвідношення твердої та рідкої фаз рівне 1:2), після чого подають у змішувач до води і яєчного порошка. Для отримання дрібнодисперсної емульсії олію необхідно додавати цівкою за постійного перемішування. Після утворення емульсії до неї додають сіль, цукор, гірчицю, кислоту й інші смако-ароматичні добавки, ароматизатори та барвники згідно з рецептурою.

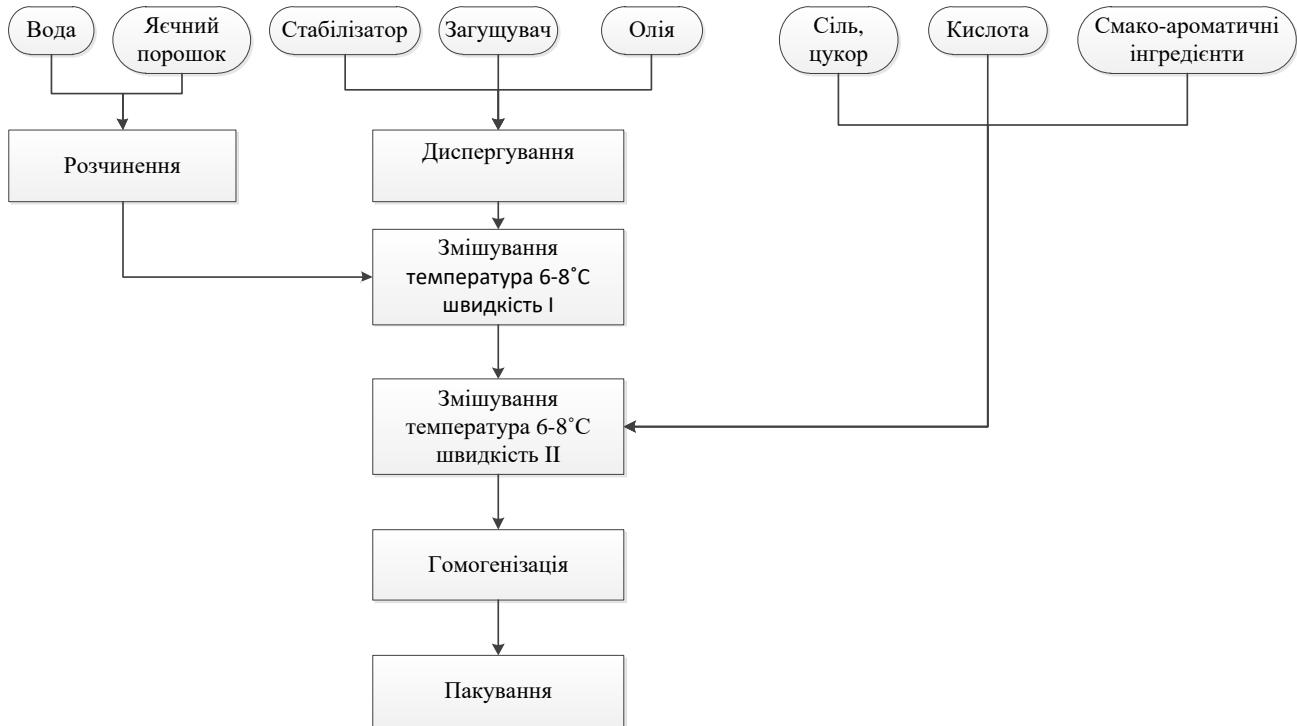


Рис. 3.1. Загальна технологічна схема виготовлення майонезу

3.4. Емульгатори, стабілізатори та загущувачі в технології виготовлення майонезу

Основні складові майонезу – вода й олія та три допоміжні компоненти: емульгатор, стабілізатор і загущувач (рис. 3.2). Саме баланс між цими компонентами визначатиме реологічні властивості системи та її текстуру.



Рис. 3.2. Загальна схема виготовлення майонезу

3.4.1. Емульгатори

Головна мета додавання емульгаторів до емульсійних соусів – запобігання коалесценції жирових кульок, що забезпечує стійкість емульсії. Молекули емульгатора адсорбуються на поверхні розділення олія – вода, зменшуючи поверхневий натяг жирових краплин, що суттєво полегшує процес емульгування. У виробництві класичних майонезів емульгатори – яєчні жовтки (лецитин, холестерин) та білки (молочні білки та білки гірчиці).

Роль емульгаторів у виробництві майонезів відіграють природні поверхнево-активні речовини (ПАР). Емульгатори можна поділити на чотири основні типи (рис. 3.3). Базовий емульгатор у майонезному виробництві – яєчні продукти. До них належать: яєчний порошок, свіжі яйця і жовток, заморожені яйця і жовток, пастеризовані жовтки. Рекомендується використовувати саме яєчний порошок. Основна проблема під час використання яєчних продуктів – їхня бактеріологічна чистота, тобто повне очищення від патогенних культур типу

сальмонели, стафілокока тощо. Крім того, необхідно контролювати масову частку фосфоліпідів у яєчних продуктах.

Найпоширеніші емульгатори на основі молочних продуктів – сухе молоко, сухі вершки, сухі скотини, сухі білкові концентрати й інші речовини, казеїн, казеїнат натрію. Значного ефекту можна досягнути поєднуючи яєчні продукти та молочні білки.



Рис. 3.3. Види емульгаторів за походженням, які застосовують у виробництві майонезів

Під час створення дієтичних і низькокалорійних сортів майонезів постає питання про заміну тваринних емульгаторів на рослинні. Для цього використовують знежирене борошно різних насінних культур, концентрати й ізоляти рослинних білків, наприклад сої. Нині технологи пропонують знизити вміст яєчного порошку в майонезі введенням додаткових емульгаторів – рослинних ПАР. Найбільше годяться фосфоліпіди та їхні похідні, а також поліфосфати, моно- та дигліцериди жирних кислот.

Головні вимоги до використовуваних емульгаторів у виробництві майонезних емульсій:

- низьке допустиме бактеріальне обсіменіння;
- відсутність смаку та запаху;
- розчинність у воді та здатність до диспергування;
- стійкість до підвищення температури, механічної обробки та зміни рН.

3.4.2. Стабілізатори

Зазвичай, за використання яєчної сировини та великого вмісту жиру застосування емульгаторів необов'язкове. Проте при

спробі виготовлення продуктів зниженої калорійності виникає проблема поліпшення їх стійкості та термостабільності, що можна вирішити додаванням емульгаторів. Стабілізаторами часто слугують гідроколоїди: рослинні (камеді, пектин, карбоксиметилцелюлоза), виготовлені на основі морепродуктів (каррагенан, агар-агар, альгінати) та синтезовані (ксантан, геллан).

У технології емульсійних соусів як стабілізатори найчастіше використовують полісахариди, не окремі, а комплекси, які дають змогу забезпечити стабільність, оптимальні реологічні, фізико-хімічні властивості та текстуру продукту. Вважають, що механізм дії полісахаридів відрізняється від дії емульгаторів: вони не лише зменшують поверхневий натяг, а й утворюють захисну плівку навколо крапель олії, не розчиняючись у ній. Однак, одночасно з цими процесами відбувається утворення комплексів білок–полісахарид. Здатність полісахаридно-білкових комплексів до збільшення в'язкості та формування гелю допомагає отримувати харчові продукти без термічної обробки під час виробництва. Міжфазні властивості цих комплексів сприяють наданню стабільності емульсійним соусам.

3.4.3. Загущувачі

Як загущувачі у виробництві майонезів і майонезних соусів найчастіше використовують крохмалі: нативні та модифіковані.

Нативні (кукурудзяний, картопляний, рисовий та інші) складаються з амілозної й амінопектинової фракцій. Вони здатні до набухання, погано розчиняються у воді та змінюють свої властивості залежно від рН і температури.

Модифіковані – здебільшого добре розчинні у воді, допомагають отримати необхідну текстуру, підвищують стабільність і термостабільність готового продукту.

Підібравши оптимальні співвідношення емульгатора, стабілізатора та загущувача можна виготовляти майонези зниженої калорійності, повністю замінити яєчні компоненти на молочні чи рослинні, додавати різноманітні функціональні добавки (наприклад харчові волокна чи антиоксиданти) зі

збереженням органолептичних і фізико-хімічних властивостей готового продукту.

3.5. Олії, які застосовують під час виготовлення майонезів

Для виробництва майонезів і майонезних соусів використовують рослинні олії, найпопулярніші серед яких соняшникова, рапсова та соєва. Оливкову олію застосовують рідше, оскільки вона дорожча та надає майонезу гіркуватого присмаку. Використовують лише рафіновані та дезодоровані олії з попередньо видаленими восками. Фізико-хімічні властивості цих олій подібні (табл. 3.1). Однак рапсова має найбільшу густину та в'язкість.

Таблиця 3.1

Деякі показники рослинних олій,
які використовують у виробництві майонезів

Назва олії	pH (25 °C)	Густина, г/см ³ (25 °C)	В'язкість, мПа·с, (40 °C)
Соняшникова		0,918	23,6
Соєва	6,88	0,920	23,1
Рапсова		0,922	35,1
Оливкова	6,96	0,909	25,6

Оліями, які містять насичені жирні кислоти, та сатурованими оліями, які твердіють під час замерзання (пальмова, арахісова та інші) не послуговуються у виробництві майонезів, оскільки вони не утворюють стійкі термостабільні емульсії.

Олії, які містять ненасичені жирні кислоти, легше окиснюються, що негативно впливає на органолептичні властивості та якість майонезу. Тому для виготовлення майонезів зазвичай використовують широкий спектр антиоксидантів.

3.6. Ячні продукти у виробництві майонезу

Незважаючи на великий вміст холестерину та мікробіологічну контагіозність, ячний жовток досить широко застосовують у технології майонезів і майонезних соусів завдяки його властивостям: він не лише вискоєфективний емульгатор, а й допомагає отримати емульсії потрібної кремоподібної

консистенції, може виступати як желуючий агент і добре спінується.

Рідкий яєчний жовток – це складна суспензія, яка містить фосфоліпіди, лецитин і низку білків і ліпопротеїдів, включно з фосвітином, ліповітелліном і ліветином. Загалом, до складу жовтка входять 15,7–16,6 % білків, 31,8–35,5 % ліпідів, 0,1–1,1 % карбогідратів та 1,1 % золи. Відмінна емульгуюча здатність яєчного жовтка пов'язана із наявністю в його складі фосфоліпідів і лецитину та незв'язаних білків (фосвітину, ліветину). Для виробництва майонезів часто використовують жовток, модифікований ферментом А2 фосфоліпази, що поліпшує його емульгуючу здатність і підвищує стабільність готового продукту.

Загальновідомий факт, що емульсії, виготовлені на основі сирого яєчного жовтка, проявляють значно ліпші характеристики, ніж на основі замороженого чи отриманого ліофільним висушуванням. Однак те, що яєчний жовток незамінний компонент великої кількості харчових продуктів, стимулювало шквал досліджень методів і способів отримання сухого жовтка та модифікації його властивостей для потреб конкретних галузей харчової промисловості.

3.7. Роль рН середовища та природи кислоти

Значення рН майонезу впливає на структуру емульсії. Віскоеластичні властивості та стабільність майонезів оптимальні, коли рН системи близьке до ізоелектричної точки білка. Якщо адсорбовані на поверхні олійної краплі протеїни заряджені, то це утруднює подальшу адсорбцію і викликає електростатичне відштовхування між компонентами, що су ттєво погіршить в'язко-пружні властивості системи.

Органічні кислоти – обов'язковий компонент будь-якого майонезу. Найчастіше використовують ацетатну кислоту, зокрема 9%-й харчовий оцет. Головна мета додавання кислот у майонез – коригування значення рН. Зазвичай, рН яєчного жовтка дорівнює 6,0–7,0. Для готового майонезу типове значення рН 3,5–4,5, оптимальне – 4.

Важливо, що кислотність середовища може суттєво сповільнювати і навіть зупиняти ріст і розвиток патогенної мікрофлори в майонезах. Наприклад, ефективність інгібування

росту *S. Aureus* в майонезі спадає в ряду оцтова кислота > молочна кислота > яблучна кислота за однакового значення рН, а сульфатна кислота проявила себе значно гірше за органічні кислоти. Отже, використання кислот забезпечує мікробіологічну стабільність майонезів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Технологія виготовлення майонезу в лабораторних умовах

Мета: виготовити майонез у лабораторних умовах.

Прилади й обладнання: ваги лабораторні; вимірювальний циліндр; склянка на 200 – 250 см³; міксер або блендер.

Матеріали: олія рафінована (соняшникова), яйця (2 шт.), ацетатна кислота (9 %-ий розчин, 20 см³), сіль; перець, цукор (30 г), гірчиця або гірчичний порошок (15 см³ або 1–2 г, відповідно); вода питна.

Методика виконання

Яйця перед використанням ретельно миють із милом щіткою під струменем гарячої води.

Сіль і цукор розчиняють у мінімальному об'ємі води. Жовтки від двох яєць з'єднують з водним розчином солі та цукру і ретельно перемішують за допомогою блендера або міксера. **Важливо!** У разі ручного змішування бажано змішувати компоненти зі сталюю швидкістю, не змінюючи напрямку руху вінчика: тільки за або тільки проти годинникової стрілки.

Потім за постійного перемішування до майонезної пасти цівкою додають рослинну олію. Після гомогенізації суміші (отримання однорідної маси) майонез підкислюють ацетатною кислотою (оцтом). Наостанок у суміш додають гірчицю, а відтак компоненти збивають до однорідної консистенції. Готовий майонез зберігають у холодильнику не більше однієї доби.

Якість майонезу визначають за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Завдання: результати органолептичної оцінки записати в таблицю, подану нижче; порівняти їх із вимогами, прописаними в стандартах.

Примітка. Дефектами майонезу вважають: прогірклий смак, сторонні присмаки та запахи, неоднорідний колір,

розшарування емульсії і виділення жиру, наявність великої кількості бульбашок повітря.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Виготовлення низькокалорійного майонезу на основі промислової сировини

У промисловості майонез виготовляють переважно з порошків із застосуванням емульгаторів, стабілізаторів і загущувачів. Як загущувач найчастіше використовують модифіковані крохмалі або карбоксиметилцелюлозу (КМЦ).

У табл. 9.1 наведено рецептуру для виготовлення низькокалорійного майонезу. Комбінацію інгредієнтів визначають після консультації з викладачем. Вона може відрізнитися від наведеної у табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Рецептура низькокалорійних зразків майонезу

Компонент	Масова частка компонентів, %	
	Зразок 1	Зразок 2
Олія соняшникова	30,00	30,00
Яєчний порошок	2,00	2,00
Вершки сухі	2,00	2,00
Гірчичний порошок	1,00	1,00
Цукор	1,50	1,50
Сіль	1,00	1,00
Сода	0,05	0,05
КМЦ	0,50	-
Крохмаль картопляний	-	1,00
Пектин NH	0,50	-
Ксантанова камедь	-	0,50
Оцет, 9 %	8,00	8,00
Молочна кислота	0,30	0,30
Вода питна	Розрахувати*	Розрахувати*
Разом	100,00	100,00

* масу води, яку додають до майонезної пасти розраховують з урахуванням маси води, витраченої на розчинення солі, цукру, соди й отримання гелів пектину та ксантану.

Етап 1. Виготовлення майонезної пасти

Після просіювання і зважування компонентів порошки білковмісних речовин (яєчний порошок, гірчичний порошок і

молочні вершки) ретельно перемішують зі сіллю, цукром і харчовою содою. До отриманої суміші додають воду масою, розрахованою окремо і вказаною у табл. 9.1, тобто масу води, яка дорівнює різниці $100 - m_{\text{води}}$ (де $m_{\text{води}}$ – маса води, витраченої на розчинення полісахаридів, г). Після змішування порошоків із водою проводять пастеризацію яєчних і молочних продуктів (витримують за температури $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 5 хв) з наступним їх набуханням за постійного перемішування та термостатування (витримують за температури $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 20–30 хв). Отримана паста має бути однорідною, без наявності великих грудочок компонентів.

Етап 2. Виготовлення грубої емульсії

Наступний етап – виготовлення грубої емульсії – однорідної суміші майонезної пасту з рослинною олією. Для її отримання в майонезну пасту, охолоджену до температури $30 - 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, за постійного перемішування цівкою додають олію з температурою $30-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Із уведенням останніх порцій олії вводять відповідну кількість столового оцту (оцет можна додати безпосередньо в останню порцію олії й перемішати перед завантаженням у систему). Суміш перемішують протягом 5 хв і проводять контрольне вимірювання значення рН. Після цього в систему додають регулятор кислотності – молочну кислоту, перемішують протягом 5 хв і знову вимірюють рН. Для отримання стабільної емульсії необхідно, щоб значення рН системи дорівнювало або було меншим за значення рН ізоелектричної точки (ІЕТ) білків, які входять до її складу.

Стабілізація олійних емульсій білками спричинена формуванням адсорбційних шарів білка на поверхні краплин олії. Для цього білок має бути нейтральним, у формі щільних глобул або мати невеликий позитивний заряд. Отже, значення активної кислотності системи повинне відповідати умові $\text{pH} \leq \text{pH}_{\text{ІЕТ}}$ білкових компонентів. За $\text{pH} > \text{pH}_{\text{ІЕТ}}$ та великої іонної сили система термодинамічно нестійка. Для того, щоб отримати саме емульсію типу «олія у воді», а не обернену, кислоту додають після формування грубої емульсії.

