



Міністерство освіти та науки України
Державний Біотехнологічний Університет

Л.М. Пузік, Т.В. Гавриш

**БІОПОЛІМЕРИ ЗЕРНА ТА ЇХ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПІД ЧАС
ПЕРЕРОБКИ**

Лабораторний практикум

для студентів напряму підготовки 181 «Харчові технології» другого рівня вищої
освіти (магістр)
освітня програма «Технологія зернопродуктів та зернові ресурси»

Харків

ДБТУ

2024

УДК 637.1(079)

Лабораторний практикум з дисципліни
«Біополімери зерна та їх перетворення під час переробки» для студентів
напряму підготовки 181 «Харчові технології»,
освітня програма «Технологія зернопродуктів та зернові ресурси»,
за освітнім рівнем «магістр»
/ укл. доктор с.-г. наук, професор Пузік Л.М, канд.техн.наук, доцент Гавриш
Т. В. – Харків: ДБТУ, 2024. – 71 с.

У лабораторному практикумі розглянуті формування у студентів знань з питань вмісту біополімерів зерна, перетворення їх під час перероблення, а також практичних вмінь визначення вмісту біополімерів у зерно продуктах.

Укладачі:

Пузік Людмила Михайлівна, доктор с.-г. наук, професор,
Гавриш Тетяна Володимирівна, канд.техн.наук, доцент

Рецензент: Гопцій Т.І. доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри
генетики, селекції та насінництва

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри «Технології хлібопродуктів і кондитерських виробів», протокол № 8 від 22.01.2024 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету переробних
і харчових виробництв

Протокол від «19» березня 2024 р. № 5

Призначено для студентів напряму підготовки 181 Харчові технології, за освітнім рівнем «магістр» денної та заочної форми навчання.

© Пузік Л.М.
Гавриш Т.В.,
укладачі
© ДБТУ, 2024

ЗМІСТ

Вступ		4
Лабораторна робота 1	Вплив технологічних чинників на здатність білків рослинного походження до гідротації та розчинення	5
Лабораторна робота 2	Дослідження впливу технологічних факторів на деструкцію білкових речовин у пшеничній клейковині	13
Лабораторна робота 3	Вивчення специфічної дії ферментів у зерні	21
Лабораторна робота 4	Дослідження впливу технологічних чинників на функціонально- технологічних властивостей крохмалю зерна	32
Лабораторна робота 5	Перетворення ліпідів під час технологічного оброблення	41
Лабораторна робота 6	Виявлення та визначення вітамінів у зернопродуктах	56
Лабораторна робота 7	Біохімічні процеси при проростанні та досяганні зерна Біохімічні зміни при зберіганні борошна та крупи	61

Вступ

Навчальними планами вищих закладів освіти, що підпорядковані Міністерству науки і освіти України, передбачено вивчення дисципліни " Біополімери зерна та їх перетворення під час переробки". Біохімія зерна і продуктів його переробки займається вивченням хімічного складу зерна, борошна, крупи і хліба, хімічних перетворень, які відбуваються в зерні під час його дозрівання, зберігання, проростання і псування під впливом різних несприятливих чинників. Задачами біохімії зерна є також вивчення біохімічних перетворень, які відбуваються під час перероблення зерна на млині і на круп'яному заводі, при зберіганні крупи і борошна, при виготовленні з борошна хліба, макаронних і інших виробів, і вивчення харчової цінності зерна, борошна, крупи, хліба і інших продуктів перероблення зерна.

Студенти повинні знати основні поняття про особливості хімічного складу зернової сировини в порівняльному аспекті, чинники, які обумовлюють якість харчової сировини та готової продукції. Вміти: використовувати знання про хімічний склад сировини та способи його переробки для прогнозування якості готового продукту

Лабораторний практикум " Біополімери зерна та їх перетворення під час переробки " розроблено за єдиним планом: тема, мета, зміст заняття, завдання для самостійної роботи і контрольні запитання.

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, набутих на лекціях, у процесі самостійної підготовки та роботи з навчально-методичною літературою, оволодіння навичками дослідницької роботи, формування у студентів творчого підходу під час вирішення технологічних питань.

Лабораторні роботи побудовані таким чином, щоб кожний студент майже на всіх заняттях мав індивідуальне завдання, яке може виконати тільки в разі досконалого знання теоретичного матеріалу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ЗДАТНІСТЬ БІЛКІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ДО ГІДРОТАЦІЇ ТА РОЗЧИНЕННЯ

Мета роботи: дослідити вплив технологічних факторів (температура, рН, іонна сила розчинника) на здатність білків рослинного походження до гідратації та розчинення.

Об'єкт: вихід сирої клейковини, гідратаційна здатність клейковини, екстрактивність рослинних білків, розчинність.

Предмет: пшеничне борошно в/с, обойне пшеничне борошно, клейковина.

Обладнання та реактиви: терези, скляні палички, скляні стакани на 100 см³, скляні стакани на 50 см³, водяна лазня, термометр, рефрактометр, колби на 100...150 см³, пробірки, 70% розчин етилового спирту, 65 % розчин етилового спирту, концентрована оцтова кислота, 1 н. розчин їдкового натру, ацетон, дистильована вода, піпетки, годинник, 1,2,4,6,8 % розчин NaCl, лакмусовий папір, фільтрувальний папір, сито, вологомір ВНИИХП-ВЧ, рН-метр.

Загальні відомості. Серед білків рослинного походження найбільше технологічне значення мають білки зернових культур. Значну частку білків зерна складають прості білки, які називаються запасними білками. Вони накопичуються в зерні й використовуються для живлення зародка на початкових етапах проростання. Запасні білки злаків і бобових культур локалізовані в ендоспермі, а в насінні олійних культур – у зародку.

Запасні білки зерна й насіння різних культур характеризуються певним фракційним складом. Наприклад, запасні білки насіння соняшника в основному складаються із **глобулінів** (солерозчинних) білків, ця фракція характерна також для бобових культур. Злакові культури містять в

основному фракції, які добре розчиняються в спирті та лугах (*проламіни й глютеліни*).

Будь-яка екстракція білка розчинником порушує природну структуру білкової молекули, оскільки руйнує або змінює нековалентні зв'язки, тобто екстракція білка з рослинного матеріалу завжди супроводжується початковою стадією денатурації. Навіть екстракція білків водою пов'язана з порушенням гідрофобної взаємодії, відбувається перехід солей металів у розчин, таким чином порушуючи іонну рівновагу білкової молекули. При екстракції білків розчином лугів відбувається розрив навіть дисульфідних зв'язків (-S-S-).

Білки пшениці. За даними Т. Осборна, у пшеничному зерні міститься: 4% проламінів, 4,4% глютелінів, 0,6% глобулінів, 2,4% альбумінів та інших водорозчинних речовин білкової природи. Таким чином, сумарний вміст білка становить близько 11,4%. Найбільше у зерні пшениці *проламінів* та *глютелінів*, які утворюють клейковину. Проламіни пшениці називають *гліадинами*. Вони розчиняються в 60 – 70 %-вому етанолі. Ізоелектрична точка гліадину лежить в нейтральному середовищі і відповідає рН 7,0. Глютелін пшениці називають *глютеніном* (від французького Gluten – клейковина). Розчиняється глютенін у слабких розчинах кислот та лугів. Ізоелектрична точка глютеніну знаходиться в кислому середовищі (рН 4,8). Гліадин і глютенін складаються з ряду білків, що відрізняються молекулярною масою й амінокислотним складом. Так, гліадин можна розділити на 4 основні фракції ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$), а кожен із цих фракцій розділити на ряд індивідуальних білків з молекулярною масою від 30000 до 160000 Да. Клейковина – була відкрита в 1745 г італійським ученим Беккари в пшеничному борошні. Клейковинні білки містяться також у зерні деяких сортів ячменя, пирію й ін. Деякі сорти пирію містять понад 65% сирої клейковини. Клейковина являє собою складний білковий комплекс, що складається з 2-х фракцій – *гліадинової і глютелінової* у співвідношенні близько 1:1 (на частку білків приходить 80–85%, вуглеводів 10–15%,

ліпідів 2–8%). Окремо ці фракції властивостями клейковини не володіють. При цьому гліадин легко відділяється від глютеніна шляхом екстракції 60–70%-ним етанолом, що свідчить про те, що ці дві фракції пов'язані нековалентними зв'язками. Вміст клейковини в зерні й борошні пшениці є важливим показником їх якості. Сира клейковина вміщує 2/3 (66%) води й 1/3 сухої речовини, що в основному складається з білків. Від кількості й реологічних властивостей клейковини залежить здатність пшеничного борошна давати при випічці пишній хліб із пружною еластичною й пористою м'якушкою. Альбумін, що міститься в пшеничному зерні, називається *лейкозином*. Він міститься, головним чином у зародку. Цей білок легко денатурує й втрачає свою розчинність. Якщо одержати водний екстракт із пшеничного зерна або зародка й додати до нього навіть невелику кількість спирту або ацетону, то лейкозин випадає в осад і його вже не можна перевести у водяний розчин. Легко денатурує під впливом нагрівання.

Лейкозин представляється собою комплекс різних білків з молекулярною масою 20000 – 25000 Да, причому, до складу цього комплексу входять білки-ферменти.

У зерні пшениці присутній білок, що через сильний зв'язок з ліпідами екстрагується з борошна лише петролейним ефіром. Цей білок називається *пуротіоніном*, він містить близько 16% цистіна. Складається з 2-х компонентів (α - і β -пуротіоніну) з молекулярною масою 12500 і 5000 – 7000 Да. Подібні білки знайдені в зерні ячменя й називаються *гордотіоніном*.

У зерні твердої пшениці міститься водорозчинний білок, що містить 0,03% міді й має коричневе фарбування. Від нього залежить коричневий колір макаронів, які одержують із деяких партій твердої пшениці.

Зерно *жита* містить *гліадин* і *глютенін*, але при звичайних умовах відмити клейковину не вдається. Це пояснюється тим, що білки жита відрізняються від пшеничних по амінокислотному складі, фізичними і хімічними властивостям. Так, гліадин жита краще розчиняється у водноспиртових розчинах. При екстракції білків жита водою, а потім

слабким розчином кислоти з наступною нейтралізацією лугом, одержують білкову масу, що має характерні властивості клейковини. Але така клейковина значно слабкіше пшеничної, оскільки вміщує меншу кількість дисульфідних і водневих зв'язків.

Зерно *ячменя* має невелику кількість альбумінів. Проламінів і глютелінів міститься приблизно в рівних кількостях. Проламін ячменя називається *гордеїн*. Клейковина ячменя схожа на погану, короткорвану клейковину пшениці. Вона має сірий колір, погану розтяжність і гідратаційну здатність.

У зерні *вівса* також присутні проламіни, глютеліни й певна кількість альбумінів. Спирторозчинний білок вівса називається *авенін*, але переважна фракція зерен вівса – глютеліни. За вмістом окремих амінокислот білки зерна вівса помітно відрізняються від білків пшениці й ячменя. У них міститься в 2 рази більше лізіна, ніж у білках пшениці. Тому овес характеризується високою біологічною активністю.