Для досягнення необхідного значення рН додають регулятори кислотності – органічні кислоти з меншим значенням pK_a , ніж оцтової ($\text{pK}_a=4,74$): молочну ($\text{pK}_a=3,86$), лимонну

($pK_a=3,13$), піровиноградну ($pK_a=2,5$) та інші. Це допомагає одночасно зменшити рН та запобігти збільшенню титрованої кислотності. Цим кислотам властивий характерний смак, тому збільшення відчуття кислого смаку не буде супроводжуватися появою неприємного оцтового запаху та присмаку продукції.

Етап 3. Попередня підготовка полісахаридів

Оскільки полісахариди, які використовують для стабілізації і загущення емульсій мало розчинні у воді, введення їх у майонезний соус потребує попередньої підготовки.

Порошки ксантанової камеді або пектину NH ретельно перемішують, розтираючи грудочки, потім розчиняють у гарячій воді ($65-75\text{ }^\circ\text{C}$). Щоб отримати гомогенний гель без грудочок розчиняють витримуючи на водяній бані протягом 20–30 хв за постійного перемішування. Перед введенням у грубу емульсію гель охолоджують до температури $30-35\text{ }^\circ\text{C}$.

Порошок КМЦ можна змішати з олією у співвідношенні 1:2 перед уведенням у систему. Однак використання такого прийому не дає бажаного результату та призводить до утворення грудочок, тому емульгатор додають до грубої емульсії у формі порошку одночасно із гелем полісахаридів.

За використання крохмалю як загущувача його необхідно попередньо заварити.

Етап 4. Гомогенізація емульсії

Важливий фактор для формування стабільної емульсії – спосіб й умови її гомогенізації. На підприємствах гомогенізацію проводять у спеціальних гомогенізаторах під тиском. У лабораторних умовах можливі два варіанти гомогенізації: механічна та/або ультразвукова.

Формувати майонезну емульсію із грубої можна із використанням блендера занурювального типу із частотою обертів 10000/хв протягом 5 хв.

Завдання: після приготування низькокалорійного майонезу провести його органолептичну оцінку та записати результати спостережень. Отримані результати порівняти із вимогами нормативних документів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

10.1. Визначення органолептичних показників майонезу

Органолептичні показники майонезів і майонезних соусів зазвичай визначають у такій послідовності: консистенція, зовнішній вигляд, колір, запах і смак. Температура майонезу має бути 20 ± 2 °С. Згідно з ДСТУ 4487:2005 за органолептичними показниками майонези мають відповідати певним вимогам (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

Органолептичні показники майонезів

Показник	Групи майонезів					
	Столові			Бутербродні		
	Високо-калорійні	Середньо-калорійні	Низько-калорійні	Високо-калорійні	Середньо-калорійні	Низько-калорійні
Зовнішній вигляд	Однорідний, сметаноподібний густий продукт; допускаються поодинокі бульбашки повітря та краплін смако-ароматичних добавок.			Однорідний, кремоподібний густий продукт; допускаються поодинокі бульбашки повітря та краплін смако-ароматичних добавок.		
Смак і запах	Притаманний майонезу конкретного виду і складу.					
Колір	Від білого до кремово-жовтого або зумовлений кольором введених добавок. Однорідний за всією масою.					

10.2. Визначення консистенції майонезу

Мета: визначити консистенцію досліджуваних зразків майонезу.

Прилади й обладнання: хімічні склянки; годинник; шпатель (металевий або інший).

Матеріали: зразки майонезів.

Методика виконання

Майонез із туб, пакетів або проб, відібраних із фляг і банок переносять у хімічні склянки та витримують 30 хв за температури 20 °С для відновлення структури. Після цього металевим або іншим шпателем проводять по поверхні майонезу, зсуваючи його верхні шари. Згідно з чинним стандартом, слід від шпателя має залишатися помітним на поверхні майонезу протягом 25 ± 5 с.

Консистенція майонезів усіх видів має бути однорідною, сметаноподібною.

Для емульсійних соусів із прянощами можлива наявність частинок смако-ароматичних добавок.

10.3. Визначення зовнішнього вигляду та кольору майонезу

Мета: визначити зовнішній вигляд і колір досліджуваних зразків майонезу.

Прилади й обладнання: хімічна склянка; аркуш білого паперу.

Матеріали: зразки майонезів.

Методика виконання

Зразок майонезу (не менше 30 см³) переносять у хімічну склянку, розміщену на білому аркуші паперу та розглядають за розсіяного денного світла, визначаючи зовнішній вигляд і колір; звертають увагу на наявність сторонніх краплень.

Колір майонезу може змінюватися від сірувато-білого до жовтувато-кремового залежно від сировини та наявності різних смакових добавок.

10.4. Визначення смаку й запаху майонезу

Мета: визначити смак і запах досліджуваних зразків майонезу.

Прилади й обладнання: хімічна склянка; годинник; ваги лабораторні; шпатель (металевий або інший).

Матеріали: зразки майонезів.

Методика виконання

Пробу майонезу у чистій (без запаху) хімічній склянці перемішують шпателем і визначають запах.

Для визначення смаку в ротову порожнину вміщують 3–10 г майонезу (достатнього для рівномірного розподілу продукту в ротовій порожнині). Продукт смакують, зауважують відчуття танення у роті, тримають 5–30 с не ковтаючи, потім випльовують.

Смак майонезу має бути трохи гострим, кислуватим, без вираженої гіркоти, із запахом і присмаком гірчиці й оцту, внесених прянощів і смакових добавок.

Результати органолептичного аналізу вписують у таблицю.

Таблиця 10.2

Органолептична оцінка якості майонезу

Найменування показника	Майонез			
	Згідно з нормативною документацією	Виготовлені зразки		
		1	2	3
Зовнішній вигляд				
Консистенція				
Колір				
Запах				
Смак				

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Визначення фізико-хімічних показників майонезів

Для майонезів нормують такі фізико-хімічні показники: масові частки вологи та жиру, кислотність у перерахунку на оцтову або лимонну кислоти, стійкість емульсії (у % виділеного жиру).

Таблиця 11.1

Фізико-хімічні показники майонезів згідно з ДСТУ 4487:2005

Показник	Групи майонезів					
	Столові			Бутербродні		
	Високо-калорійні	Середньо-калорійні	Низько-калорійні	Високо-калорійні	Середньо-калорійні	Низько-калорійні
Масова частка жиру, %	понад 55	від 40 до 55	від 30 до 40	понад 55	від 40 до 55	від 30 до 40
Масова частка вологи, %	Відповідно до технічного опису майонезу конкретної назви					
Кислотність у перерахунку на оцтову або лимонну кислоту, %	Відповідно до технічного опису майонезу конкретної назви					
Стійкість емульсії, % незруйнованої емульсії, не менше	98	98	97	98	98	98

За фізико-хімічними показниками майонези мають відповідати вимогам, зазначеним у табл. 11.1.

Окрім цих показників, у стандарті прописана необхідність контролю таких фізико-хімічних показників: рН (активна кислотність), ефективна в'язкість, масові частки консерванту та солі (табл. 11.2).

Таблиця 11.2
Фізико-хімічні показники майонезів згідно з ДСТУ 4487:2005

Показник	Одиниці вимірювання	Допустимі значення
рН	-	3,5 – 4,7
Ефективна в'язкість при швидкості зсуву 3 c^{-1}	Па×с	5,0 – 20,0
Масова частка консерванту	%	0 – 0,1
Масова частка солі	%	0 – 2,0

11.1. Визначення масової частки вологи в майонезі

Мета: визначити масову частку вологи в майонезі.

Прилади й обладнання: ваги лабораторні; шафа сушильна; ексикатор; бюкси скляні; аналітичні ваги; палички скляні.

Реактиви: пісок промитий і прожарений.

Матеріали: зразки майонезів.

Методика виконання

У скляному бюксі (разом із кришкою) зважують 3–4 г з відхиленням $\pm 0,01$ г попередньо підготовленого та прожареного піску. Уміщують у сушильну шафу й витримують протягом 2 год за температури 120 ± 3 °С. Виймають, охолоджують в ексикаторі та зважують разом і кришкою на аналітичних вагах із відхиленням $\pm 0,0001$ г.

У бюкс з піском (разом зі кришкою) відважують 2–3 г майонезу. Ретельно перемішують скляною паличкою, рівномірно розподіляють суміш по дну бюкса і виймають паличку. Бюкс накривають кришкою і повторно зважують на аналітичних вагах із відхиленням $\pm 0,0001$ г.

Відкривають бюкс, кладуть кришку на ребро й уміщують у сушильну шафу на 1 год за температури 103 ± 3 °С. Потім бюкс закривають кришкою, охолоджують в ексікаторі та зважують.

Наступні цикли висушування – охолодження – зважування проводять з інтервалом 30 хв до досягнення сталої маси бюкса. Масу вважають сталою, якщо різниця між двома послідовними зважуваннями не більша ніж 0,0001 г. Якщо маса бюкса зросла, для обрахунків беруть попереднє значення маси.

Масову частку вологи (X_1 , у %) розраховують за формулою:

$$X_1 = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100\%,$$

де m – маса майонезу, взята для аналізу, г; m_1 – маса бюкса (з кришкою) із піском і майонезом до висушування, г; m_2 – маса бюкса (з кришкою) із піском і майонезом після висушування, г.

11.2. Визначення титрованої кислотності майонезу

Мета: визначити титровану кислотність майонезу.

Прилади й обладнання: ваги лабораторні; вимірювальний циліндр; колби для титрування; штатив; бюретки.

Реактиви: натрій гідроксид (NaOH), 0,1 моль/дм³ розчин; 1% -й спиртовий розчин фенолфталеїну; вода дистильована.

Матеріали: зразки майонезів.

Методика виконання

У колбу наливають 50 см³ дистильованої води і поміщають пробу майонезу масою 1,9–2,1 г з відхиленням $\pm 0,01$ г. Уміст колби перемішують до остаточного розчинення майонезу. Титрують 0,1 моль/дм³ розчином натрій гідроксиду за наявності індикатора фенолфталеїну до появи слабкорозового забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв.

Титровану кислотність майонезу X (у перерахунку на оцтову або лимонну кислоти) визначають за формулою:

$$X_6 = 100 \cdot \frac{V \cdot K \cdot N}{m},$$

де V – об'єм розчину лугу, витрачений на титрування, см³; K – поправочний коефіцієнт для розчину NaOH, який розраховують за формулою: $K = N_{\text{NaOH}} / 0,1$, де N_{NaOH} – нормальність розчину NaOH, моль/дм³; N – коефіцієнт перерахунку на оцтову кислоту,

дорівнює 0,0060 (у разі перерахунку на лимонну кислоту дорівнює 0,0064); m – маса наважки майонезу, взята для титрування, г.

За двома паралельними визначеннями знаходять середньоарифметичне значення кислотності, яке приймають за кінцевий результат.

Результати досліджень і розрахунків вписують до протоколу роботи.

11.3. Визначення активної кислотності майонезу

Мета: визначити активну кислотність (рН) майонезу.

Прилади й обладнання: рН-метр лабораторний (іонометр); склянка хімічна; термометр рідинний скляний із ціною поділки 1 °С, придатний для вимірювання температури в інтервалі 0 – 50 °С; папір фільтрувальний; вода дистильована.

Матеріали: зразки майонезів.

Методика виконання

Активну кислотність зразків майонезу визначають потенціометрично з використанням лабораторного рН метра рН-150МИ з комбінованим електродом ЕСК-10603рН та термодатчиком.

За буферними розчинами рН-метр калібрують у робочому інтервалі значень рН: 4,01/6,86/9,18.

У чисту склянку відбирають пробу майонезу масою 2 г, добавляють 30 см³ дистильованої води, ретельно перемішують. Занурюють електроди і термометр.

Відлік рН на шкалі приладу проводять після того, як показник набуде постійного значення.

Результати досліджень вписують до протоколу роботи.

11.4. Визначення стійкості емульсії майонезу

Мета: визначити стійкість емульсії майонезу.

Прилади й обладнання: пробірки для центрифугування; центрифуга з частотою обертання не менше як 1500 об/хв.

Матеріали: зразки майонезів.

Методика виконання

Седиментаційну стійкість емульсії визначають за допомогою центрифуги лабораторної універсальної ЦЛУ 10 з частотою обертання не менше як 1500 об/хв.

Пробірку для центрифугування заповнюють майонезом до верхньої поділки (~10 см³). Поміщають у центрифугу і центрифугують протягом 5 хв за частоти обертання 1500 об/хв. Потім витримують на киплячій водяній бані протягом 3 хв і знову центрифугують протягом 5 хв за частоти обертання 1500 об/хв.

Стійкість емульсії, X (у % за об'ємом до незруйнованої емульсії) розраховують за формулою:

$$X = \frac{V}{10} \cdot 100\%,$$

де V – об'єм незруйнованої емульсії, см³; 10 – об'єм майонезу; взятого для дослідження, см³.

Примітка: для більшої зручності можна використовувати не звичайну пробірку для центрифугування, а мікропробірку типу Еппендорф.

11.5. Визначення масової частки жиру у майонезі

Значення масової частки жиру у майонезах коливається від 30–35 % до 65–75 %.

Мета: визначити масову частку жиру у майонезі.

Прилади й обладнання: бутирометр (жиромір); ваги лабораторні; вимірвальний циліндр на 20 см³; водяна баня; молочна центрифуга; шпатель.

Реактиви: сульфатна кислота ($\rho=1,5$ г/см³); ізоаміловий спирт.

Матеріали: зразки майонезів.

Методика виконання

Майонез ретельно перемішують шпателем і відважують 1,7–1,9 г у бутирометр. Додавають 18 см³ сульфатної кислоти ($\rho=1,5$ г/см³) та 1 см³ ізоамілового спирту, закривають корком, ретельно струшують і нагрівають на водяній бані за температури 65 ± 2 °С, періодично струшуючи, до повного розчинення білкових речовин майонезу. Після цього центрифугують протягом 5 хв на молочній центрифусі зі частотою обертання 25 об/с.

Потім жиромір занурюють корком донизу на 5 хв у водяну баню за температури 65–70 °С, після чого проводять відлік об'єму виділеного жиру. Жиромір тримають вертикально, щоб межа розділу жиру та кислоти була на рівні очей.

Рухом корку вгору та вниз встановлюють нижню межу стовпчика жиру на цілій поділці шкали жироміру і від неї відраховують кількість поділок до нижнього меніску стовпчика жиру. Якщо стовпчик жиру непрозорий, а межа розділу жиру та кислоти нечітка проводять повторне визначення.

Масову частку жиру (X , у %) розраховують за формулою:

$$X = \frac{5A}{m},$$

де A – значення, визначене за шкалою жироміру; m – наважка майонезу, г.

11.6. Визначення пероксидного числа майонезу методом йодометричного титрування

Мета: визначити пероксидне число майонезу методом йодометричного титрування.

Прилади й обладнання: колба конічна (зі шліфом і корком) об'ємом 200 см³; бюретка; піпетки; вимірювальний циліндр; секундомір; ваги лабораторні.

Реактиви: 0,01 моль/дм³ розчин натрій тіосульфату; 10 %-й розчин калій йодиду; хлороформ; кислота ацетатна льодяна (х.ч.); 1%-й розчин крохмалю; вода дистильована.

Матеріали: зразки майонезів.

Методика виконання

У конічну колбу зі шліфом об'ємом 200 см³ відважують 5 г досліджуваного зразка майонезу, додають 10 см³ хлороформу, інтенсивно перемішують, додають 15 см³ ацетатної кислоти та 1 см³ розчину калій йодиду.

Колбу закривають корком й інтенсивно струшують протягом 1 хв, залишають у темному місці на 5 хв. Потім додають 75 см³ дистильованої води та 2–3 краплі розчину крохмалю, щоб уміст колби набув синього забарвлення. Титрування проводять 0,02 моль/дм³ розчином натрій тіосульфату до повного знебарвлення розчину.

Примітка: паралельно проводять контрольний дослід без майонезу!!!

Розрахунок пероксидного числа (ПЧ) здійснюють за формулою:

$$ПЧ = \frac{(V_1 - V_0) \cdot N \cdot 1000}{m},$$

де V_0 – об'єм розчину натрій тіосульфату, витрачений на титрування контрольної проби, см³;

V_1 – об'єм розчину натрій тіосульфату, витрачений на титрування проби майонезу, см³;

N – концентрація розчину натрій тіосульфату, моль/дм³;

m – маса досліджуваної проби майонезу, г.

Завдання: записати результати проведених фізико-хімічних досліджень і зробити висновок про якість майонезу.

Література, використана при підготовці розділу

1. ДСТУ 4487:2005. «Майонези. Загальні технічні умови». Національний стандарт України. Київ:Держспоживстандарт України, 2005.
2. Codex. Codex standard for mayonnaise (Regional European Standard). *Codex Stan 168*. 1989. С. 1–6.
3. Коршунова А. Ф., Ильдирова С. К., Гнищевич В. А. Пищевые технологии: технология эмульсионных соусов, кетчупов и горчицы. Донецк:ДонНУЭТ, 2007. 147 с.
4. Харчові продукти. Жирові товари. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів циклу професійної підготовки бакалавра за освітньо-професійною програмою для спеціальності 076 «Підприємництво, торгівля і біржова діяльність» / укл.: Денисенко Т.М. Чернігів: ЧНТУ, 2019. 24 с
5. McClements D. J. *Food Emulsions*. CRC Press, 2015. 714 с. ISBN 9780429154034.
6. Горальчук А. Б., Пивоваров П. П. Технологія термостабільних емульсійних соусів на основі овочевої сировини: монографія. Харків: ХДУХТ, 2010. 123 с.
7. Harrison L. J., Cunningham F. E. Factors influencing the quality of mayonnaise: a review. *Journal of Food Quality*. 1985. Вип. 8, № 1. С. 1–20.
8. Moros J. E., Franco J. M., Gallegos C. Rheological properties of cholesterol-reduced, yolk-stabilized mayonnaise. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2002. Вип. 79, № 8. С. 837–843.
9. Caballero B., Finglas P. M., Toldra F. *Encyclopedia of Food and Health* | ScienceDirect. 2016. ISBN 978-0-12-384953-3.
10. Mirzanajafi-Zanjani M., Yousefi M., Ehsani A. Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. *Food Science & Nutrition*. 2019. Вип. 7, № 8. С. 2471–2484.
11. Smittle R. B. Microbiological safety of mayonnaise, salad dressings, and sauces produced in the United States: A review. *Journal of Food Protection*. 2000. Вип. 63, № 8. С. 1144–1153.

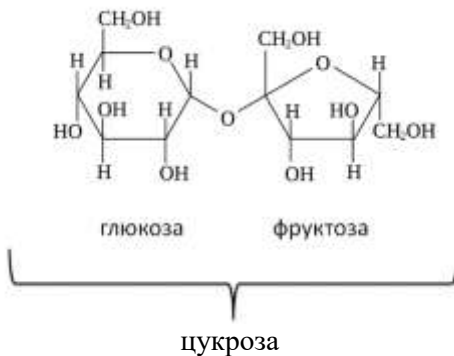
Розділ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ЦУКРУ

Цукор – надзвичайно поширений харчовий продукт. Середньорічне споживання цукру на душу населення у світі складає понад 20 кг. Там, де вартість одного кілограма цукру невелика порівняно із загальним доходом (Європа, США), споживання на душу населення стабілізувалося на рівні нижче 40 кг. У бідніших регіонах (Африка, Азія) споживання цукру ледве сягає 16 кг на людину.

Загальнорічне виробництво цукру нині наближається до 140 млн тонн, збільшившись з 30 млн тонн протягом останніх 60 років.

Цукор – це клас вуглеводів складу $C_n(H_2O)_m$. З позицій технології **цукром** називають тверду кристалічну речовину, підсолонджувач для продуктів харчування та напоїв.

Цукроза (b-D-фруктофуранозил-a-D-глюкопіранозид), $C_{12}H_{22}O_{11}$, формульна маса 342,3, дицукрид, до складу якого входять залишки глюкози та фруктози, з'єднані a,b-глікозидним зв'язком.



Солодкий смак – найхарактерніша та важлива властивість цукрози, за якою вона є еталоном для оцінювання інших підсолонджувачів.

На солодкість впливають температура, рН, концентрація цукру, фізичні властивості харчової системи та інші фактори.

Цукроза наявна в більшості рослин, але в концентраціях, достатніх для комерційного вилучення, тільки в цукровій

тростині та цукрових буряках. Саме тому ці рослини – найпоширеніша сировина для виробництва цукру. Цукрова тростина – це трава, яка росте в тропічних регіонах; цукровий буряк – коренеплід, який вирощують у помірному кліматі, наприклад Європі та Північній Америці. Крім того, сировиною для виробництва цукру можуть бути сорго (*Sorghum vulgare*), цукровий клен (*Acer saccharum*), фінікова пальма (*Phoenix dactylifera*).

Технологія виробництва цукру з тростини та цукрових буряків ідентична за суттю, проте відрізняється деякими деталями. Однак незалежно від сировини отримують один фінальний харчовий продукт – цукор.

4.1. Цукровий буряк як сировина для виробництва цукру

Цукровий буряк, *Beta vulgaris* – дворічна рослина, яка дає комерційні врожаї в широкому діапазоні кліматичних зон. Урожай збирають під час першого сильного морозу, який припиняє фотосинтез цукрози і може загрожувати втратою врожаю через його вимерзання в ґрунті.

Виробництво цукру – класичний представник сезонних виробництв. Заводи запускають із початком збору врожаю і працюють до повної його переробки, після чого готують обладнання до наступного сезону.

Важливі характеристики цукрового буряка – соковитість і цукристість.

Цукристість буряків називають уміст цукрози в них, виражений у відсотках.

Соковитість (соковий коефіцієнт) – масова концентрація бурякового соку в коренеплоді.

Якщо розглядати вміст цукрози в різних частинах коренеплоду, то найменший він у голівці (верхній частині), середній – у прикореневій, найбільший – у середній частині. Чим соковитіший буряк, тим це ліпше для технологічного процесу виробництва цукру. Соковиті коренеплоди легше нарізати на стружку, при цьому утворюється більше соку та менше відходів. М'якоть кореня містить багато пектинових речовин, розчинних

за високих температур, які можуть перейти в дифузійний сік, що суттєво утруднює його обробку.

Процес синтезу цукрози в буряках й інших рослинах достатньо складний. Хоча буряковий і тростинний цукор дуже схожі за своїм складом, синтез цукрози в цих рослинах відбувається за різними механізмами. В основі обох випадків лежить засвоєння Карбону з вуглекислого газу та перетворення його на карбогідрати під час фотосинтезу в зелених частинах рослин. Оскільки разом із цукрозою синтезується низка інших речовин, серед яких і органічні кислоти, рН свіжого бурякового соку має слабкокисло реакцію (рН~6,2–6,7).

Одні з важливих параметрів цукрових буряків:

- морфологічні характеристики (розмір і форма);
- анатомічні характеристики (параметри клітин тканин коренеплоду);
- фізичні властивості (тургор кореня, вологоутримувальна здатність, співвідношення м'якуша та соку);
- хімічний склад кореня.

Морфологічні характеристики буряка (розмір і форма) залежать від сорту й умов вирощування. Вони впливають як на збирання урожаю, так і на його зберігання та обробку. Оптимальною формою вважають круглу, а розмір – середній.

Анатомічні особливості (розмір клітин і міцність їх оболонок) безпосередньо впливає на отримання дифузійного соку із бурякової стружки.

Тургор кореня (його пружність) впливає на отримання стружки потрібного розміру нарізанням.

4.2. Хімічний склад цукрового буряка

Середній склад коренеплодів буряка містить 75 % води та 25 % сухих речовин, з яких ~ 17,5 % складає цукроза (рис. 4.1). Важливе завдання цукрової промисловості – максимальне очищення розчину цукрози від супутніх речовин, оскільки більшість з них негативно впливають на процес кристалізації.



Рис. 4.1. Хімічний склад коренеплоду цукрового буряка

Окрім цукрози, до складу цукрових буряків у невеликій кількості входять карбогідрати, серед яких: глюкоза, фруктоза, рафіноза й інші. В буряковому соку може утворюватись інвертний цукор.

Інвертний цукор – розчин, який складається з рівних молярних частин глюкози та фруктози.

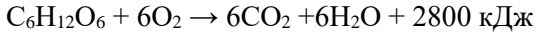
Оскільки інвертний цукор у промисловості застосовують як антикристалізатор, його наявність у цукровому сиропі негативно впливає на кристалізацію цукру. Тому всі цукри, окрім цукрози, потрібно видалити до стадії кристалізації. Подібну антикристалізаційну дію мають нітрогеновмісні речовини, зокрема, деякі амінокислоти. Мінеральні солі збільшують розчинність цукрози, що теж негативно впливає на кристалізацію. Нерозчинні тверді речовини, такі як: сапоніни, білки, целюлоза та пектини, перебуваючи у колоїдному стані, затримують фільтрацію й ускладнюють циркуляцію продуктів в апаратах, утруднюють кристалізацію та центрифугування.

4.3. Метаболізм цукрози в організмі людини

Цукрозу відносять до карбогідратів зі швидким метаболізмом (швидкі вуглеводи). У травному тракті під дією ензиму відбувається розпад цукрози на моносахариди – глюкозу та фруктозу:



У кишківнику фруктоза перетворюється на її ізомер, а глюкоза (відома, як цукор крові) потрапляє у кровотік і є джерелом енергії для організму. Розчинений у крові кисень, який потрапляє туди абсорбцією з повітря під час дихання, розноситься по клітинах організму. На клітинному рівні відбувається окиснення глюкози:



Ця реакція екзотермічна, під час окиснення глюкози виділяється 2800 кДж (669 ккал) енергії на 1 моль глюкози (або $669/180 = 3,8$ ккал/г, де 180 г/моль – молярна маса глюкози). Реакція відбувається досить швидко, тому для швидкого відновлення сил рекомендують з'їсти щось солодке або випити солодкого напою. Часто можна почути такі рекомендації перед спортивним виступом або важким іспитом, подіями, які вимагатимуть великих витрат енергії та напруження організму.

Загалом в організмі людини всі вуглеводи (цукор, крохмаль, харчові волокна та ін.) гідролізують з утворенням глюкози, яка окиснюється з виділенням енергії. Більшість цієї енергії витрачається на фізичну активність і підтримання температури тіла. Частина глюкози перетворюється на поліцукрид глікоген, який зберігається в тканинах і м'язах про запас. Коли організм відчуває брак енергії, глікоген розпадається до глюкози, яка потрапляє у кровотік до клітин і окиснюється, поповнюючи запаси енергії організму.

Нормальний рівень глюкози в організмі 70–100 мг в 100 см³ крові.

Діабет – це хвороба, за якої організм людини перестає виробляти інсулін (гормон, який регулює рівень цукру в крові) або не має можливості окиснювати всю глюкозу. В крові накопичується надлишок глюкози, який можна виміряти за допомогою спеціальних приладів у лабораторії чи в домашніх умовах. Підвищений рівень цукру – небезпечний для людини

стан, тому ті, у кого є такі проблеми мають бути під постійним наглядом лікарів.

4.4. Базові стадії технології виготовлення цукру

Основні стадії переробки цукрового буряка: підготовка сировини, отримання дифузійного соку, кристалізація цукрози (рис. 4.2).

Головними стадіями переробки сировини вважають вилучення цукру з буряків (дифузія) і випарювання води до отримання кристалічного цукру. Решту стадій прийнято вважати допоміжними.

Під час переробки буряків утворюється значна кількість біовідходів, основну масу яких складають листя, жом і меляса, які широко використовують у хімічній промисловості та в останні роки для отримання біопалива.

Наприклад, кислотним гідролізом відходів можна отримати фурфурол – сировину для хімічного синтезу, а гідролізом з подальшою ферментацією – біоетанол.



Рис. 4.2. Основні стадії переробки цукрових буряків

4.5. Підготовка буряків до дифузійного процесу

При надходженні буряків на завод їх зважують і складують на спеціальних майданчиках у великі купи – кагати. З кагатів буряки переміщують у спеціальні бетонні бункери, а звідти – на технологічні лінії (рис. 4.3).

Підготовка буряків до дифузійного процесу включає гідравлічне подавання їх з бункерів на подальше миття у коритні або барабанні мийки, зважування, пропускання через магнітні сепаратори, очищення від великих домішок і подавання на подрібнення.

Важливий момент цукрового виробництва – очищення вод, які витрачають на миття буряків. Такі води не можуть випускатись у стави чи в каналізацію, тому біля багатьох заводів є системи очисних ставів, куди подають воду після буряко-цукрового виробництва. У ставах воду відстоюють, після чого подають на спеціальні очисні споруди.



Рис. 4.3. Технологічна схема отримання дифузійного соку

Після очищення буряк подають на різальні машини, сконфігуровані як горизонтальний диск, який обертається, або обертовий барабан, де буряк і леза розміщені на внутрішньому боці, а скибочки, котрі називають *стружкою*, випадають назовні.

В обох конфігураціях виходять подовжені шматочки з ромбоподібним поперечним перерізом 3–5 мм і довжиною 4 – 10 см. Ножі можна регулювати в блоках для зміни товщини та довжини стружки. Чим довша і тонша стружка, тим ліпше збережеться її цілісність під час екстракції. До найнесприятливіших умов можна віднести підморожений або занадто сухий буряк, який не ріжеться на смужки, а розпадається на шматки.

Для вилучення цукрози зі стружки використовують *екстракцію*. Цей процес проводять так, щоб забезпечити максимально ефективну дифузію цукрози через зруйновані клітинні стінки. Часткову денатурацію клітинних стінок досягають попереднім ошпарюванням або нагріванням стружки після виходу зі стружкорізки. Температуру всередині дифузора підтримують за допомогою гарячої технічної води і непрямого нагріву парою низького тиску. Мета екстракції – отримання дифузійного соку.

Дифузійний сік – суміш бурякового соку та води (за екстракції протягом 70–80 хв з 100 кг стружки отримують 115 – 130 кг соку).

Екстракцію проводять у колонних, коритних або ротаційних дифузійних установках. Після завершення екстракції з дифузійної установки виходять дифузійний сік зі вмістом сухих речовин 16–17 % та відпрацьована стружка (*сирий жом*) з вологістю ≈ 92 % і вмістом цукрози ≈ 1 %. Щоб збільшити кількість цукрози, яку повертають для подальшої переробки і мінімізувати витрати енергії, необхідної для сушіння жому, вологий жом пресують у конічних шнекових пресах. Жомопресову воду пропускають через сита й повертають у дифузійні установки. З пресів виходить *вологий жом* з вологістю ≈ 75 % і вмістом цукрози ≈ 1 %, тобто майже 2 % цукрози, яка надходить на завод, втрачається зі стружкою (втрати жому).

Пресований жом висушують в обертових барабанних сушарках до вологості ~ 10 %, після чого подають на зберігання. Сухий жом використовують як сировину для виробництва комбікормів.

Сирий сік, який виходить із дифузора – каламутний темно-сірий розчин з колоїдними зависями, шматками бурякової тканини, дрібними шматочками стружки та дрібнодисперсного ґрунту, який залишився після флотації і промивання.

Такий сік мікробіологічно й хімічно нестабільний і непридатний для концентрування та кристалізації.

Тому наступний етап технологічного процесу – очищення дифузійного соку з метою підготовки його до кристалізації.

4.6. Очищення дифузійного соку

Очищення дифузійного соку – складний і багатостадійний процес, схема якого подана на рис. 4.4.



Рис. 4.4. Технологічна схема очищення дифузійного соку

Основні завдання хімічного очищення дифузійного соку:

- припинення мікробної активності;
- досягнення прозорості соку та його знебарвлення;
- забезпечення хімічної стабільності соку, щоб наступні етапи обробки – випарювання і кристалізація не призвели до

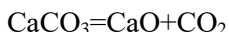
неконтрольованого гідролізу цукрози, утворення накипу на поверхнях устаткування або співосадження сторонніх компонентів.

4.6.1. Дефекація

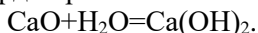
Дефекація базується на обробці дифузійного соку негашеним вапном; поділяється на попередню та основну стадії.

Дефекація – найпростіший і найдешевший спосіб очищення цукру, який полягає в обробці його вапном.

Вапно та вуглекислий газ, необхідні для очищення дифузійного соку виробляють безпосередньо на підприємстві прожарюванням вапняної породи в печах, які працюють на газі або металургійному коксі. Зазвичай вапняну породу однакового розміру і кокс у співвідношенні 12:1 завантажують у верхню частину вертикальної печі. Вони проходять через зони вогню й охолодження так, що порода досягає максимальної температури ~1000 °С без перепалу, що призводить до утворення негашеного вапна (CaO):



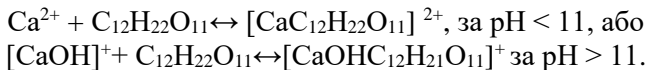
Вуглекислий газ, отриманий розкладом вапняку та з реакції горіння, виводять з верхньої частини печі й скеровують на лінію сатурації. Негашене вапно гасять розведеними водами з технологічних потоків (солodka вода з вмістом твердих речовин близько 4–8 %) з утворенням водної суспензії Ca(OH)₂ (вапняне молоко) з умістом твердих речовин ≈30 %:



Вапно в процесі дефекації відіграє роль:

- джерела кальцію, який утворює осадки з нецукристими компонентами (білки, цитрати, фосфати, пектини, сульфати, сапоніни тощо);
- створює лужне середовище, що запобігає гідролізу цукрози;
- спричинює коагуляцію колоїдів у дифузійному соку.

При взаємодії цукрози з йонами кальцію утворюються комплекси різного складу. Склад і будова таких комплексів залежить від рН середовища, яке зумовлює характер реакційної здатності реагуючих компонентів. Наприклад, можливе утворення таких комплексів:



Розглянемо детальніше, що відбувається з дифузійним соком протягом I (попередньої) та II (основної) стадій дефекації.

На стадії **попередньої дефекації** до дифузійного соку додають вапняне молоко з розрахунку 0,25 г СаО на 100 г дифузійного соку. Додавання вапняного молока зміщує рН соку в лужну область. При цьому відбуваються реакції нейтралізації органічних кислот дифузійного соку, утворення нерозчинних кальцієвих солей, утворення цукратів кальцію та часткове осадження гідроколоїдів. Залежно від типу обладнання, яке використовують і температури наступних стадій, попередня дефекація може відбуватись «на холоді» за температури 50 °С або в теплі за 80 °С. Тривалість стадії – від 15 до 30 хв.

На стадії **основної дефекації** до дифузійного соку додають надлишок (1,5–2,5 %) вапняного молока. Система досягає максимальної лужності та найбільших значень рН. Процес може відбуватися за нижчих температур (50 °С протягом 60 хв, а потім 5–10 хв за 80 °С) або лише за вищих (80 °С, тривалість 10–15 хв). Інвертний цукор (суміш глюкози та фруктози) перетворюється на органічні кислоти, які не утворюють нерозчинних солей із кальцієм. Якщо не позбутись інвертних цукрів на стадіях очистки, вони чинитимуть негативний впливатимуть на стадіях випарювання і кристалізації: викликати зміни рН, заважати кристалізації цукрози, впливати на колір цукру тощо.