Білки кукурудзи. Найбільшу кількість білка міститься в зародку, на другому місці – ендосперм. Кукурудзяне зерно містить, головним чином, два білки: проламін, що називають *зеїн* і *глютелін*. Глютелін складає приблизно 40% від усього білка, *зеїн* – приблизно стільки ж. Зеїн відрізняється від інших білків амінокислотним складом - він практично не містить незамінних амінокислот – лізіна й триптофану, тому є біологічно неповноцінним.

Білки зерна рису. Характеризуються відсутністю проламінів. Основна маса білка представлена глютеліном, що називається *оризеніном*. Його вміст становить 93% від загальної кількості білків. Оризенін має більшу молекулярну масу (до 2 млн Да) і складається із субодиниць двох типів, з'єднаних дисульфідним зв'язком. У складі білків рису містяться всі незамінні амінокислоти, що визначають його біологічну цінність.

Білки зерна гречки. Фракційний склад білків гречки характеризується майже повною відсутністю проламінів. Переважають глобуліни, на другому

місці – водорозчинні білки. Білки гречки відрізняються високим вмістом незамінних амінокислот.

За *лізином* зерно гречки перевершує пшеницю, жито, рис і наближається до соєвих бобів. По вмісту *валіна* може бути прирівняне до молока, по лейцину – до яловичини, а по *фенілаланіну* до молока й яловичини. За вмістом *триптофану* зерно гречки не поступається продуктам тваринного походження. Таким чином, білки зерна гречки добре збалансовані по вмісту незамінних амінокислот. Виключення становлять ізолейцин і особливо сірковмісні амінокислоти, яких недостатньо в білках гречки.

Білки бобових культур. Насіння бобових відрізняються високим вмістом білка (20 – 40%) і їх гарним амінокислотним складом. Лімітуючими амінокислотами є сірковмісні амінокислоти (метіонін + цистин), які в надлишковій кількості містяться в білках злакових. Тому в харчовому відношенні білки бобових добре доповнюють білки злаків. До 80 % білків бобових приходить на фракції альбумінів і глобулінів. Відмінною рисою білкового комплексу бобових є високий вміст інгібіторів протеаз і особливих білків глікопротеїнової природи – *лектинів* (від латинського вибирати).

Самою цінною культурою сімейства бобових є соя, у насінні якої міститься до 40 % білка й 20 % жиру. Однак харчова цінність білків сої, що не пройшли термічну обробку, дуже низька. Це пов'язано з високим вмістом у бобах сої інгібіторів протеаз різного типу. Одні з них інгібують активність травних ферментів, наприклад, *інгібітор Кунитца* (інгібітор трипсину й хімотрипсину). Інші інгібують власні протеази насіння сої.

Білки олійних культур. У насінні олійних культур білки становлять істотну частку сухої маси. Середній вміст білкових речовин у насінні окремих олійних культур змінюється від 16 до 28%. Так у насінні соняшника середній вміст білка 15,7%, льон – 24,9 %, у ядрах рицини 16%, бавовнику 20,5%, рапсу 25 – 28,5%. Більшу частину білкових речовин олійних культур складає до *глобулінова* фракція (80–97%). Альбумінова й глютелінова

фракція містяться приблизно на однаковому рівні (0,5-1,0%). Проламіни практично відсутні.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Визначення здатності білків пшениці та пшеничного борошна до розчинності в різних розчинниках

Підготування водної витяжки із зерна пшениці. Для цього 25 г зерна пшениці подрібнити за допомогою лабораторного млина. Отримане борошно помістити у хімічний стакан на 100 см³ та залити 50 см³ дистильованої води. Отриману суспензію залиши для екстракції за кімнатної температури на 30 хв. періодично помішуючи. Через 30 хв. екстракції суспензії відфільтрувати у чистий хімічний стакан за допомогою паперового або ватного фільтру.

У чотири чисті хімічні стакан відібрати по 5 мл отриманого фільтрату. В перший стакан внести 10 мл ацетону (або етилового спирту), в другий – 10 % розчин повареної солі, в третій – 1 н. розчин оцтової кислоти, в четвертий – 10 мл 0,1 н. розчину їдкого натру. Зафіксувати зміни, що відбулися та кількість осаду, що утворилось. До отриманих сумішей додати по 30 мл дистильованої води. Зафіксувати зміни, що відбулися.

1.2. Підготовка зразків клейковини пшеничного борошна. Для цього приготувати наважку борошна масою 25 г, перенести його в фарфорову чашку та прилити 13,5 мл води. Ретельно замісити тісто, так щоб не було втрат борошна. Сформувані тісто в вигляді кульки, накрити його склом або кришкою та залишити для набрякання білків на 20 хв.

Для отримання клейковини провести відмивання крохмалю та водорозчинних білків під цівкою води над густим ситом, щоб не втрачати часток клейковини. Відмивання проводити протягом 20–30 хв. Відмиту клейковину звільнити від зайвої вологи.

В шість пробірок помістити по 0,5 г подрібненої клейковини.

В першу пробірку прилити 8 – 10 мл дистильованої води, в другу – 2 мл 5% розчину хлориду калію, в інші пробірки – по 4 – 8 мл розчинників (ацетон, 70% розчин етилового спирту, концентрована оцтова кислота, 1 н. розчин їдкого натру). Отриману таким чином суміш перемішати скляною паличкою та залишити на 30 хв. Через 30 хв. зафіксувати, в якій з пробірок відбувається розчинення білків, а в якій випадіння осаду. Дані оформити у вигляді табл. 1.

Розчинність білків клейковини у різних розчинниках

Вид зразка білка у розчинниках	Розчинність					
	вода	сольовий розчин	ацетон	етиловий спирт	розчин оцтової кислоти	розчин їдкого натру
Пшеничне борошно						
Клейковина						

Зробити висновок про здатність білків пшениці до розчинення

2. Визначити співвідношення гліадинової та глютелінової фракції білків клейковини пшеничного борошна

Отримати зразок клейковини згідно методики описаної у п.1.1.