Після дефекації отримують очищений дифузійний сік і **дефекат (дефекаційний бруд)**. Приблизний склад **дефекату**:

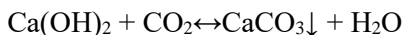
- 60–70 % вапна;
- 10–15 % органічних речовин;
- 0,2–0,7 % азоту;
- 0,2–0,9 % фосфору у вигляді P_2O_5 ;
- 0,5–1 % калію у вигляді K_2O ;
- незначні кількості сірки, магнію та мікроелементів.

4.6.2. Сатурація (карбонізація)

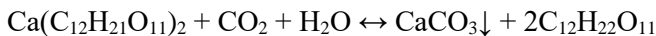
Мета сатурації – видалення внесеного вапна з дифузійного соку. Процес відбувається у дві стадії: I-ша сатурація та II-га сатурація.

Сатурація дифузійного соку – обробка соку сатураційним газом, який містить 30–34 % Карбон діоксиду (CO₂).

Фактично, мета двох процесів сатурації – повне видалення вапна взаємодією з вуглекислим газом з утворенням кальцій карбонату:



та руйнування кальцій-цукратних комплексів для вивільнення цукрози:



Осад кальцій карбонату може бути як потужний адсорбент, зокрема під час осадження карбонатів.

Мета *першої сатурації* – поступове зниження рН дифузійного соку та часткове осадження кальцій карбонату. Також важливо створити центри кристалізації в соку для ефективного подальшого вилучення СаСО₃. Кальцій карбонат, який утворюється під час сатурації та виділяється з дифузійного соку фільтруванням, може бути використаний:

- 1) для подальшого розкладу з утворенням вапняного молока та вуглекислого газу з метою використання їх у процесах дефекації та сатурації;
- 2) як фільтруючий засіб з добре розвиненою поверхнею і хорошими адсорбційними властивостями для подальшого фільтрування дифузійного соку.

Залежно від того, з якою метою буде використовуватися кальцій карбонат у подальшому, вибирають умови сатурації (рН, температуру тощо).

Готовий сік першої сатурації надходить на лотковий відстійник або фільтр-згущувач (скорочений час відстоювання) для відокремлення осаду. Частина загущеного осаду повертають на попередній фільтр, більшу частину – фільтрують у ротаційних фільтрах або обробляють на сучасних мембранних фільтрах-пресах.

Найбільша зміна рівноваги між осадам і соком відбувається під час відстоювання у фільтрах. Це одна з причин того, що чистота соку після першої сатурації часто низька, оскільки в нього потрапляє досить велика кількість нецукрів.

Друга сатурація. Основна мета другої сатурації – видалення карбонатної кислоти (розчин CO_2 у воді) вапна, яке може осаджуватися у вигляді кальцій карбонату (видалення кальцію). Надзвичайно важливі показники, за якими постійно потрібно пильнувати під час другої сатурації, температура (має бути близькою до $100\text{ }^\circ\text{C}$) та рН або лужність. Рекомендують проводити не моніторинг рН, а моніторинг титрованого значення – ефективної лужності. Процес другої сатурації має відбуватися за конкретного значення лужності – оптимальній лужності.

Оптимальна лужність – це фактична лужність дифузійного соку під час другої сатурації, за якої кількість нерозчинних карбонатів у готовому соку мінімальна.

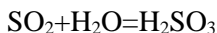
Оптимальна лужність залежить від хімічного складу бурякового соку, її визначають для кожного підприємства та для конкретної сировини. Об'єм шламу, утвореного в результаті другої сатурації, набагато менший, ніж під час першої сатурації і легко видалається за допомогою вбудованих фільтрів.

Фільтрація спрощується, тому що осад являє собою майже чистий кальцій карбонат, не забруднений колоїдами, наявними в осаді першої сатурації.

4.6.3. Сульфитація

Сульфитація полягає у барботуванні сірчастого газу через дифузійний сік.

Під час пропускання сірчастого газу через дифузійний сік утворюється сульфитна кислота – сильний відновник:



Сульфитація – освітлення та зниження в'язкості дифузійного соку пропусканням через нього сірчастого газу (12–15 % SO_2).

Використання сульфитної кислоти для очищення соку в бурякоцукровій промисловості має давню історію. Сульфитна кислота (H_2SO_3) – сильніша, ніж карбонатна (H_2CO_3), тому може застосовуватися для нейтралізації надлишкової лужності в соках

і сиропах. Крім того, вона – відновник, і може використовуватись для знебарвлення соків відновленням барвних речовин до їх безбарвних форм.

Також важлива бактерицидна дія SO_2 на патогенні мікроорганізми навіть за незначних кількостей. Після завершення сульфитації проводять остаточну фільтрацію.

На сучасних виробництвах намагаються уникати застосування сульфитації. Норми SO_2 в кінцевому продукті для України та країн ЄС суттєво відрізняються:

Країна	Норма SO_2 в кінцевому продукті, мг/кг
Україна	15
Країни ЄС	6

4.7. Загущування дифузійного соку та кристалізація цукрози

Для кристалізації цукрози з дифузійного соку спочатку необхідно провести його випарювання для отримання сиропу з великим умістом сухих речовин.

Принципова схема технологічного процесу від надходження на лінію очищеного соку до отримання кристалічного цукру подана на рис. 4.5.

Перший етап – загущення дифузійного соку випарюванням. Очищений дифузійний сік – водний розчин з вмістом 14–16 % сухих речовин і 13–14 % цукрози, надходить до випарних установок.

Випарні установки – це багатокорпусні апарати, які працюють за принципом утилізації вторинної пари. Суть роботи таких установок полягає в тому, що пара від першого випарного корпусу витрачається на обігрів другого, від другого – на обігрів третього і т.д. На виході після стадії випарювання отримують сироп, який містить 65 % сухих речовин, частина з яких – нецукри. Після цього сироп фільтрують у спеціальних фільтрувальних установках з додаванням адсорбента – найчастіше, кізельгуру.

Після цього проводять **другий етап** – сироп надходить до вакуум-випаровувачів для остаточного загущування.



Рис. 4.5. Варіння утфеля та кристалізація цукру

Уварювання під вакуумом необхідне, щоб знизити температуру кипіння сиропу із 120 °С за атмосферного тиску до 80 °С в умовах вакууму. Це необхідно для запобігання карамелізації цукру, яка починається за температури 120 °С. Уварювання сиропу у вакуум-апаратах здійснюють у кілька стадій.

Спочатку отримують утфель I (в англomовній літературі його називають А-сугор), що містить ~ 92 % сухих речовин. Після цього подають повітря і продукт переміщують в утфелемішалку, а потім – у вертикальну центрифугу. В центрифuzі цукор залишається на стінках, а міжкристалічна рідина відцентровою силою витискається крізь сита назовні. Цукор на стінках відбілюють парою та гарячою водою, що призводить до часткового його розчинення. Тому цю рідину називають білою патокою і подають насосами на стадію уварювання першого утфеля. Отриманий центрифугуванням білий цукор (А-sugar) подають у сушильний цех.

Утфель – пересичена суміш кристалів цукрози та міжкристалічної рідини.

Отриману після центрифугування міжкристалічну рідину знову упарюють у вакуумних апаратах до отримання сиропу з

умістом сухих речовин ~ 93 % (утфель II, В-сыгор), потім центрифугують й отримують цукор другої кристалізації (В-sugar, жовтий цукор). Він потребує додаткової обробки – клерування.

Клерування – повернення жовтого цукру на виробництво: жовтий цукор розчиняють у воді й додають до випарного сиропу, який надходить на сульфитацію.

Жовтий цукор повертають у технологічний контур із водою та випареним сиропом, а отриману міжкристалічну речовину – **зелену патоку** запускають на подальшу переробку.

Сироп із проміжних центрифуг є сировиною для третього етапу – варки утфелю III або С-кристалізації. Утфель III з ~ 96 % сухих речовин (С-сыгор) витримують від 16 до 50 год у кристалізаторах, де температура поступово знижується, що забезпечує умови повільної кристалізації цукрози з цього достатньо забрудненого матеріалу. Після центрифугування отримують цукор низької чистоти та мелясу.

Меляса (кормова патока) – побічний продукт цукрового виробництва, який містить ~ 50 % сухих речовин, з яких 60 % припадає на цукрозу і 40 % – на нецукри.

У табл. 4.1 наведено узагальнені відомості про основні продукти цукрового виробництва та сфери їх застосування.

Таблиця 4.1

Загальні відомості про основні продукти цукрового виробництва

Вихід, % від маси перероблених буряків	Жом	Меляса	Дефекат
	80–83	3,5–5	5–6
Склад	20–25 % СР, з них: 3–7 % – цукроза, 8–10 % – білок; 20–22 % клітковина	~ 50 % СР, з них: 60 % – цукроза; 40 % – нецукри	~ 60–80 % СаСО ₃ фосфати, нітрогенвмісні речовини
Застосування	Корм для тварин.	Виробництво етилового спирту та кормів.	Вапняне добриво для кислих грунтів

4.8. Рафінування цукру

Рафінування цукру – це додаткове очищення цукру-піску. Для отримання рафінованого цукру цукор-пісок розчиняють у воді, проводять його додаткове очищення з використанням адсорбентів, після чого знову випарюють, уварюють до утфелю та кристалізують. Інколи утфель можуть піддавати повторним перекристалізаціям. Це створює умови для ліпшого відокремлення речовин-нецукрів від цукрози.

Можна виділити такі стадії рафінації цукру:

- розчинення цукру-піску;
- відбілювання та очищення за допомогою адсорбентів;
- випарювання під вакуумом для запобігання карамелізації;
- уварювання та кристалізація;
- центрифугування;
- висушування у спеціальних ротаційних барабанах.

Інколи як адсорбент використовують вугілля, отримане спалюванням кісток великої рогатої худоби. Проте в деяких країнах Європи відмовляються від такої практики або зобов'язують виробників вказувати, яке саме вугілля було використане.

Рафінований цукор можна відрізнити за наявністю кристалів з чітко вираженими блискучими гранями.

4.9. Цукор як харчовий продукт

Згідно з ДСТУ 4623:2006 цукор білий можна класифікувати за різними ознаками. За способом виробництва розрізняють цукор: кристалічний, пресований, цукрову пудру та цукрозу для шампанського. Для цих видів нормують розмір кристалів, зокрема, для кристалічного цукру допустимі розміри 0,2–2,5 мм, для цукрової пудри – не більше 0,2 мм, а для цукрози для шампанського – 1,0–2,5 мм.

Види цукрової продукції можуть бути різних категорій:

I – IV – для кристалічного цукру;

I, II, III – для пресованого;

I і II – для цукрози для шампанського;

I, II і III – для цукрової пудри.

Причому I категорія – це цукор найвищої якості, відповідно, IV – найнижчої.

Енергетична цінність (калорійність) 100 г цукру становить 398 ккал, а харчова (поживна) цінність, яку виражають умістом вуглеводів у 100 г продукції – 99,8 г.

4.10. ICUMSA (Міжнародна комісія з уніфікованих методів аналізу цукру)

The International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA) – міжнародна комісія з уніфікованих методів аналізу цукру – це міжнародний орган зі стандартизації, заснований у 1897 році, мета якого – розробка й уніфікація лабораторних методів і процедур для аналізу цукру. Важливо, що методи ICUMSA визнані не тільки провідними фахівцями цукрової промисловості, але й такими організаціями, як Комісією з Кодексу Аліментаріус, ЄС та Кодексом харчової хімії США. До складу ICUMSA входять представники національних комітетів, призначених урядами основних країн-імпортерів й експортерів цукру; голоси цих представників стають вирішальними залежно від кількості цукру, який імпортує та експортує їхня країна. ICUMSA володіє детальними методиками аналізу цукру-сирцю, тростинного, білого, бурякового, меляси, плантаційного білого та спеціальних цукрів. Серед них – методи визначення вмісту сухих речовин за допомогою поляриметрії, денсиметрії та рефрактометрії, кольору (коефіцієнт екстинкції за 420 нм), редукуючих цукрів, а також наявності металів, таких як мідь, мідь.

Методичні посібники також містять таблиці відповідностей значення показників заломлення розчинів чистої цукрози, глюкози, фруктози та інвертного цукру з концентрацією цих розчинів. Такі таблиці використовують у рефрактометричних методах аналізу вмісту цукру (цукрози), а також вони знаходять широке застосування і за межами цукрової промисловості, оскільки поліном цукрози, вбудований у програмне забезпечення сучасних рефрактометрів є основою для калібрування суто оптичних рефрактометрів, які відображають покази у шкалі Брікса. Температурні поправочні коефіцієнти, отримані з цих поліномів, є основою для автоматичної температурної компенсації, наявної в цих приладах. Тому, коли винороби або виробники меду використовують шкалу Брікса для оцінки якості

своїєї продукції, мають бути готові до того, що похибка таких вимірювань може бути достатньо значною. Це пов'язано з тим, що прилади відкалібровані із врахуванням заломлювальних властивостей цукрози, а основний цукор, наприклад винограду – фруктоза.

В національному стандарті ДСТУ 4623:2006 є показники, наприклад кольоровість, значення яких вказані в одиницях ICUMSA.

4.11. Міжнародні цукрові шкали

Цукрові шкали використовують для швидкого визначення концентрації цукрози (зазвичай, масової частки) в розчинах і харчових продуктах. Розчинення цукрози й інших цукрів у воді змінює не тільки її питому вагу, але й оптичні властивості, зокрема, показник заломлення та величину кута повороту площини лінійно поляризованого світла.

Найвідоміші шкала Брікс і міжнародна цукрова шкала, проте досі використовують розроблені раніше шкалу Платона (°P), шкалу Оехсле та шкалу Баллінга.

Однак нині, залежно від галузі виробництва, країни та прийнятих норм, якщо аналітик використовує таблиці Плато, рекомендовані американським товариством хіміків-пивоварів, то він звітує в градусах °P. Якщо експериментатор проводить вимірювання у бріксах, він звітує в °Bx. Якщо використовують таблиці ICUMSA, то результат подають у масових частках.

4.11.1. Шкали Платона, Баллінга та Оехсле

Основою для створення таблиць Баллінга, Брікса і Платона була питома вага розчинів (відносна густина). Уміст розчиненої цукрози оцінювали вимірюванням питомої ваги за допомогою гідрометра або пікнометра. Нині гідрометри ще широко використовують, проте там, де потрібна більша точність, можна використовувати прилади, у яких вимірювання густини розчинів базується на осциляції розчину в U-подібній капілярній трубці. Суть цих методів полягає в тому, що на основі одержаного значення питомої ваги розчину за допомогою таблиць отримують відповідне значення вмісту цукру у відсотках за масою.

На початку 1800-х років Карл Баллінг, за ним Адольф Брікс приготували чисті розчини цукрози відомої концентрації,

виміряли їхню питому вагу й склали таблиці відсоткового вмісту цукрози залежно від виміряної питомої ваги. Причому Баллінг вимірював питому вагу з відхиленням до третього знаку після коми, Брікс – до п'ятого, а комісія під керівництвом Фріца Платона – до шостого з метою перевірки останніх знаків у таблицях Брікса.

Шкала Баллінга найстарша з цих трьох шкал, проте її досі використовують у деяких країнах, зокрема у винній індустрії Південної Африки. Шкала Платона знаходить широке застосування у пивоварній промисловості; шкала Оехсле, яку використовують як прямий метод визначення концентрації цукрози – у німецькій та швейцарській виноробній промисловості.

4.11.2. Шкала Брікса

Шкала Брікса дуже поширена в харчовій промисловості. Вона базується на залежності показника заломлення розчинів цукрози від її концентрації за температури 20 °C.

Градус Брікса – це масова концентрація цукрози в розчині.

Показ 15 °Br (або 15 Brx) означає, що розчин масою 100 г містить 15 г цукрози і 85 г води.

Загалом математична основа всіх цукрових шкал – поліноми. Шкала Плато може бути апроксимована рівнянням Лінкольна:

$$^{\circ}P=(463-250\rho)(\rho-1),$$

значення за шкалою Плато, отримане із застосуванням полінома буде точнішим:

$$^{\circ}P=135,997 \rho^3 - 630,272 \rho^2 + 1111,4 \rho - 616,868$$

Використовуючи відповідні поліноми, можна розрахувати різницю між градусами Плато та Брікса:

$$^{\circ}P-^{\circ}Br=46,4631 \rho^3 - 145,4101 \rho^2 + 151,6394 \rho - 52,6942 = \pm 0,0005$$

З аналізу наведеного рівняння випливає, що різниця дуже мала. Отже, для промисловості обидві шкали можуть бути застосовані однаково успішно. Крім того, значення, отримані за методами ICUMSA дуже близькі до одержаних у градусах Брікса та Плато. Розчин цукрози, відносна питома вага якого дорівнює 1,040 г/см³ за температури 20 °C за цукровими шкалами матиме

9,99325 °Вх або 9,99359 °Р, а за даними ICUMSA, які працюють з масовими частками, а не з градусами, вміст цукру в цьому розчині становитиме 9,99249 % (табл. 4.2):

Таблиця 4.2

Вміст цукрози в розчині за різними цукровими шкалами

Розчин цукрози, питома вага 1,040 г/см ³ , T=20 °C	Шкала	Вміст цукру
	Брікс	9,99325 °Вх
	Плато	9,99359 °Р
	ICUMSA	9,99249 %

З поданих даних видно, що відмінності між системами незначні і для промисловості великої ролі не відіграють. Більше того, точність багатьох промислових приладів менша за цю розбіжність. Через це, в поєднанні з широким історичним розповсюдженням шкали Брікса, сучасні прилади розраховують масову частку за офіційними формулами ICUMSA, але подають результат у вигляді °Вх.