1.2. На аналітичних вагах зважити 3 г сирі клейковини, за допомогою ножа подрібнити її на дрібні шматочки та перенести їх в колбу на 100 мл. Розчинність 150 см³. Вміст колб залити 20 см³ розчину спирту з масовою часткою (C₂H₅OH) = 70 %. Екстрагування гліадину проводять за температури 20...25°C протягом 30 хв періодично збовтуючи. Після цього спиртовий розчин з розчиненим в ньому гліадином обережно зливають через фільтрувальний папір в хімічний стакан на 100 см³, а клейковину вдруге заливають 20 см³ розчину спирту (C₂H₅OH) = 65 %. Вміст стакана добре

збовтують і залишають на 20 хв. для екстракції. Після цього розчин відфільтровують у той самий стаканчик.

Проба на гліадин. Піпеткою відібрати 5 см³ спиртового екстракту та помістити у скляний стакан на 50 см³. В стакан прилити трикратний об'єм дистильованої води по відношенню до екстракту. При зменшенні концентрації спирту гліадин випадає в осад і розчин мутніє.

Піпеткою відібрати 10 см³ спиртового екстракту та перенести його в фарфоровий стаканчик або ємність для випаровування.

Спиртовий розчин гліадину випарувати на водяній лазні, залишок (гліадин) висушити в сушильній шафі за температури 105°C до постійної маси. Сухий залишок зважити та розрахувати вміст гліадину у відсотках.

Зробити висновок про фракційний склад клейковинних білків та їх здатність до розчинення

3. Вивчити вплив гідромодулю та температури на здатність білків пшениці до розчинення.

У 6 пробірок помістити по 5 г пшеничного борошна. У перші дві пробірки прилити 25 мл дистильованої води (гідромодуль 1:5). Отриману суспензію борошна з водою ретельно перемішати скляною паличкою. У наступні дві пробірки прилити по 50 мл дистильованої води (гідромодуль 1:10; до решти пробірок – по 100 мл дистильованої води (гідромодуль 1:20) та ретельно перемішати. По одній з пробірок з різним вмістом води залишити для екстракції білків борошна за кімнатної температури, інші – нагріти на водяній лазні до температури 40°C та витримати протягом 10 хв. Після цього прогріті пробірки залишити для екстракції. Через 15, 20 та 40 хв. екстракції піпеткою з кожної пробірки відібрати по 5 мл білкового екстракту, після чого внести еквівалентну кількість дистильованої води. Отриманий екстракт ретельно відфільтрувати за допомогою паперового або ватного фільтру та визначити вміст сухих речовин рефрактометричним або калориметричним методом. Результати спостережень оформити у вигляді табл. 2.

Вплив технологічних чинників на ступінь розчинності білків борошна

№	Гідромодуль	Температура, °С	Вміст білка (%) за різної тривалості екстракції:		
			15хв.	20хв.	40 хв.
1	1:5	20			
		40			
2	1:10	20			
		40			
3	2:20	20			
		40			
		40			

4. Вивчення впливу концентрації солі на здатність білків пшеничного борошна до розчинення.

У шість пробірок помістити по 5 г пшеничного борошна. У кожену пробірку налити відповідно 0, 1, 2, 4, 6, 8 %-го розчину хлориду натрію в кількості 10 мл. Отриману таким чином суспензію залишити на 25 хв. при кімнатній температурі для екстракції періодично струшуючи. Через 25 хв. екстракції піпеткою відібрати по 5 мл білкового екстракту з кожної пробірки, ретельно відфільтрувати за допомогою паперового або ватного фільтру та визначити вміст сухих речовин рефрактометричним або калориметричним методом.

Побудувати графічну залежність впливу концентрації солі на екстрактивність білків пшеничного борошна.

Зробити висновок про вплив гідромодуля, температури та концентрації солі на екстрактивність білкових речовин пшеничного борошна

Питання для самоконтролю

1. Як технологічні чинники впливають на здатність білків рослинного походження до гідратації та розчинення?
2. Які фактори технологічного процесу можуть впливати на характеристики гідратації білків рослинного походження?
3. Які технологічні аспекти можуть визначати ефективність розчинення білків рослинного походження?
4. Які параметри технологічного впливу слід враховувати для оптимізації здатності білків рослин до гідратації?
5. Які методи можуть бути застосовані для вивчення впливу технологічних факторів на процес розчинення білків рослинного походження?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

ДОСЛІДИТИ ВПЛИВ РН СЕРЕДОВИЩА НА ВИХІД СИРОЇ КЛЕЙКОВИНИ ТА ГІДРАТАЦІЙНУ ЗДАТНІСТЬ КЛЕЙКОВИННИХ БІЛКІВ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА

Мета роботи: дослідити вплив технологічних факторів (температура, рН, іонна сила розчинника) на здатність білків рослинного походження до гідратації та розчинення.

Об'єкт: вихід сирої клейковини, гідратаційна здатність клейковини, екстрактивність рослинних білків, розчинність.

Предмет: пшеничне борошно в/с, обойне пшеничне борошно, клейковина.

Обладнання та реактиви: терези, скляні палички, скляні стакани на 100 см³, скляні стакани на 50 см³, водяна лазня, термометр, рефрактометр, колби на 100...150 см³, пробірки, 70% розчин етилового спирту, 65 % розчин

етилового спирту, концентрована оцтова кислота, 1 н. розчин їдкового натру, ацетон, дистильована вода, піпетки, годинник, 1,2,4,6,8 % розчин NaCl, лакмусовий папір, фільтрувальний папір, сито, вологомір ВНИИХП-ВЧ, рН-метр.