Шкалу Брікса традиційно використовують у виноробстві, виробництві соків, солодких вод, цукру, кленового сиропу, меду та ін. Проте необхідно пам'ятати, що у всіх цих продуктах, окрім цукрози (або замість цукрози), можуть міститись інші цукри та речовини з власним показником заломлення. Тому ототожнювати значення в °Вх зі вмістом чистої цукрози некоректно. У таких випадках °Вх відображає вміст сухих речовин, розчинених у продукті.

4.11.3. Міжнародна цукрова шкала

У цукровій промисловості широко використовують міжнародну цукрову шкалу з одиницями вимірювання – градусами (°Z). Ця шкала базується на значеннях, отриманих під час визначення величини кута повороту площини поляризації світла, тобто по суті – поляриметрична. Вважають, що 100 °Z шкали відповідає обертанню площини поляризації світла **нормального розчину цукру**, який містить чисту цукрозу, за довжини хвилі 546,23 нм та температури 20° C у вимірювальній трубці довжиною 200 мм. **Нормальний розчин цукру** – розчин 26,016 г цукрози у 100 см³ розчину за температури 20 °C.

100 °Z – обертання площини поляризації світла довжиною хвилі 546,23 нм водним розчином 26,016 г цукрози в 100 см³ розчину за температури 20 °С у трубці довжиною 200 мм.

Розчин з вмістом цукру 100 °Z має 23,70 % за шкалою Брікса; 100 °S міжнародної цукрової шкали дорівнює 34,620 кругового градуса звичайного поляриметра.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

Визначення органолептичних властивостей цукру кристалічного

Мета: ознайомитися з видами цукру, його асортиментом, отримати навички визначення якості цукру за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Прилади й обладнання: колба конічна (зі шліфом і корком); хімічні склянки; ваги лабораторні.

Реактиви: вода дистильована.

Матеріали: зразки цукрів.

Для роботи використовують товарний цукор або цукор-рафінад із задовільним терміном придатності, упакований у герметичній пластиковій упаковці, яку відкривають безпосередньо перед виконанням роботи. Перед початком досліджень звертають увагу на неоднорідність цукру-піску, на наявність крихт, грудкуватість й однорідність. Для досліджень відбирають 200–300 г цукру.

Цукор-пісок і цукор-рафінад за органолептичними та фізико-хімічними показниками мають відповідати вимогам ДСТУ 4623:2006 та ДСТУ 2213:1993 (табл. 12.1).

Таблиця 12.1

Органолептичні та фізико-хімічні показники якості цукру кристалічного

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд	Білого кольору, чистий, без плям і сторонніх домішок, можливо з ледь жовтуватим відтінком, сипучий (для цукру-піску); сипкий, без грудочок та з голубуватим відтінком – для цукру-рафінаду.
Запах і смак	Солодкий, без сторонніх присмаку та запаху, слабкий запах меляси – для цукру IV категорії.

Продовження таблиці 12.1

Чистота розчину	Прозорий, без осаду, механічних й інших домішок; для цукрової пудри – не визначають.			
	Значення за категоріями кристалічного цукру, цукрози для шампанського та цукрової пудри.			
Масова частка вологи, %, не більше:				
- кристалічного цукру	0,1	0,1	0,14	0,15
- цукрози для шампанського	0,1	0,1	-	-
- цукрової пудри	0,2	0,2	0,2	-
- цукру-рафінаду	0,2	-	-	-
Масова частка цукрози, %, не менше	99,7	99,7	99,61	99,5
Масова частка редукуючих речовин (в перерахунку на суху речовину), %, не більше	0,04	0,04	0,05	0,065
Масова частка золи (в перерахунку на суху речовину), %, не більше	0,027	0,04	0,04	0,05
Масова частка дріб'язку (цукру-рафінаду масою меншою за 4,8 г, кристалів і пудри), %, не більше у мішках	2,5			
Масова частка дріб'язку (цукру-рафінаду масою меншою за 25 % від маси шматка, кристалів і пудри), %, не більше у пачках	2,0			

Органолептичним методом аналізу визначають зовнішній вигляд пакування, зовнішній вигляд кристалів, чистоту розчину, запах і смак цукру.

Методика виконання

Зовнішній вигляд. Цукор-пісок – це суміш з окремих однорідних кристалів з чітко вираженими гранями. Цукор має бути сухим, сипким (не повинно бути грудочок) і нелипким. Колір – білий із блиском.

Для визначення зовнішнього вигляду невелику кількість цукру-піску насипають на аркуш білого паперу, розрівнюють за допомогою лінійки й уважно розглядають. Дослідження проводять обов'язково за денного світла, звертають увагу на однорідність кристалів цукру та їх грані. Для пресованого цукру-рафінаду визначають лінійні розміри кожного з 10-ти шматочків, визначають середні показники й порівнюють із вимогами нормативно-технічних документів.

Під час проведення органолептичної оцінки цукру-рафінаду найперше звертають увагу на форму, розмір, масу, колір.

Недоліками цукру вважають: неоднорідність, нечіткість граней, брак блиску, наявність крихт, сторонні включення.

Визначення смаку та запаху. Цукор-пісок і його розчини мають бути солодкими, без сторонніх присмаків і запахів.

Для визначення смаку та запаху готують 25%-й розчин цукру в дистильованій воді, який дегустують невеликими ковтками, затримуючи деякий час у ротовій порожнині. Потім визначають чистоту та повноту розчинення цукру.

Для визначення чистоти розчину наважку цукру масою 50 г розчиняють у 50 см³ дистильованої води за розмішування скляною паличкою та нагрівання на водяній бані до температури 80–90 °С. Потім розчин охолоджують, помістивши ємність під потік водопровідної води. Невелику кількість охолодженого розчину набирають у рот і, змочивши всю ротову порожнину, зазначають повноту та насиченість смаку, наявність кислих і гірких присмаків, які відчуються зразу ж або через деякий час. Розчин цукру, не ковтаючи, випльовують, а ротову порожнину сполоскують чистою водою. Визначення повторюють ще двічі до отримання кінцевого результату.

Запах визначають у розчині цукру. Чисту скляну ємність з герметичним корком наповнюють розчином цукру на третину об'єму, закривають і витримують протягом 30 хв. Після

відкривання корку визначають запах на рівні краю горла посудини. Під час визначення запаху звертають увагу на наявність неприємних, затхлих, сторонніх запахів. Визначення проводять кілька разів до отримання кінцевого результату.

Чистота розчину. За постійного перемішування розчиняють у хімічній склянці 25 г цукру-піску в 100 см³ теплої дистильованої води. Склянку з розчином охолоджують, після чого розчин оглядають за денного розсіяного світла. Цукровий розчин має бути прозорим, без нерозчинних домішок.

Для встановлення чистоти розчину цукру-рафінаду його наважку масою 50 г розчиняють у 60 см³ дистильованої води та нагрівають на водяній бані до 80–90 °С. Після охолодження розчину визначають його чистоту за денного розсіяного світла.

Визначення кількості дріб'язку цукру-рафінаду. Зважують середню пробу цукру-рафінаду масою 200–300 г, висипають на аркуш білого паперу й відбирають стандартні шматочки. Маленькі шматочки (масою менше 4,5 г) та пудру зважують і з'ясовують масову частку дріб'язку у пробі цукру, взятого для дослідження.

Отримані результати записують до протоколу роботи й оформляють у вигляді таблиці (табл. 12.2).

Таблиця 12.2

Результати органолептичної оцінки цукру

Органолептичні показники	Зразок №1	Зразок №2
кристалічного цукру:		
Зовнішній вигляд		
Запах і смак		
Чистота розчину		
Дріб'язок цукру-рафінаду, %		

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

Визначення фізико-хімічних показників якості цукру-піску та цукру-рафінаду

13.1. Визначення масової частки вологи цукру-піску та цукру-рафінаду

Мета: визначити масову частку вологи цукру-піску та цукру-рафінаду.

Прилади й обладнання: скляні бюкси; сушильна шафа; ексикатор; ваги аналітичні.

Матеріали: зразки цукру-піску та цукру-рафінаду.

Методика виконання

Наважку цукру-піску або тонкоподрібненого цукру-рафінаду масою ~ 10 г вносять у чистий сухий бюкс і зважують з відхиленням $\pm 0,0002$ г, висушують у сушильній шафі за температури $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постійної маси. Висушування починають за температури $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ і протягом 30 хв доводять її до $110\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перше зважування проводять через 2 год після досягнення вказаної температури. Бюкс виймають із сушильної шафи, швидко переносять у ексикатор і витримують для охолодження ~10 хв. Після цього ексикатор відкривають, закривають бюкс безпосередньо у ексикаторі, обережно його виймають щипцями чи у рукавичках і зважують на аналітичних вагах. Відтак бюкс відкривають, швидко повертають у сушильну шафу, витримують ще 20 хв знову зважують. Кожне наступне висушування здійснюють, доки різниця результатів між двома зважуваннями не буде $\pm 0,0002$ г. Останній результат приймають за кінцевий і розраховують уміст вологи у цукрі ($y\%$) за формулою:

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100\%,$$

де m_0 – маса бюкса з цукром до висушування, г; m_1 – маса бюкса з цукром після висушування, г; m_2 – маса порожнього бюкса, г.

Результат визначення вмісту вологи у цукрі записують до протоколу роботи.

13.2. Визначення вмісту цукрози в цукрі

Вміст цукрози у перерахунку на суху речовину визначають поляриметричним методом.

Мета: визначити масову частку цукрози в цукрі.

Прилади й обладнання: вимірювальні колби ємністю 100 см^3 ; поляриметр; поляриметрична трубка.

Матеріали: зразки цукрів.

Методика виконання

Наважку цукру масою 26 г переносять у вимірювальну колбу ємністю 100 см^3 , розчиняють у дистильованій воді і нею

доводять розчин до позначки. Перед наповненням поляриметричної трубки розчин темперують за 20 °С.

Спочатку на приладі встановлюють нульове положення. А потім заливають розчин у поляриметричну трубку й визначають показники робочої шкали. Розрахунок проводять із п'яти вимірювань за формулою:

$$X = \frac{P}{100 - \omega} \cdot 100\%,$$

де P – показники цукрометра (середнє арифметичне значення);
 ω – вологість цукру.

Результат визначення вмісту цукрози у цукрі записують до протоколу роботи.

13.3. Визначення масової частки редукуючих речовин, які накопичуються в міру зберігання цукру

Редукуючими речовинами називають суму всіх цукрів (глюкоза, фруктоза, мальтоза, лактоза), які відновлюють лужний розчин Купруму або інших полівалентних елементів.

Мета: визначити масову частку редукуючих речовин, які накопичуються в міру зберігання цукру.

Прилади та обладнання: ваги аналітичні; водяна баня; вимірювальні колби ємністю 100 см³; склянки хімічні; лійки; фільтри; колби для титрування; бюретки; піпетки; вимірювальний циліндр.

Реактиви: купрум сульфат 5-ти водний (мідний купорос), сегнетова сіль (калій-натрій тарtrat), натрій карбонат, активоване вугілля у таблетках, йод, калій йодид, натрій тіосульфат (з фіксаналу), розчин крохмалю.

Матеріали: зразки цукрів.

Перед початком роботи необхідно підготувати низку розчинів.

Приготування реактиву Мюллера.

Наважку кристалічного купрум сульфату (CuSO₄ 5H₂O) масою 3,5 г розчиняють у 40 см³ киплячої дистильованої води. Окремо розчиняють у 40 см³ киплячої дистильованої води 17,5 г розтертого в ступці кристалічного тарtrату калій-натрій (сегнетова сіль) і 6,8 г безводного натрій карбонату.

Обидва розчини після охолодження змішують у вимірювальній колбі ємністю 100 см³, доводять дистильованою водою до позначки, ретельно перемішують. Отриманий розчин збовтують з 0,5 г активованого вугілля (одна таблетка), залишають відстоятися протягом 2 год, потім фільтрують. У фільтраті – лужний розчин комплексної сполуки $[Si(OH)_2 \cdot C_4H_4O_6]^{2-}$.

Фільтрат зберігають у склянці з темного скла з притертим корком.

Приготування 0,0333 моль/дм³ розчину йоду і 0,0333 моль/дм³ розчину натрій тіосульфату.

Натрій тіосульфат, як правило, доступний у вигляді фіксаналу, вміст якого розводять у вимірювальній колбі на 1 дм³, отримуючи 0,1000 моль/дм³ розчин. Для цього, розбиваючи ампулу фіксаналу, її вміст через лійку кількісно переносять у вимірювальну колбу на 1 дм³, ампулу кілька разів промивають дистильованою водою і нею доводять рівень розчину до позначки. Колбу закривають корком і ретельно перемішують. Цей розчин використовують у подальших дослідженнях і приготуванні робочого розчину концентрацією 0,0333 моль/дм³. Для цього відбирають 33,3 см³ (точно!) 0,1000 моль/дм³ розчину натрій тіосульфату, переносять у вимірювальну колбу на 1 дм³, доводять дистильованою водою до позначки і ретельно перемішують.

У вимірювальній колбі на 100 см³ розчиняють 1 г калій йодиду, потім 0,423 г йоду, перемішують і доводять об'єм дистильованою водою до позначки.

Поправочний коефіцієнт розчину йоду встановлюють титруванням 0,0333 моль/дм³ розчином натрій тіосульфату. За допомогою піпетки відбирають 20 см³ розчину йоду і переносять у колбу для титрування на 200 см³, додають 50–70 см³ дистильованої води і обережно титрують робочим розчином натрій тіосульфату до блідо-жовтого забарвлення, потім додають 2–3 краплі розчину крохмалю і продовжують титрування до повного зникнення синього забарвлення. Витрачений об'єм натрій тіосульфату в ідеалі має бути рівним 20 см³. Реально, через

помилки приготування та якості реактивів, він буде іншим. Поправочний коефіцієнт для розчину йоду розраховують:

$$K_J = \frac{V_{Na_2S_2O_3}}{V_J}$$

де у чисельнику – об'єм розчину натрій тіосульфату (см³), витрачений на титрування об'єму розчину йоду (см³), зазначеного у знаменнику.

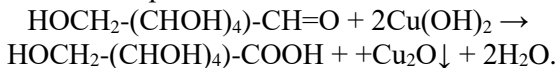
Методика виконання

Паралельно проводять два досліді: основний і контрольний. У кожному виконують однакові операції, але контрольний дослід **не піддають кип'ятінню**.

Наважку цукру масою 20 г, взяту з відхиленням $\pm 0,0001$ г, розчиняють у дистильованій воді, кількісно переносять у вимірювальну колбу ємністю 100 см³, доводять дистильованою водою до позначки, збовтують і фільтрують у суху колбу.

За допомогою піпетки відбирають 50 см³ фільтрату, що відповідає 10 г цукру, переносять у конічну колбу ємністю 250–300 см³ і додають 50 см³ дистильованої води (відміряють за допомогою вимірювального циліндра) і за допомогою піпетки вносять 10 см³ реактиву Мюллера. Колбу (**тільки одну – основного досліду!**) поміщають на 10 хв у киплячу водяну баню так, щоб розчин у колбі був на 2–3 см нижче від рівня води бані. Колбу ставлять на підставку, щоб не торкалася дна бані. Баня повинна мати такі розміри, щоб під час розміщення колби кипіння не припинялось.

Під час кип'ятіння відбувається окиснення моносахаридів Cu(II) гідроксидом за реакцією:



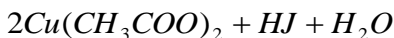
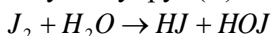
У наведеній реакції відбувається окиснення альдегідної групи глюкози (фруктози). Оскільки ця група наявна лише в моносахаридах, а у дисахаридах їх немає, сполуки Cu(II), згідно з схемою реакції, витрачаються тільки на моносахариди. Тому кількість витраченого Cu(II) точно відповідає кількості наявних моносахаридів.

Після кип'ятіння розчин має стати блакитним або із зеленуватим відтінком, що засвідчує певний надлишок йонів

Cu(II). В іншому разі (можливо, цукор дуже старий або зіпсований і в ньому накопичилось багато продуктів розпаду цукрози), уміст колби вважають бракованим, його виливають і аналіз повторюють з меншою кількістю фільтрату, наприклад 20 см³. За таких умов (взято менше цукру), отримані результати перераховують на 10 г цукру.

Колбу охолоджують, не збовтуючи розчин, під струменем холодної води до температури 20 °С. Додавляють (з **цього місця знову працюють з двома колбами: основною і контрольною**) відміряного циліндром 5 см³ 5 моль/дм³ розчину ацетатної кислоти, яка розчиняє утворений осад оксиду Купруму(I), і точно відміряний піпеткою надлишок 0,0333 моль/дм³ розчину йоду, як правило, 20 см³.

Після цього колбу закривають, періодично збовтують уміст протягом 2 хв. За цей час відбувається окиснення сполук Купруму(I) йодом у сполуки Купрум(II).



Далі додавляють 5 см³ 0,5%-го розчину крохмалю і надлишок йоду відтитрують 0,0333 моль/дм³ розчином натрій тіосульфату до зникнення інтенсивного синього забарвлення (розчин стає зеленуватим).

Масову частку редукуючих речовин X (у %) розраховують за формулою:

$$X = \frac{K_J V_1 - (V_2 - V_3)}{10 \cdot V}$$

де V_1 – об'єм доданого розчину йоду, см³; V_2 – об'єм розчину натрій тіосульфату, витраченого на титрування **контрольного** дослід, см³; V_3 – об'єм розчину натрій тіосульфату, витраченого на титрування **основного** дослід, см³; V – об'єм проби, взятої для аналізу, см³; K_J – поправочний коефіцієнт для розчину йоду (див. вище).

Всі проміжні результати і знайдений вміст редукуючих речовин записують до протоколу роботи.

13.4. Визначення масової частки золи в цукрі-піску

Мета: визначити масову частку золи в цукрі-піску.

Прилади й обладнання: сушильна шафа; фарфорові тиглі; ваги аналітичні.

Реактиви: сульфатна кислота (концентрована).

Матеріали: зразки цукру-піску.

Методика виконання

Порцеляновий тигель прожарюють у муфельній печі, охолоджують і зважують (операцію повторюють до постійної маси тигля). Відбирають наважку цукру масою 20–25 г і вміщують шарами у тигель, зволожуючи кожний раз сульфатною кислотою об'ємом 0,5–1 см³. Всього 4–5 см³ кислоти. Потім тигель висушують за температури 550 °С і прожарюють. Додають ще кілька крапель кислоти і знову прожарюють за температури 800 °С до постійної маси. Тигель охолоджують в ексікаторі й зважують. Масову частку золи (y %) в перерахунку на суху речовину розраховують за формулою:

$$X = \frac{0,9 \cdot m \cdot 100 \cdot 100}{a \cdot (100 - \omega)}$$

де 0,9 – коефіцієнт для перерахунку сульфатної золи на карбонатну; m – маса золи, г; a – маса наважки цукру, г; ω – вологість цукру, %.

Результат визначення масової частки золи в цукрі-піску записують у протокол роботи.

13.5. Визначення колірності цукру

Колірність – важлива характеристика якості білого цукру. Цей показник залежить від забарвленості цукру-піску та впливає на колір продуктів, у яких його застосовують (соки, сиропи). Колірність виражають у градусах на 100 г сухих речовин цукру. Згідно з вимогами стандарту, колірність білого цукру-піску не має перевищувати 0,8 умовних одиниць.

Мета: визначити колірність цукру-піску.

Прилади й обладнання: хімічні склянки; вимірювальні колби на 100 см³; вимірювальний циліндр; фільтрувальний папір; фотоколориметр; ареометр; набір кювет.

Матеріали: дистильована вода, зразки цукру-піску.

Методика виконання

Відбирають наважку цукру-піску масою $50 \pm 0,001$ г, переносять у вимірювальну колбу на 100 см^3 , розчиняють у гарячій дистильованій воді. Потім охолоджують до $20 \text{ }^\circ\text{C}$, доводять до позначки дистильованою водою, ретельно перемішують і фільтрують через складчастий паперовий фільтр у суху хімічну склянку. Перші порції фільтрату відкидають. Отриманий фільтрат має бути геть чисто прозорим.

Використовуючи фотокolorиметр, вимірюють оптичну густину (A) отриманого розчину за довжини хвилі 560 нм . Як розчин порівняння беруть дистильовану воду.

За допомогою рефрактометра вимірюють показник заломлення розчину і розраховують масову частку сухих речовин ($\omega, \%$) згідно таблиці 13.1.

Таблиця 13.1

Показник заломлення і розчинів цукрози

Масова частка цукрози в розчині, %	Показник заломлення розчину
0	1,3330
10	1,3478
20	1,3638
30	1,3811
40	1,4016
50	1,4200
60	1,4418
70	1,4651
80	1,4901

Наливають фільтрат у циліндр і за допомогою ареометра визначають відносну густину фільтрату ($\rho, \text{г/см}^3$). За допомогою лінійки вимірюють відстань між внутрішніми стінками кювети ($l, \text{см}$) – товщину шару світлопоглинання. Інколи ця величина позначена на кюветі.

Коефіцієнт світлопоглинання розраховують за формулою:

$$k = \frac{100 \cdot A}{\omega \cdot \rho \cdot l},$$

де A – оптична густина; ω – масова частка сухих речовин, %; ρ – відносна густина фільтрату, г/см³; l – товщина шару світлопоглинання кювети, см.

Колірність розчину (в градусах) розраховують за формулою:

$$f = \frac{10 \cdot k}{0,16},$$

Отримане значення записують до протоколу роботи.

13.6. Визначення часу розчинення цукру-рафінаду

Мета: визначити час розчинення цукру-рафінаду.

Прилади й обладнання: хімічна склянка на 500 см³; сито з держакми; секундомір.

Матеріали: дистильована вода, зразки цукру-рафінаду.

Методика виконання

Для дослідження беруть кубик цукру-рафінаду з довжиною ребра 1 см. Склянку об'ємом 500 см³ наповнюють дистильованою водою з температурою 20°C на 2–3 см нижче краю.

Потім на склянку поміщають сітку з держакми так, щоб вона знаходилася на відстані 11–12 см від дна склянки. На сітку кладуть шматочок цукру-рафінаду, одночасно вмикаючи секундомір. Кінцевий момент розчинення цукру визначають за припиненням концентраційних потоків з сітки до дна склянки.

Дослідження проводять 5 разів і розраховують середнє арифметичне значення часу розчинення цукру-рафінаду.

Отримане значення записують у протокол роботи.

Література, використана при підготовці розділу

1. Zicari, S., Zhang, R., Kaffka, S. Sugar Beet. *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products*. 2019. P. 331–351.
2. Joanna, B., Michal, B., Piotr, D., Agnieszka, W., Dorota, K., Izabela, W. Sugar Beet *Pulp as a Source of Valuable Biotechnological Products*. *Advances in Biotechnology for Food Industry*. 2018. P. 359–392.
3. Трач Л.О. Загальні технології харчових виробництв : конспект лекцій :– Гусятин: ГК ТНТУ. 2017. 291 с.
4. Berlowska J., Binczarski M., Dziugan P., Wilkowska A., Kregiel D., Witonska I. Sugar Beet *Pulp as a Source of Valuable Biotechnological Products*. *Advances in Biotechnology for Food Industry*. 2018. P.359–392.
5. Colonna, W.J., Samaraweera, U., Clarke, M A., Cleary, M., Godshall, M.A., & White, J S. Sugar. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 2006. 67 p.
6. Donovan, M. Sugar. Refining of Sugarbeet and Sugarcane. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2003. P. 5659–5665.
7. Mosen A. Beet-Sugar Handbook. Quality Control. P. 467–482.
8. Бобровник Л.Д. Фізико-хімічні основи очистки в цукровому виробництві. Київ: Вища школа. 1994. 255 с.

5.1. Карамель як цукровий кондитерський виріб

Слово «цукерки» походить від давньоарабського слова «qandi», яке означає «виготовлене з цукру». Цукор – необхідна складова цукерок. Його унікальні властивості роблять можливим виробництво цукерок. Солодкість і здатність цукру кристалізуватися, перетворюватися на «скло» та вступати в хімічні реакції критично важливі для виготовлення цукерок. Цукор відіграє важливу роль для мікробіологічної безпеки і якості цукерок. Загалом цукерки можна класифікувати за структурою як кристалічні та некристалічні, або аморфні.

Асортимент карамелі досить широкий і нараховує понад 400 сортів. Карамель згідно з нормативною документацією, залежно від рецептури і технології, поділяють на дві основні групи: льодяникову та з начинками. Найпоширеніша карамель з фруктово-ягідними наповнювачами, виробництво якої сягає 75 % від усієї карамелі з начинками. Залежно від кількості останньої карамель виготовляють з однією або двома різними начинками, з начинками, перешарованими карамельною масою.

Карамель за зовнішнім оформленням може бути загорнена (поштучно загортають у вологонепроникну обгортку) та відкрита (фасують у різноманітну герметичну тубову чи металеву тару). Карамель покривають тонким шаром вологонепроникного воску, шаром глазури, посипають цукром-піском або сумішшю какао-порошку та пудри.

Льодяникова карамель – це не продукт здорового харчування, однак має великим попит серед усіх верств населення, особливо дітей і підлітків.

Льодяникова карамель – це кондитерські вироби, отримані нагріванням ненасиченого водного розчину цукру до досягнення потрібної його концентрації та випаровуванням води з наступним охолодженням. Складається переважно з твердої аморфної речовини – карамельної маси.

Якість будь-якого виду карамелі суттєво залежить від властивостей карамельної маси. Саме вона впливає на формування карамелі та якість готового продукту. Основна

сировина для виготовлення карамельної маси – цукор білий кристалічний і крохмальна патока або інвертний сироп.

Карамельна маса – склоподібна аморфна речовина, утворена внаслідок уварювання цукрового сиропу з додаванням антикристалізатора (патоки або інвертного сиропу).

Якщо нагріти карамельну масу до високої температури і залишити, може відбутися склоутворення. Якщо перемішувати – настає кристалізація. Додатки можуть викликати гелеутворення, різні хімічні реакції або емульгування. Зокрема, желатин спричиняє гелеутворення, винний камінь і молочні білки – емульгування. Для надання карамельній масі привабливого кольору та аромату використовують натуральні барвники та ароматизатори.

5.2. Характеристика сировини для приготування карамелі

Сировиною для приготування карамелі є цукор, крохмальна патока й різноманітні заготовки та напівфабрикати для начинок (фруктово-ягідні пюре, молочні та какао-продукти, жири, горіхи, медові та марципанові начинки). Широко використовують харчосмакові добавки – харчові кислоти й ароматичні есенції, барвники тощо.

Цукор – основний інгредієнт цукерок. Специфічні хімічні властивості окремих цукрів використовують для створення багатьох важливих технічних характеристик кондитерських виробів. Окрім надання солодкості, цукри діють як підсилювачі смаку та кольору, впливають на кристалізацію і текстуру та діють як наповнювач. Впливаючи на активність води, цукри допомагають контролювати мікробіологічний стан і якість протягом усього терміну придатності цукерок. Крім того, кожен цукор має свої унікальні хімічні властивості, і більшість обладнання для виробництва кондитерських виробів розроблено для оптимізації цих характеристик.



Рис. 5.1. Сировина для приготування карамелі

Патоку та інвертний сироп застосовують як антикристалізатори. Без них неможливо сконцентрувати цукровий сироп до вмісту вологи 1,5–4 %. Під час уварювання розчину цукру, концентрація його постійно підвищується і досягає насиченості, тобто такого стану, коли подальше збільшення концентрації призводить до перенасичення і виділення цукру у вигляді кристалів. За умови додавання антикристалізаторів сумарна розчинність цукрози у суміші зі сухими речовинами антикристалізаторів значно збільшується і таку суміш можна сконцентрувати до вологості 1,5–4 %. Важливо, що антикристалізаційні властивості патоки, крім підвищення розчинності, зумовлені ще й тим, що декстрини патоки значно збільшують в'язкість розчину, що сповільнює кристалізацію.

Зазвичай співвідношення цукру і патоки дорівнює 2:1. Інвертний сироп використовують за нестачі або й нестачі

патоки. Кількість інвертного сиропу розраховують з урахуванням того, щоб уміст редукуючих речовин не перевищував 14 %.

Цукерки виготовляють розчиненням цукру у воді або молоці отримуючи сироп із наступним його кип'ятінням до карамелізації. Залежно від розчинника та кінцевого результату продукт можна назвати цукерками, карамеллю, помадками, праліне, ірисками. Застосовувана рецептура також передбачає, наскільки твердим, м'яким чи крихким буде кінцевий продукт.

Патока – продукт неповного гідролізу крохмалю розбавленими кислотами або амілолітичними ферментами, який являє собою сироподібну густу в'язку безбарвну або трохи жовтувату прозору рідину з солодкуватим смаком.

Основна складова патоки – вуглеводи, співвідношення між якими залежить від ступеня оцукрення крохмалю. Розрізняють патоку кислотного та ферментативного гідролізу.

Патоку кислотного гідролізу готують із кукурудзяного, інколи з картопляного крохмалю з мінімальною кількістю домішок. Кислотним гідролізом промисловість виробляє карамельну (низькооцукрену, вищого і I сорту) та глюкозну високооцукрену патоку. Найсуттєвіша різниця між цими видами патоки – кількість редукуючих речовин (РР) у перерахунку на суху речовину, %: низькооцукрена – 30–40, карамельна вищого сорту – 38–42, карамельна I сорту – 34–44, глюкозна високооцукрена – 44–50.

За дії ферментів під час гідролізу крохмалю можна отримати патоку відповідного вуглеводного складу. Патоку ферментативного гідролізу поділяють на низькооцукрену, декстрин-мальтозну та мальтозну.

Інверсія цукрози відбувається природним способом за нагрівання і пришвидшується додаванням кислот або може бути спричинена дією ферментів. Хоча інверсія цукру відбувається під час виготовлення цукерок, інвертний цукор можна купити й використовувати як інгредієнт. Інвертний цукор виконує функції, подібні до глюкозного сиропу в кондитерських виробках, контролюючи «зернистість» або кристалізацію цукрози. Поки глюкозний сироп не набув широкої доступності, використання інвертного сиропу було основним засобом контролю

кристалізації цукрози. Завдяки низькій вартості глюкозного сиропу застосування інвертного сиропу значно зменшилося.

Інвертний сироп (цукор) – це сироп цукрози, розщепленої на глюкозу (декстрозу) і фруктозу (левулозу) на вільні субкомпоненти; продукт відновлених цукрів, який складається з 50 % глюкози та 50 % фруктози.

Кислоти відіграють важливу роль і виконують різні функції у виготовленні кондитерських виробів. Для підкислення карамелі зазвичай використовують органічні кислоти (лимонну, винну, яблучну) зі слабкою інверсійною здатністю, які стійкі, нелеткі та добре розчинні у воді.

Винна кислота була єдиною кислотою, яку використовували в цукрових кондитерських виробках. Нині вона витіснена здебільшого лимонною кислотою.

Лимонна кислота ($\text{HOOC-CH}_2\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})\text{-CH}_2\text{COOH}$) як природний продукт наявна в лимонному соку. Нині її отримують бродінням за дії цвілі на цукрових сиропках або патоці. Лимонну кислоту у більшості кондитерських виробів використовують у вигляді 50%-го розчину. Для твердих льодяників зазвичай використовують порошкоподібну кислоту.

Як ароматизатори використовують рідкі есенції: лимонну, м'ятну, апельсинову, барбарисову тощо.

Концентрація рідких есенцій, які застосовують у виробництві льодяників, має бути 10–20 мас. %. Вводити їх потрібно за температури не вищої за 90 °С.

Есенція – речовина, отримана концентруванням водно-спиртових розчинів ефірних олій або розчиненням синтетичних духмяних речовин.

З метою надання льодяниковій карамелі кольоровості та товарного вигляду, згідно з нормативними документами, дозволено застосовувати натуральні та штучні барвники. Натуральні барвники одержують екстракцією з природної сировини переважно рослинного походження зокрема, з моркви, буряка, винограду, чорної смородини, жимолості тощо. Недоліки натуральних барвників – нестійкість, здатність змінювати колір

залежно від рН середовища. Зі штучних барвників найчастіше застосовують тартазин, індигокармін, кармін, понсо.

5.3. Хімічний склад карамельної маси

Хімічний склад карамельної маси може змінюватися залежно від сировини, яку використовують для приготування сиропів.

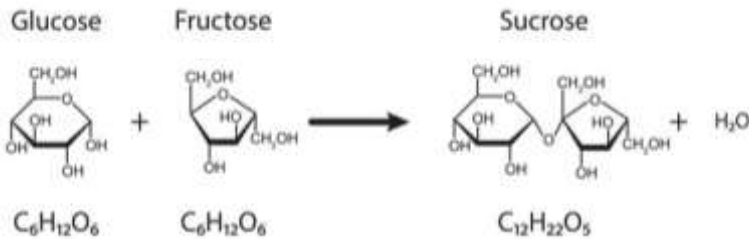
Склад карамельної маси, виготовленої на патоці та на інвертному сиропі наведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Хімічний склад карамельної маси

Карамельна маса	Цукроза	Декстрин	Мальтоза	Глюкоза	Фруктоза	Вода
На патоці	58	20	7	10	3	2
На інвертному сиропі	75–80	–	–	9–10	9–10	2

Окрім цукрози в карамельній масі є продукти її розкладу, які утворюються у кислих або слабкокислих середовищах під час нагрівання за температури понад 100 °С. Ґрунтується приготування карамельної маси на дегідратації (конденсації) цукрів із виділенням води. Окремі цукри димеризуються (глюкоза і фруктоза утворюють одну молекулу):



Реакція відбувається за таким механізмом: гідроксильна група однієї молекули (глюкози) і атом Гідрогену іншої (фруктози) об'єднуються, результатом чого є утворення молекули води та димера (цукрози). Навіть за ретельного дотримання всіх етапів, кінцевий продукт не завжди однаковий, зокрема наявні відмінності смаку.

Процес досить складний і кінцевим результатом є утворення полімерної речовини карамелі та безліч низькомолекулярних сполук (забарвлені ангідриди цукрів: карамелан, карамелен, карамелін; диоксиметилфурфурол). За тривалого нагрівання утворюються темнозбарвлені гумінові речовини.

Кристалізований цукор нелеткий (запах не відчувається), однак під час розпаду цукрози на фруктозу й глюкозу, паралельно утворюються нові сполуки: фурани (горіховий аромат), діацетил (запах вершкового масла), мальтол (пригорілий), етилацетат (фруктовий аромат), гідроксиметилфурфурол, гідроксіяцетилфуран тощо.

Сполуки, які забарвлюють карамель у коричневий колір, являють собою великі молекули, котрі складаються з безлічі менших молекул, прореагувалих між собою. Цей процес називають *олігомеризацією*. Часто зазначають, що під час нього утворюються три типи молекул: карамелан, карамелен і карамелін. Однак доказ того, що утворюються ці молекули, не дуже переконливий і не зовсім зрозумілий. Натомість імовірніше утворення широкого спектра різних молекул.