Загальні відомості . Здатність пшеничного борошна давати хліб кращої якості, ніж з борошна інших культур (жита, вівса, кукурудзи), пояснюється наявністю в пшениці так званої клейковини.

Клейковина являє собою білкову масу, що складається із запасних білків: проламіну (у пшениці вони називаються гліадином) і глютеліну (у пшениці – це глютенін). Клейковина відіграє першочергову роль у хлібопекарській і макаронній промисловості. Раніше вважали, що кращі хлібопекарські якості пшениці проявляються, якщо співвідношення між гліадином і глютеніном близьке до одиниці. Проте останнім часом встановлено, що чим більший вміст глютеніну, тим повноцінніший хліб, бо глютенін має більший вміст незамінних амінокислот. Білкова маса може поглинати воду – бубнявіти (гідратувати) і збільшуватись в об'ємі, перетворюватись в еластичне утворення, здатне розтягуватись і пружинити, як гума. Наявність клейковини надає пшеничному тісту властивої пружності, здатності зберігати свою форму, підійматись під час бродіння.

Утворення клейковини при замісі пшеничного тіста можна пояснити таким чином. У зерні і борошні клейковина міститься у вигляді найменших часточок сухого білка. При додаванні води в борошно ці часточки починають жадібно її поглинати, бубнявіють і збільшуються в об'ємі. Окремі такі часточки клейковинних білків злипаються одна з одною й утворюють пружну сітку, яка об'єднує в загальну масу всі речовини борошна, формуючи тісто. Замішане з дріжджами пшеничне тісто швидко починає збільшуватись в об'ємі – підіймається, оскільки діоксид вуглецю, що виділяється дріжджами, розтягує клейковину.

Поступово суцільний шматок тіста до кінця бродіння перетворюється на пінисту структуру. Тісто складається із численних пухирців, стінки яких утворені клейковиною та іншими речовинами борошна. Клейковина є пружний скелет тіста, що підтримує цю пінисту будову. Відмита зі шматочка тіста клейковина називається сирою. Сира клейковина являє собою пружну гумоподібну масу, нерозчинну у воді, але здатну поглинати багато води при бубнявінні. Вона складається приблизно із 70 % води, яка є органічною складовою набубнявілих (гідратованих) драглів. При перерахунку на суху речовину клейковина складається на 82–85 % із білків, крім того, в ній містяться крохмаль (6–16 %), жир (2–2,8 %), небілкові азотисті речовини (3–5 %), цукор (1–2 %), мінеральні речовини (0,9–2 %). Усі вони входять до драглів клейковини і навіть під час найстараннішого її відмивання залишаються в білковій основі.

Вміст сирої клейковини в зерні пшениці коливається в межах від 14 до 50 %. Пшеницями з високим вмістом клейковини вважають такі, у зерні яких міститься понад 28 % сирої клейковини. Несприятлива дія на пшеницю протягом її дозрівання, збирання, доробки і зберігання може значно зменшувати вміст у ній клейковини. Іноді клейковина зовсім не відмивається, що свідчить про повну втрату пшеницею її цінних хлібопекарських властивостей. Від кількості клейковини та її якості в основному залежать реологічні властивості тіста. Якість клейковини визначається сукупністю таких її фізичних властивостей, як пружність, еластичність, в'язкість, зв'язаність, а також здатністю зберігати ці властивості в процесі виготовлення хліба. За цими властивостями клейковина поділяється на сильну, яка має помірну пружність, зв'язаність і достатню розтяжність; слабку – досить розтягну й недостатньо пружну; міцну короткорвучу – досить пружну і малорозтяжну; крихку – недостатньо зв'язну.

Визначення якості зерна пшениці методом седиментації

Метод седиментації (набухання), запропонований американським ученим Зелені, використовується для визначення якості зерна пшениці. Цей метод полягає у визначенні ступеня набухання борошна в слабому розчині молочної або оцтової кислоти. Гідрофільні колоїди, в основному білкові речовини клейковини, починають набухати, збільшуючись в об'ємі. На одержаний результат значно впливає спосіб подрібнення зерна.

Об'єм осаду колоїдних часток борошна залежить як від кількості клейковинних білків пшениці, так і від їх якості. Про це свідчить високий коефіцієнт кореляції показника седиментації з вмістом білка в зерні ($+0,854 \pm 0,066$). Спостерігається також досить міцний зв'язок між цим показником та оцінкою борошна за допомогою фаринографа ($+0,706 \pm 0,046$) й альвеографа ($+0,643 \pm 0,053$), а також між показником седиментації і об'ємом хліба ($+0,536 \pm 0,060$).

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Підготовка зерна до розмелювання. Перед розмелюванням зерно ретельно очищають від домішок. Визначають його вологість і склоподібність та з урахуванням цих ознак вибирають відповідний режим відволожування

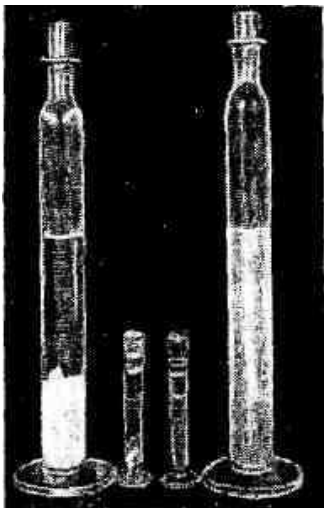
Режим відволожування зерна

Загальна склоподібність, %	Перше відволожування		Друге відволожування	
	до вологості, %	тривалість, год	до вологості, %	тривалість, год
Понад 80	14,5	5,5	15,0	0,5
60–80	14,5	4,5	15,0	0,5
40–59	14,0	4,0	14,5	0,5
Менше 40	13,5	3,5	14,0	0,5

Допускається одноразове зволоження зерна за 30 хв до розмелювання. Верхня межа вологості для зерна зі склоподібністю понад 60 % становить 15 %, а для зерна з меншою склоподібністю – 14 %. Якщо визначають показник седиментації свіжозібраного зерна, вологість якого коливається в межах 13–14 %, то допускається розмелювання зерна без зволоження.

Розмелювання. Зерно засипають у прийомний бункер, вмикають млин і відкривають заслінку перед валком постачання зерна. Зерно з бункера подають рівномірно. Між другим і третім валком зазор повинен становити 0,03 мм, між третім і четвертим – 0,02 мм.

Аналіз. У градуйований циліндр вливають 75 мл робочого розчину оцтової кислоти, всипають крізь лійку 3,2 г борошна, закривають пробкою та енергійно струшують у горизонтальному напрямку 15 разів протягом 5 с для одержання однорідної суспензії, потім роблять 18 повільних коливань протягом 25 с. При цьому циліндр тримають у горизонтальному положенні, поперемінно піднімаючи один із кінців. Після 5 хв відстоювання записують висоту осаду в міліметрах – показник седиментації (рис. 1). За результатами показника седиментації (набухання борошна) можна орієнтовно визначити клас пшениці



Розподіл пшениці на класи

Клас	Величина осаду, мм
1 – дуже сильна	Понад 60
2 – сильна	40–60
3 – середня	20–39
4 – слабка	Менше 20

Рис. 1. Визначення показника седиментації (макро- і мікротваріанти)

1. Визначити показник седиментації борошна різноякісних гатунків.

2. Дослідити вплив рН середовища на вихід сирої клейковини та гідратаційну здатність клейковинних білків пшеничного борошна

Підготувати 5 наважок пшеничного борошна масою по 25 г. З кожного зразка борошна замісити тісто наступним чином.

До першої наважки борошна прилити 13,5 мл води, до другої – 13,5 мл розчину лимонної кислоти з рН 5,5 (рН води регулювати шляхом додавання по краплям 1% розчину лимонної кислоти або 0,1 н. розчину їдкого натру фіксуючи значення рН за допомогою рН-метра), до третьої – 13,5 мл розчину лимонної кислоти з рН 3,5, до четвертої – 13,5 мл розчину їдкого натру з рН 7,5, до п'ятої – 13,5 мл розчину їдкого натру з рН 9.

Залишити отримані зразки тіста для набрякання білків на 20 хв. Після 20 хв. відлежування тіста провести відмивання крохмалю та водорозчинних білків під цівкою води над густим ситом, щоб не втрачати часток клейковини. Відмивання проводити протягом 20–30 хв. Відмиту клейковину звільнити від зайвої вологи.

Вихід сирої клейковини визначити за формулою 1:

$$X = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

де: X – вихід сирої клейковини, %

m_1 – маса сирої клейковини, г

m_2 – наважка борошна, г (M=25г).

Для визначення гідратаційної здатності клейковини у два попередньо просушені й зважених паперових пакети помістити наважку клейковини масою 4-5 г, з точністю до 0,1г та розподілити між плитами приладу ВНИИХП-ВЧ, нагрітого до 160°C.

Витримати при цій температурі протягом 10 хв. Потім остудити в ексикаторі протягом 2 хв. Після цього пакети із клейковиною зважити. Провести розрахунок за формулою 2:

$$\Gamma\text{З}=100 \times \frac{m_2 - m_1}{m_1}, \% \quad (2)$$

де: $\Gamma\text{З}$ – гідратаційна здатність клейковини, %

m_1 – маса наважки клейковини після висушування, г

m_2 - маса наважка клейковини до висушування, г.

Отримані дані оформити у вигляді таблиці.

Вплив рН середовища на вихід сирової клейковини пшеничного борошна та її гідратаційну здатність

№ з/п	рН середовища	Вміст сирової клейковини, %	Гідратаційна здатність клейковини, %
1			

Зробити висновок про гідратаційні властивості білків борошна за різного значення рН середовища _____

3. Зробити висновок по роботі про вплив технологічних чинників на гідратаційну здатність рослинних білків

Питання для самоконтролю

1. Якими білками представлені білки пшениці?
2. З яких білків складається клейковина пшеничного борошна?

3. Якими білками представлені білки вівса та жита?
4. Яким чином можна виділити гліадин пшеничного борошна?
5. Яким чином рН середовища впливає на гідратаційну здатність клейковини?
6. Які білки містяться в зерні рису та гречки?
7. Білки якої культури є найбільш повноцінними за хімічним складом?
8. Які білки містяться у складі бобових культур?
9. Яким чином гідромодуль впливає на екстрактивність білкових речовин?
10. Як класифікуються білки за здатністю до розчинення у різних розчинниках?
11. Яка мета визначення показника седиментації борошна пшениці ?
12. Від чого залежить показник седиментації ?
13. Від чого залежить режим відволоження зерна ?
14. Як впливають показники седиментації борошна на клас пшениці ?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

ВИВЧЕННЯ СПЕЦИФІЧНОСТІ ДІЇ ФЕРМЕНТІВ У ЗЕРНІ

Мета: Вивчення класифікації та властивостей ферментів. Опанування методів визначення активності ферментів у зерні.