5.4. Фізико-хімічні властивості карамельної маси

Властивість змінювати структуру

Карамельна маса, на відміну від цукру, який має кристалічну структуру, в охолодженому вигляді аморфна речовина і має властивості, характерні для твердого та рідкого стану. Властивості та структура карамельної маси змінюються залежно від зміни температури.

Зі зниженням температури карамельна маса густішає і стає твердою. За температури 100–160°C вона має плинну структуру, яку можна охарактеризувати в'язкістю. В'язкість карамельної маси залежить від температури та виду використовуваної сировини. Декстрини патоки збільшують в'язкість карамельної маси, а інвертний сироп – зменшує. Важливо, що за збільшення в'язкості зменшується швидкість кристалізації цукру. За температури 65–90 °C маса має пластичну структуру, характерний її показник – пластичність. За температури нижче 35 °C карамельна маса стає твердою і набуває такого показника як

міцність. За інших температур структура маси займає проміжний, перехідний стан від однієї структури до іншої.

Цукроза хімічно найстабільніша за $\text{pH} = 8,5$. У кислому середовищі вона інтенсивно гідролізує з утворенням глюкози та фруктози, стійких у кислому середовищі. Моносахаридам (зокрема фруктозі) властива підвищена гігроскопічність порівняно з цукрозою завдяки наявності в їх складі високоактивного глікозидного гідроксилу.

Гігроскопічність карамельної маси зумовлює те, що під час зберігання карамельні вироби поглинають вологу із навколишнього середовища за рахунок сорбції води поверхневим шаром. Цукри частково розчиняються в цій воді, починають кристалізуватися і викликають каламутність поверхні карамелі. Для зменшення гігроскопічності й збільшення термінів зберігання карамельні вироби покривають водозахисним шаром. Це може бути спеціальний глянець або цукор-пісок, або какао-порошок. Також з цією метою карамель загортають або розфасовують у герметичну тару.

Гігроскопічність карамелі також пов'язана зі вмістом у ній антикристалізатора та кислотністю, необхідну для надання їй виразного смаку.

Кольоровість карамельної маси зумовлюють продукти розкладу цукрів. Залежно від умов приготування вона може бути забарвлена від світло-жовтих до темно-коричневих тонів. Утворення забарвлених продуктів у карамельній масі дуже небажане. Темна маса має більшу гігроскопічність. Тому її нагрівання треба проводити так, щоб накопичення забарвлених речовин було мінімальним. Це можливе завдяки зменшенню температури або тривалості уварювання. Тому карамельну масу уварюють під вакуумом, що забезпечує зниження температури уварювання, і в спеціальних змішувальних і плівкових апаратах, що гарантує короткочасність процесу. Відсутність викристалізованих цукрів зумовлює прозорість карамельної маси. Наявність каламутності вказує на початок зацукрення маси.

5.5. Технологія виробництва карамелі

Виготовлення карамелі – фізичний процес, під час якого за високих температур відбувається руйнування кристалічної

гратки цукрози. Якщо у виробництві карамелі використовують водні розчини цукру (сиropи), то необхідне швидке виділення води уварюванням.

Виробництво карамелі охоплює такі стадії й операції:

1. Підготовка сировини до виробництва. Вона передбачає: звільнення від тари і зберігання цукру, патоки, заготовок і напівфабрикатів; просіювання сипких продуктів і фільтрацію рідких компонентів, десульфитацію фруктовно-ягідного пюре, темперування, розчинення або розплавлення сировини для начинок.
2. Приготування карамельного сиропу: дозування цукру-піску, патоки (інвертного сиропу) та питної води, розчинення цукру, змішування з патокою.
3. Приготування карамельної маси уварюванням карамельного сиропу під вакуумом до вмісту вологи 1–3 %. Уварювання проводять у вакуумі, щоб уникнути *карамелізації* (видалення води з цукру з наступними ізомеризацією і полімеризацією, неферментативною реакцією потемніння в результаті реакції Майяра). Для одержання льодяникової карамелі масу уварюють до вмісту сухих речовин 98,5–99,0 %. За таких умов збільшується в'язкість карамельної маси і карамель довше зберігає аморфні властивості.
4. Охолодження карамельної маси до температури 85–90 °С. За таких температурних режимів карамельна маса досить швидко (1–2 хв) переходить у в'язкоподібний стан, можливість кристалізації цукрози суттєво знижується.
5. Дозування кислоти, есенції та барвників. Перемішування маси з добавками, вирівнювання температури по всьому її об'єму витягуванням з одночасним насиченням бульбашками повітря.
6. Приготування начинок: дозування, змішування й уварювання рецептурних компонентів, дозування смакових добавок, змішування та темперування рецептурної суміші. В карамельній оболонці може бути будь-яка кондитерська начинка.
7. Обкатування карамельної маси із батона, дозування начинки.
8. Калібрування карамельного джгута з начинкою, формування виробів певної форми штампуванням або нарізанням.

Льодяникову карамель формують пропусканням джгута карамельної маси між двома валками, на поверхні яких є гнізда. Конфігурація гнізд відповідає половині форми виробу; в результаті вони набувають певної фігурної форми.

9. Охолодження на вузькому конвеєрі, остаточне охолодження в охолоджувальному агрегаті. Карамель охолоджують до 35 °С. За цієї температури вона набуває твердої структури. Перетинки легко видаляють на спеціальних вібротранспортерах.
10. Загортання карамелі в обгортку з підгорткою чи з фольгою, фасування загорнутої карамелі в пакети, упакування пакетів у картонні коробки. За виробництва незагорнутої карамелі поверхню виробу обробляють захисним шаром з харчових негігроскопічних речовин, який обмежує її від безпосередній контакт із повітрям. У цьому разі використовують глясування – покриття виробу жиро-восковим шаром або глазурування – покриття шоколадною або жировою глазур'ю. Можливе обсіпання поверхні карамелі какао-порошком і цукровою пудрою.



Рис. 5.2. Технологічна схема виробництва карамелі льодяникової

Рекомендують захищати карамелі від прямих сонячних променів, зберігати в сухих і добре вентиляваних приміщеннях за температури 18 °С.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

Технологія карамелі льодяникової

Мета: ознайомитися з основною сировиною та технологією виробництва цукерок – карамелі льодяникової (льодяників), засвоїти технологію її виготовлення в лабораторних умовах.

Прилади й обладнання: електроплита; ковш кухонний; порцелянові чашки; дерев'яний шпатель; вимірювальний циліндр; дерев'яні палички; силіконова форма для формування льодяників.

Матеріали: цукор-пісок; патока (інвертний сироп); лимонна кислота; есенції; барвники.

Технологія карамелі льодяникової складається з таких стадій:

- приготування цукрово-патокового сиропу;
- уварювання карамельної маси;
- введення харчового барвника з метою одержання кольорової карамельної маси;
- охолодження карамельної маси до температури 80 °С та введення лимонної кислоти;
- формування льодяників і пакування (рис. 5.3).

Методика виконання

У порцеляновій чашці зважують 100 г цукру-піску, за допомогою вимірювального циліндра наливають 25 см³ води і на електроплиті нагрівають до повного розчинення цукру. Цукровий розчин доводять до кипіння за постійного перемішування.

В іншій порцеляновій чашці зважують 20 г патоки (інвертного сиропу) і за допомогою дерев'яного шпателя переносять у киплячий цукровий сироп. Карамельну масу уварюють за температури 150 °С. На цьому етапі (за бажанням) вводять 0,1 г харчового барвника будь-якого кольору

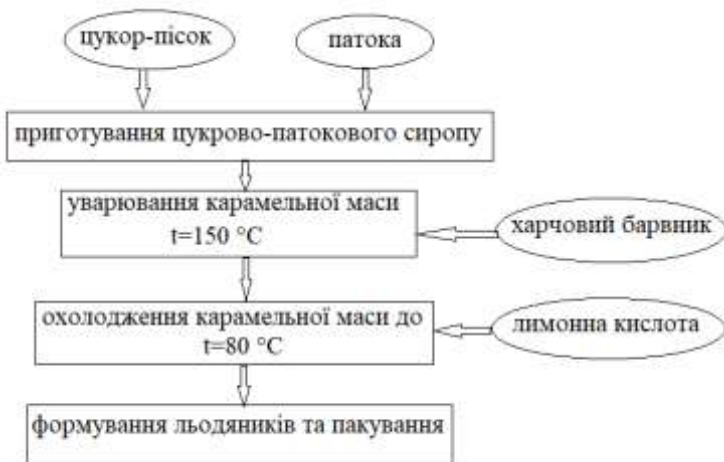


Рис. 5.3. Технологічна схема виготовлення льодяникової карамелі

Карамельна маса за температури понад 100 °C стає в'язкою рідиною. В'язкість за охолодження збільшується в десятки разів, а за температури 70–80 °C маса стає пластичною.



Рис. 5.4. Фото готового виробу

Карамельну масу охолоджують до температури 80 °C і вводять 0,2 г заздалегідь зваженої й ретельно перетертої лимонної кислоти й ароматизовану есенцію (за бажанням). За подальшого охолодження – нижче від 35–40 °C маса переходить у склоподібний аморфний стан. Вона стає твердою і крихкою. Отриману карамель ретельно перемішують і розливають у силіконові форми.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

Органолептична оцінка карамелі льодяникової

Мета: провести оцінку якості карамелі льодяникової за органолептичними показниками.

Матеріали: карамель льодяникова.

Карамель льодяникова належить до цукристих кондитерських виробів, вимоги до яких прописані в ДСТУ 3893:2016 «Карамель. Загальні технічні умови».

Зазвичай карамель льодяникову загортають у художньо оформлений пакувальний матеріал, який щільно прилягає до виробу. Карамель може бути різноманітної форми (прямокутна, кругла, циліндрична, фігурна, таблетована) та конфігурації, склоподібна прозора або непрозора.

Органолептичним аналізом визначають якість упакування, естетичний і зовнішній вигляд, форму, стан поверхні, структуру, колір, запах і смак карамелі.

Таблиця 15.1

Органолептичні показники карамелі

Показник	Характеристика
Смак і запах	Солодкий, чітко виражений, без сторонніх присмаків і запахів, має відповідати назві та фруктовому-ягідному наповненню.
Колір	Рівномірний, достатньо виражений; дозволені різні відтінки забарвлення карамелі.
Поверхня	Нелипка, без сколів (або ж дозволені незначні сколи кутів), тріщин, прожилок і вкраплень.
Форма	Без деформації і швів; відповідати даному виду карамелі.

Смак і запах карамелі встановлюють куштуванням готового виробу. Враження від наявних сторонніх присмаків і запахів записують у протокол.

Форму та поверхню карамелі встановлюють візуальним спостереженням.

Недопустимі дефекти карамелі: наявність сторонніх присмаків і запахів (запах карамелізованого цукру), нерівномірності забарвлення та плями на поверхні виробу,

тріщини, відкриті й гострі шви, що пов'язане з порушенням технологічного процесу, липка поверхня, наявність сіруватого кольору (посивіння) на поверхні, зацукрювання (за зниження вологості повітря поверхня виробу може підсихати, цукор з аморфного стану переходить у кристалічний). Важливим недоліком льодяникової карамелі може стати висока зволоженість (через високий уміст редуруючих речовин або зберігання за підвищеної відносної вологості повітря), що призводить до липкості виробу й зміни зовнішнього вигляду (розтікається, втрачає форму). Тому більшість цих виробів загорнуті в пакувальний матеріал.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 16

Фізико-хімічні показники якості карамелі льодяникової

Мета: провести оцінку якості карамелі льодяникової за фізико-хімічними показниками.

Матеріали: карамель льодяникова.

За фізико-хімічними показниками карамель льодяникова повинна відповідати нормативам, наведеним у табл. 16.1.

Таблиця 16.1

Фізико-хімічні показники якості карамелі

Показники	Характеристика
Масова частка вологи карамельної маси, %	не більше 3,0
Масова частка редуруючих речовин у карамельній масі, %, не більше:	22,0
Кислотність підкисленої карамелі у перерахунку на лимонну кислоту, градуси, не більше: (введення кислоти в межах 0,6 – 1,5 %)	7,1 – 20,0

16.1. Визначення масової частки вологи карамелі льодяникової

Визначення вологи проводять рефрактометричним методом.

Мета: визначити масову частку вологи карамелі льодяникової.

Прилади й обладнання: порцелянова ступка; ваги аналітичні; скляний бюкс; водяна баня; рефрактометр; скляна паличка.

Матеріали: зразки карамелі льодяникової.

Методика виконання

Карамель льодяникову подрібнюють у ступці до порошкоподібного стану. У попередньо зваженому скляному бюксі зважують 5 г отриманого порошка, наливають 5 см³ води й нагрівають на водяній бані за температури 60–70 °С до повного розчинення. Потім бюкс охолоджують і зважують (маса має бути на 10 г більшою від маси бюкса). Якщо маса не відповідає вказаній, то доливають відповідний об'єм води, ретельно перемішують. На призму рефрактометра наносять 2 краплі отриманого розчину і визначають його показник заломлення. За температурного відхилення вводять поправку: якщо температура вища 20 °С додають до значення показника вміст сухих речовин, за температури меншої від 20 °С віднімають уміст сухих речовин.

Окрім того, до складу карамелі входить патока або інвертний сироп, які мають інший від цукрози показник заломлення. За додавання до карамелі 50 % патоки необхідно від визначеного показника заломлення відняти поправку 0,85.

Масову частку сухих речовин у карамелі (у %) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{(a - 0,85) \cdot m_1}{m} 100 (\%),$$

де a – показник заломлення, визначений рефрактометрично;
0,85 – поправка до показника заломлення; m_1 – маса розчину наважки після охолодження, г; m – маса наважки, г.

Результат визначення вмісту вологи у карамелі записують до протоколу роботи.

16.2. Визначення редукуючих речовин фероціанідним методом

Редукуючими речовинами називають суму всіх цукрів (глюкоза, фруктоза, мальтоза, лактоза), які відновлюють лужний розчин міді або інших полівалентних елементів.

Загальним цукром називають суму всіх цукрів, отриманих в результаті інверсії досліджуваного розчину, який містить редукуючі речовини та цукрозу і відновлює лужний розчин міді або інших полівалентних елементів.

Гексаціаноферат (II) калію (фероціанід калію) під час взаємодії з інвертним сиропом у лужному середовищі відновлюється. Реакцію необхідно проводити за кип'ятіння.

Мета: визначити вміст редуруючих речовин у карамелі льодяниковій фероціанідним методом.

Прилади й обладнання: порцелянова ступка; ваги аналітичні; колба для титрування; вимірювальний циліндр; водяна баня.

Реактиви: лужний розчин фероціаніду калію (8 г ферриціаніду калію та 20 гідроксиду натрію розчиняють у невеликому об'ємі дистильованої води, обидва розчини зливають у мірну колбу на 100 мл і доводять водою до мітки); метиленовий синій.

Матеріали: зразки карамелі льодяникової.

Методика виконання

На аналітичних вагах у колбу для титрування відбирають наважку масою $5 \pm 0,0001$ г подрібненої карамелі льодяникової. Наливають 10 см^3 дистильованої води і 25 см^3 розчину калій фероціаніду. Колбу нагрівають до кипіння на водяній бані і ще кип'ятять 1 хв. Додають 3 краплі метиленового синього і гарячим титрують стандартним розчином інвертного сиропу до зникнення синього забарвлення.

Паралельно виконують контрольний дослід без додавання карамельної маси. Вміст редуруючих речовин (PP) розраховують за формулою:

$$PP = \frac{1,6 \cdot (V_1 - V_2)}{m} \cdot 100\%$$

де $(V_1 - V_2)$ – різниця об'ємів розчину інвертного сиропу, витраченого на титрування контрольної і досліджуваної проби відповідно, см^3 ; m – маса наважки карамельної маси, г.

16.3. Визначення кислотності цукерок

Мета: визначити кислотність цукерок титриметричним методом.

Прилади й обладнання: скальпель; порцелянова ступка; ваги лабораторні; лійка; палички скляні з наконечником із

гумової трубки; баня водяна; термометр; колба конічна термостійка ємністю 100 см³; піпетки Мора на 50 см³; бюретка.

Реактиви: 1%-й спиртовий розчин фенолфталеїну; 0,1 моль/дм³ розчин натрій гідроксиду.

Матеріали: зразки карамелі льодяникової.

Методика виконання

Кислотність визначають титруванням водної витяжки наважки карамелі льодяникової розчином луку певної концентрації. Наважку подрібненого досліджуваного зразка карамелі льодяникової, взяту масою 5 г з відхиленням 0,01 г кількісно переносять у конічну колбу для титрування ємністю 250 см³. Доливають 50 см³ дистильованої води, попередньо нагрітої до 60–70 °С, ретельно перемішують і доливають дистильовану воду до загального об'єму 100 см³. Уміст колби охолоджують до температури 18–20 °С, додають 2–3 краплі індикатора фенолфталеїну й титрують 0,1 моль/дм³ розчином натрій гідроксиду до появи блідо-рожевого кольору, який не зникає протягом 30 с.

Кислотність K (у градусах) розраховують за формулою:

$$K = \frac{k \cdot V \cdot 100}{m \cdot 10},$$

де V – об'єм розчину натрій гідроксиду, витрачений на титрування, см³; k – поправочний коефіцієнт для розчину NaOH, який розраховують за формулою: $k = N_{\text{NaOH}}/0,1$, де N_{NaOH} – нормальність розчину NaOH, моль/дм³; m – маса наважки карамельного виробу, г.

Якщо досліджуваний карамельний зразок у своєму складі містить нерозчинні у воді частинки, то відбирають наважку масою 20 г, ретельно перетирають у порцеляновій ступці й доливають 200 см³ нагрітої до 60–70 °С дистильованої води. Після цього розчин охолоджують і фільтрують. За допомогою піпетки відмірюють 50 см³ фільтрату, переносять у колбу для титрування, додають 2–3 краплі індикатора фенолфталеїну й титрують 0,1 моль/дм³ розчином натрій гідроксиду до появи блідо-рожевого кольору, який не зникає протягом 30 с.

Кислотність (K_t) розраховують за формулою:

$$K_1 = \frac{k \cdot V \cdot V_1}{m \cdot 10 \cdot V_2},$$

де V – об'єм розчину натрій гідроксиду, витрачений на титрування, см³; k – поправочний коефіцієнт для розчину NaOH, який розраховують за формулою: $k = N_{NaOH}/0,1$, де N_{NaOH} – нормальність розчину NaOH, моль/дм³; m – маса наважки карамельного виробу, г; V_1 – об'єм приготовленого розчину, см³; V_2 – об'єм фільтрату, взятого для титрування, см³.

5.6. Карамель льодяникова дієтично-функціонального призначення

Льодяникова карамель – популярний вид цукерок. За класичною рецептурою льодяникова карамель – джерело простих вуглеводів. Недолік цих цукерок – брак цінних біологічно активних речовин – таких, як вітаміни, мінерали, ненасичені жирні кислоти, харчові волокна тощо.

Основна сировина кондитерських виробів, яка забезпечує солодкий смак – цукор. Як відомо, цукри – це вуглеводи, котрі є джерелом енергії. Вони впливають на обмін ліпідів і, за достатньої кількості у раціоні запобігають накопиченню кетонних тіл під час метаболізму жирів. Вуглеводи цукристих кондитерських виробів у харчовому ланцюзі швидко піддаються дії травних ферментів, інтенсивно всмоктуються, через що коливається рівень глюкози у крові. Зі збільшенням споживання цукру можуть розвиватися деякі захворювання – цукровий діабет, ожиріння, серцево-судинні захворювання. Оптимальний спосіб зменшення споживання цукру – вдосконалення технологій харчових продуктів зі зниженим його вмістом. Цього можна досягнути двома способами: частково чи повністю замінити цукор у рецептурі або зменшити кількість цукру в продукті.

Для збагачення карамелі можуть використовувати вітаміни С, D, E, мінеральні речовини. Виготовляють карамель, яка містить залізо, кальцій, аскорбінову кислоту. Льодяникову карамель із добавкою лікарських трав можна вважати продуктом функціонального призначення. Таку карамель виготовляють без використання кристалічного цукру. З цією метою готують сироп, який містить 70–80 % дицукрів.

На світовому ринку почали з'являтися кондитерські цукрові вироби дієтично-функціонального призначення. Таку карамель не вважають лікарським засобом, але вона може зберігати й поліпшувати здоров'я споживачів завдяки наявності в її складі фізіологічно-функціональних інгредієнтів (вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон тощо).

В останні роки в нашій країні активно проводяться дослідження із розробки, впровадження у виробництво та використання цукрозамінників (поліолів) під час створення нових харчових продуктів. Особливо популярні такі цукрозамінники: ксиліт, сорбіт, еритритол, похідні стевії, кореня солодки, мальтол, ізомальт.

Цукрові спирти (поліоли) – похідні цукру, які утворюються відновленням карбонільних груп альдоз і пентоз. Це природні сполуки, які містяться в їжі, головним чином, у фруктах і овочах.

Поліоли класифікують як харчові добавки з їх номерами E; тому в Європейському Союзі всі вони схвалені Європейським органом з безпеки харчових продуктів.

Враховуючи калорійність поліолів, харчові продукти, виготовлені на їх основі, зокрема кондитерські вироби, можуть мати маркування «зі зменшеною калорійністю». Крім того, часткова або повна заміна моно- та дицукрів на поліоли забезпечують харчовим продуктам маркування «зі зниженим вмістом цукру» або «без цукру».

Коротка характеристика деяких цукрозамінників

Сорбіт (D-глюцитол; E420) – продукт метаболізму; однак він не поглинається тонким кишечником. Енергетична цінність 1 г сорбіту становить 11 кДж, а відносна солодкість дорівнює 50 %. За великих доз може викликати біль у животі, діарею, патологічні зміни тканин.

Ксиліт (E967) – найсолодший поліол із відносною солодкістю, подібною до глюкози. Він має дуже низький глікемічний індекс 7 і не виявляє токсичності чи канцерогенності. Під час метаболізму ксиліт частково ферментується бактеріями товстої кишки й за велик доз може давати проносний ефект.

Еритритол (E968), переважно, всмоктується у тонкій кишці в кровотік і виділяється нирками з сечею. Саме тому, на відміну від ксиліту, він не має проносного ефекту і є «загальноновизнаним безпечним» (GRAS).

Мальтит (E965), лактит (E966) та ізомальт (E953) – поліоли дуже подібної структури, отримані з дицукрів, усі мають дуже низький глікемічний індекс 9. Вони не трапляються у природі й здебільшого виробляються синтетично.

Цукрозамінники поліоли мають деякі переваги порівняно з цукром:

- 1) низький глікемічний індекс. Чим менший глікемічний індекс, тим доцільніше їх використання у продукції для хворих на цукровий діабет;
- 2) низька калорійність, яка допомагає розробляти за їх використання виробу зі зниженою калорійністю;
- 3) пребіотичні властивості, тобто вони є поживним середовищем для розвитку корисних для організму людини мікроорганізмів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 17

Технологія карамелі льодяникової на основі цукрозамінників

Мета: ознайомитися з основною сировиною та технологією виробництва карамелі льодяникової на основі цукрозамінників, засвоїти технологію її виготовлення в лабораторних умовах; провести оцінку її якості за органолептичними показниками.

Прилади й обладнання: електроплита; ківш кухонний; порцелянові чашки; дерев'яний шпатель; вимірювальний циліндр; дерев'яні палички; силіконова форма для формування льодяників.

Матеріали: цукрозамінники на вибір (сорбіт, ізомальтитол, мальтоза, еритритол); патока (інвертний сироп); лимонна кислота; корінь імбиру сухий порошкоподібний; імбир свіжонатертий.

Вибір імбиру зумовлений тим, що в корені цієї рослини міститься достатня кількість вітамінів групи В, вітаміни А і С. Крім того, він багатий солями кальцію, магнію, фосфору, містить

кремній, хром, цинк, незамінні амінокислоти – лізин, треонін, метіонін, олеїнову та ленолеву кислоти, ефірні масла, які надають йому пряний і терпкий смак. Має хороші протизапальні, знеболювальні й імуностимулювальні властивості.

Методика виконання

У порцеляновій чашці зважують 50 г цукрозамінника, за допомогою вимірювального циліндра наливають 5 см³ води і на електроплиті нагрівають до повного розчинення цукрозамінника. Карамельний розчин доводять до кипіння за постійного перемішування.

В іншій порцеляновій чашці зважують 10 г патоки (інвертного сиропу) і за допомогою дерев'яного шпателя переносять у киплячий карамельний сироп.

Карамельну масу уварюють за температури 150 °С до одержання в'язкого стану та світло-солом'яного кольору. За бажанням додають 0,1 г харчового барвника будь-якого кольору.

Карамельну масу охолоджують до температури 80 °С і вводять 0,1 г заздалегідь зваженої й ретельно перетертої лимонної кислоти. Потім масу розподіляють порівну у дві ємності. В одну ємність додають 0,01 г кореня імбиру сухого, в іншу – 0,01 г імбиру свіжонатертого. Вміст кожної ємності ретельно перемішують і розливають у силіконові форми.

Завдання: після охолодження та повного застигання карамелі льодяникової провести дегустацію й органолептичну оцінку якості готових виробів. Результати органолептичного аналізу занести до таблиці.

Таблиця 16.1

Органолептичні показники карамелі льодяникової

Показники	Карамель льодяникова, виготовлена на цукрозаміннику з додаванням:	
	сухого порошку імбиру	свіжонатертого імбиру
Стан поверхні		
Форма		
Колір		
Смак і запах		

Література, використана при підготовці розділу

1. Bayline, J. L., Tucci, H. M., Miller, D. W., Roderick, K. D., & Brletic, P. A. Chemistry of Candy: A Sweet Approach to Teaching Nonscience Majors. *Journal of Chemical Education*, 95(8). 2018. PP. 1307–1315.
2. Сирохман І.В., Лозова Т.М. Товарознавство цукру, меду, кондитерських виробів : підручник. 2-ге вид. перероб. і доповн. К.: Центр учбової літератури. 2008. 376 с.
3. Кучерук З. І., Шматченко Н. В. Технологія кондитерських виробів : навч. посібник для самостійного вивчення курсу. Х. :ХДУХТ, 2020. 179 с.
4. Загальна технологія харчових виробництв: навч. посібник / А.А. Дубініна, Ю.М. Хацкевич, Т.М. Попова, С.О. Ленерт. Х. : ХДУХТ, 2016. 497 с.
5. ДСТУ 3893:2016. «Карамель. Загальні технічні умови» Технічний комітет стандартизації . Вид. офіц. Чинний з 2017–01-01. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 13 с.
6. Усіна А.І. Конспект лекцій з дисципліни «Товарознавство» (для студентів 2–4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.140101. «Готельно - ресторанна справа») / А.І. Усіна, І.С. Баландіна, І.В. Сегеда. Х.: ХНАМГ, 2012. 196 с.
7. Фізико-хімічні, технологічні, фізіологічні властивості поліолів та цукрів. А.М. Дорохович, В.В. Дорохович, В.В. Бадрук, А.В. Мурзін, А.Г. Абрамова, Я.С. Єстремська. *Харчова наука і технологія*. 2013. № 1. С. 73-76.
8. Калакура М. Цукрозаїни та підсолоджувачі у кондитерських виробках / М. Калакура, В. Дорохович. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2007. № 4. С. 12–13.

ЗМІСТ

<i>ВСТУП</i>	3
<i>Розділ 1. ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ</i>	4
1.1. Олія як харчовий продукт	4
1.2. Характеристика олійної сировини	6
1.3. Олійні культури України	7
1.4. Хімічний склад і властивості олій.....	8
1.5. Загальна характеристика технології рослинних олій..	13
1.6. Підготовка насіння	14
1.7. Пресування та екстракція.....	17
1.8. Рафінація олій	22
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. Визначення якості сировини для виробництва рослинної олії.....	29
1.1. Відбір середньої проби насіння методом діагонального ділення.....	29
1.2. Визначення масової частки смітєвих та олійних домішок в олійній сировині	30
1.3. Визначення крупних смітєвих домішок в олійній сировині.....	32
1.4. Визначення масових часток явно виражених смітєвих й олійних домішок в олійній сировині.....	32
1.5. Визначення масових часток неявно виражених смітєвих й олійних домішок в олійній сировині	33
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. Визначення вологості насіння олійних культур	34
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. Визначення лушпинності олійного насіння	35
3.1. Визначення лушпинності насіння соняшнику та ріцини	36
3.2. Визначення лушпинності насіння сої	36
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4	37
4.1. Отримання рослинних олій пресуванням.....	37
4.2. Визначення олійності насіння методом вичерпної екстракції	39
4.3. Визначення масової частки олії в місцелі ваговим методом	42

4.4. Визначення масової частки олії в місцелі рефрактометричним методом	44
4.5. Визначення масової частки механічних домішок у місцелі	45
4.6. Органолептична оцінка рослинної олії.....	46
4.7. Визначення густини рослинних олій	47
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. Визначення фізико-хімічних показників якості олії.....	50
5.1. Визначення масової частки вологи в олії	50
5.2. Визначення кислотного числа олії	51
5.3. Визначення йодного числа олії методом Маргошеса..	54
5.4. Визначення пероксидного числа олій і жирів.....	56
5.5. Визначення показника заломлення рослинної олії.....	58
5.6. Люмінесцентний аналіз.....	59
<i>Література, використана при підготовці розділу.....</i>	<i>60</i>
<i>Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЯ МАРГАРИНУ.....</i>	<i>61</i>
2.1. Хімічний склад і властивості маргарину	61
2.2. Модифікація жирів	63
2.3. Технологія маргарину.....	67
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. Органолептична оцінка якості маргарину.....	71
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7	75
7.1. Оцінка якості маргарину за фізико-хімічними показниками.....	75
7.2. Визначення масової частки вологи та летких речовин у маргарині (<i>масова частка жиру 40 %</i>)	76
7.3. Визначення масової частки вологи та летких речовин у маргарині (<i>масова частка жиру менше 40 %</i>).....	77
7.4. Визначення кислотності маргарину	78
7.5. Визначення масової частки жиру у маргарині методом екстрагування в апараті Сокслета.....	79
7.6. Визначення масової частки жиру в маргарині методом визначення сухого знежиреного залишку.....	80
7.7. Визначення масової частки кухонної солі в маргарині	82
7.8. Визначення рН водної або водно-молочної фаз маргарину.....	83
7.9. Визначення тривкості рідкого маргарину	84

7.10. Визначення температури плавлення маргарину	84
<i>Література, використана при підготовці розділу.....</i>	<i>86</i>
Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ	87
3.1. Хімічний склад і властивості майонезу	87
3.2. Технологія виробництва майонезу	88
3.3. Виробництво класичного майонезу	89
3.4. Емульгатори, стабілізатори та загущувачі в технології виготовлення майонезу.....	91
3.4.1. Емульгатори	91
3.4.2. Стабілізатори	92
3.4.3. Загущувачі	93
3.5. Олії, які застосовують під час виготовлення майонезів..	94
3.6. Ячні продукти у виробництві майонезу.....	94
3.7. Роль рН середовища та природи кислоти.....	95
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8. Технологія виготовлення майонезу в лабораторних умовах	96
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9. Виготовлення низько- калорійного майонезу на основі промислової сировини	97
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10	100
10.1. Визначення органолептичних показників майонезу	100
10.2. Визначення консистенції майонезу.....	100
10.3. Визначення зовнішнього вигляду та кольору майонезу	101
10.4. Визначення смаку й запаху майонезу	101
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11. Визначення фізико- хімічних показників майонезів	102
11.1. Визначення масової частки вологи в майонезі	103
11.2. Визначення титрованої кислотності майонезу	104
11.3. Визначення активної кислотності майонезу	105
11.4. Визначення стійкості емульсії майонезу	105
11.5. Визначення масової частки жиру у майонезі.....	106
11.6. Визначення пероксидного числа майонезу методом йодометричного титрування	107
<i>Література, використана при підготовці розділу.....</i>	<i>109</i>
Розділ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ЦУКРУ	110

4.1. Цукровий буряк як сировина для виробництва цукру	111
4.2. Хімічний склад цукрового буряка.....	112
4.3. Метаболізм цукрози в організмі людини	114
4.4. Базові стадії технології виготовлення цукру.....	115
4.5. Підготовка буряків до дифузійного процесу	116
4.6. Очищення дифузійного соку	118
4.6.1. Дефекація	119
4.6.2. Сатурація (карбонізація).....	121
4.6.3. Сульфітація	122
4.7. Загущування дифузійного соку та кристалізація цукрози.....	123
4.8. Рафінування цукру.....	126
4.9. Цукор як харчовий продукт	126
4.10. ICUMSA (Міжнародна комісія з уніфікованих методів аналізу цукру)	127
4.11. Міжнародні цукрові шкали.....	128
4.11.1. Шкали Платона, Баллінга та Оехсле.....	128
4.11.2. Шкала Брікса.....	129
4.11.3. Міжнародна цукрова шкала.....	130
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12. Визначення органолептичних властивостей цукру кристалічного.....	131
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13. Визначення фізико- хімічних показників якості цукру-піску та цукру-рафінаду	134
13.1. Визначення масової частки вологи цукру-піску та цукру-рафінаду	134
13.2. Визначення вмісту цукрози в цукрі	135
13.3. Визначення масової частки редуруючих речовин, які накопичуються в міру зберігання цукру	136
13.4. Визначення масової частки золи в цукрі-піску.....	140
13.5. Визначення колірності цукру	140
13.6. Визначення часу розчинення цукру-рафінаду	142
<i>Література, використана при підготовці розділу.....</i>	143
<i>Розділ 5. ТЕХНОЛОГІЯ КАРАМЕЛІ ЛЬОДЯНИКОВОЇ.....</i>	144
5.1. Карамель як цукровий кондитерський виріб	144
5.2. Характеристика сировини для приготування карамелі...	145
5.3. Хімічний склад карамельної маси.....	149

5.4. Фізико-хімічні властивості карамельної маси	150
5.5. Технологія виробництва карамелі.....	151
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14. Технологія карамелі льодяникової.....	154
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15. Органолептична оцінка карамелі льодяникової	156
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 16. Фізико-хімічні показники якості карамелі льодяникової.....	157
16.1. Визначення масової частки вологи карамелі льодяникової.....	157
16.2. Визначення редукуючих речовин фероціанідним методом	158
16.3. Визначення кислотності цукерок	159
5.6. Карамель льодяникова дієтично-функціонального призначення	161
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 17. Технологія карамелі льодяникової на основі цукрозамінників.....	163
<i>Література, використана при підготовці розділу.....</i>	<i>165</i>

Навчальне видання

**ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ:
ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ Й ОЦІНКА ЯКОСТІ
РОСЛИННИХ ЖИРІВ ТА ЦУКРУ**

Навчальний посібник

Укладачі :

Сачко Анастасія Валеріївна

Сема Оксана Василівна

Воробець Марія Михайлівна

Літературний редактор

Ряднова В.П.

Підписано до друку 11.05.2023. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Друк офсетний. Ум. друк.арк.....

Обл.-вид. арк... Тираж 50. Зам.

Видавництво та друкарня Чернівецького національного
університету

58002, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2

e-mail: ruta@chnu.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №981 від 08.04.2002 р.