Об'єкт вивчення: дегідрогеназна активність в пророщеному зерні

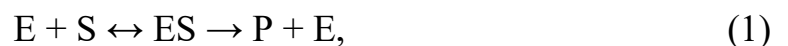
Предмет вивчення: сахараза, дегідрогеназа, пероксидаза, альфа-амілаза

Обладнання та реактиви: 1% розчин сахарози, реактив Фелінга, 3% розчин пероксиду водню, 2% гідрокарбонату натрію, 1% розчин крохмалю, розчин йоду, розчин метиленового синього (50 мг/л), дистильована вода. Електроплитка, водяна лазня або термостат; термометр, конічна колба на

100-200 мл, порцелянова чаша, пробірки з резиновими пробками (4 шт.); олівець по склу, розчин 1%-вий гідрохінону, 3%-вий перекис водню.

Загальні відомості. Ферменти є біологічними каталізаторами білкової природи. Ферменти здатні значно (в десятки тисяч разів) підвищувати швидкість різних реакцій, в тому числі і біохімічних, які безперервно протікають в живих організмах, що спостерігаються в ході технологічних процесів переробки сировини. Ферменти мають специфічність дії, тобто діють на певний субстрат, тип зв'язку. Ферменти характеризуються також високою лабільністю, тобто, схильні до впливу зовнішніх чинників, таких як **температура, концентрація субстрату, рН середовища**, присутність **активаторів** або **інгібіторів**. Багато в чому лабільність ферментів пов'язана з їх білковою природою, складною просторовою конфігурацією. Ферменти підвищують швидкість реакцій за рахунок значного зниження енергетичного рівня проведення реакції. Ферментативна реакція проходить в дві стадії. На першій стадії відбувається утворення фермент-субстратного комплексу, утворення якого відповідає значно низька енергія активації. На другій стадії комплекс розпадається на продукти реакції і вільний фермент, який може взаємодіяти з новою молекулою субстрату.

Це виражається рівнянням 1:



де: E- фермент,

S- субстрат,

ES- фермент-субстратний комплекс,

P продукти реакції.

Ферменти, як уже зазначалося, мають білкову природу і володіють третинною і четвертинною структурою. Багато ферментів є двокомпонентними, тобто мають білкову частину у вигляді **апоферменту** і

небілкову складову у вигляді **коферменту**. Ферменти мають деякі специфічні властивості, найбільш

важливі з них:

◆ Висока каталітична активність (підвищують швидкість реакцій в мільйони разів);

Як кофермент можуть виступати вітаміни, ароматичні та аліфатичні вуглеводні, гетероциклічні сполуки, нуклеотиди і нуклеозиди.

◆ Специфічність дії (фермент каталізує перетворення одного субстрату, рідше групи споріднених субстратів);

◆ Лабільність (зміна активності під дією різних факторів: рН, температури, присутність активаторів та інгібіторів, що пов'язано з білковою природою і складною просторовою конфігурацією ферменту).

Специфічність дії. Розрізняють субстратну специфічність і специфічність дії.

Абсолютна специфічність – фермент діє тільки на один субстрат, *наприклад, сахараза діє тільки на сахарозу, аргінази тільки на аргінін і т.п.*

Відносна специфічність – фермент діє на групу субстратів, у яких однаковий тип зв'язку, *наприклад, альфа-амілаза діє на крохмаль і глікоген, у яких глікозидної тип зв'язку; пепсин, трипсин і хімотрипсин діють на багато білків, у яких пептидний тип зв'язку.*

Сtereохімічна специфічність – це здатність ферменту діяти лише один раз на один з можливих стереоізомерів субстрату, *наприклад, фумаратгідратаза діє на фумарат, і не діє на її цис-ізомер малеїнову кислоту.* Субстратна специфічність обумовлена субстратною ділянками в АЦ, а в двокомпонентних ферментах апоферментом.

Специфічність дії це здатність ферменту прискорювати тільки певну реакцію. Ферменти можуть діяти на один і той же субстрат, але кожен прискорює тільки одну певну реакцію з ним.

Вплив температури. Температура, при якій спостерігається максимальна активність ферментів, називається **оптимальною**. Для

більшості ферментів оптимальною температурою є температура від +35 0С ... +45 0С. Якщо фермент помістити в умови, нижче оптимальної температури, відбудуватиметься зниження його активності, такий стан називається **оборотною інактивацією ферменту**, якщо знову підняти температуру до оптимальної, активність ферменту відновиться. Якщо помістити фермент в умови, де температура буде вище оптимальної, то також буде відбуватися зниження його активності, але в даному випадку необоротна інактивація. Це пояснюється тим, що висока температура викликає денатурацію молекули ферменту.

Вплив рН середовища. рН середовище впливає на заряд молекули ферменту, а значить на роботу АЦ. Оптимальна рН для кожного ферменту своя, але для більшості ферментів від 4 до 7.

Наприклад, для альфа-амілази слини орт. рН дорівнює 6,8. Є винятки, наприклад, для пепсину орт. рН дорівнює 1,5-2,0; для трипсину і хімотрипсину орт. рН дорівнює 8-9.

Вплив концентрації ферменту і субстрату. Чим більше ферменту, тим швидкість реакції вище. Те ж саме можна сказати про вплив концентрації субстрату. Але теоретично для кожного ферменту є перенасичена концентрація субстрату, при якій всі АЦ ферменту будуть зайняті субстратом і реакція буде на певному рівні (максимальному), скільки б субстрату ми не додавали.

Вплив речовин-регуляторів. Регулятори можна розділити на активатори та інгібітори. Як ті, так і інші діляться на *специфічні* і *неспецифічні*.

До специфічних активаторам відносяться:

- солі жовчних кислот (для ліпази підшлункової залози);
- соляна кислота (для пепсину);
- іони хлору (для альфа-амілази).

До неспецифічних активаторам відносяться іони магнію, які активують фосфатази і кінази.

До *специфічних інгібіторів* відносяться кінцеві пептиди в проферменту.

Наприклад, трипсин виробляється в неактивному вигляді – у вигляді трипсиногена. У ньому АЦ закритий кінцевий гексапептид, що виконує роль специфічного інгібітора для трипсину. При активації відбувається відщеплення цього гексапептида і АЦ трипсину стає відкритим, фермент активний.

До **неспецифічних інгібіторів** відносяться солі важких металів, наприклад, сульфат міді. Вони викликають денатурацію ферментів.

Конкурентне інгібування – це явище, коли спостерігається структурна подібність між субстратом та інгібітором, вони конкурують за зв'язок з АЦ ферменту. Якщо інгібітора більше, ніж субстрату, то утворюється комплекс фермент-інгібітор. Якщо додати субстрат, то він витіснить інгібітор. *Наприклад, для суццинатдегідрогенази суццинат - це субстрат, а малонат або оксалоацетат - конкурентні інгібітори.*

До цього типу інгібування відноситься також інгібування продуктами реакції. Часто продукти реакції схожі на субстрати. *Наприклад, для глюкозо-6-фосфатази субстратом є глюкозо-6-фосфат, а продуктом глюкоза.*

Неконкурентне інгібування – це явище, коли між субстратом та інгібітором немає структурного подібності. Субстраті інгібітор можуть одночасно зв'язатися з ферментом. При цьому утворюється комплекс фермент-субстрат-інгібітор. Інгібітор зв'язується з каталітичною ділянкою АЦ і блокує його. *Наприклад, для ферменту цитохромоксидази субстратом є кисень, а інгібіторами солі синильної кислоти.*

Алостерична регуляція активності ферментів. У деяких ферментів, що мають четвиртинну структуру, крім АЦ є алостеричний центр. Якщо з ним зв'язується алостеричний активатор, то активність ферменту збільшується. Якщо з алостеричним центром зв'язується алостеричний інгібітор, активність ферменту знижується.

За типом реакцій, що каталізуються ферменти підрозділяються на 6 класів згідно ієрархічної класифікації ферментів

(КФ, ЕС – Enzyme Commission code). Класифікація була запропонована Міжнародним союзом біохімії і молекулярної біології (International Union of Biochemistry and Molecular Biology). Кожен клас містить підкласи, так що фермент описується сукупністю чотирьох чисел, розділених крапками. Наприклад, пепсин має назву ЕС 3.4.23.1. Перше число описує механізм реакції, що каталізується ферментом.

ЕС 1: оксидоредуктази, що каталізують окислення або відновлення.
Приклад: каталаза, алкогольдегідрогеназа

ЕС 2: трансферази, що каталізують перенесення хімічних груп з однієї молекули субстрату на іншу. Серед транс-

ЕС 3: Гідролази, що каталізують гідроліз хімічних зв'язків. Приклад: естерази, пепсин, трипсин, амілаза, ліпопротеїнліпазу

ЕС 4: Ліази, що каталізують розрив хімічних зв'язків без гідролізу з утворенням подвійного зв'язку в одному з продуктів.

ЕС 5: Ізомерази, що каталізують структурні або геометричні зміни в молекулі субстрату.

ЕС 6: Лігази, що каталізують утворення хімічних зв'язків між субстратами за рахунок гідролізу АТФ. Приклад: ДНК-полімераза

Будучи каталізаторами, ферменти прискорюють як пряму, так і зворотну реакцію, тому, наприклад, ліази здатні каталізувати і зворотну реакцію - приєднання по подвійних зв'язках.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Визначити дегідрогеназну активність в пророщеному насінні гороху та сої від швидкості відновлення метиленової сині залежно від температури.

Очистити від оболонок 10–12 пророщених насінин гороху та сої і розділити їх на сім'ядолі. Половину матеріалу помістити в колбу з водою і

кип'ятити протягом 5 хв. для руйнування ферментів. Пронумерувати 4 пробірки, в 1 і 3 покласти прокип'ячені, а в 2 і 4 нормальне насіння. Потім всі пробірки залити розчином метиленовим синім. Через 5–10 хв., коли сім'ядолі інтенсивно забарвляться, злити розчин фарби. Ретельно промити матеріал водою, після чого заповнити пробірки до країв дистильованою водою і закрити пробками. Поставити 1 і 2-у пробірки в термостат або на водяну баню при 30 °С, а 3 і 4-ту залишити в кімнатних умовах.

Відзначити час знебарвлення сім'ядоль в пробірках, після чого витрусити насіння в чашки (без води) і спостерігати відновлення забарвлення. Результати оформити у вигляді таблиці.

Вплив температури на активність дегідрогеназ

Об'єкт дослідження	Варіанти дослідження (температура інкубації)	Інтенсивність забарвлення сем'ядолей
Горох	18	
	40	
Соя	18	
	40	

2. Дослідити специфічність дії ферментів.

Швидкість ферментативних реакцій, як і більшості будь-яких хімічних процесів, збільшується при нагріванні. Однак, на відміну від неферментативних реакцій, це збільшення швидкості у разі ферментів спостерігається в порівняно вузькому температурному інтервалі. Після досягнення певної температури, характерної для кожного ферменту, швидкість реакції досягає максимального значення, після чого з підвищенням температури падає. Температура, відповідна максимальній швидкості, називається оптимальної (t_{opt}). Для більшості ферментів, такою оптимальною температурою є 37...40°C. Зменшення швидкості ферментативної реакції при температурах, вищих, ніж оптимальна,

пояснюється *термолабільністю* ферментів, тобто чутливістю до дії високої температури. Як правило, ферментативні процеси не можуть протікати за температури вище 70 ° С. Ступінь інактивації ферменту залежить, не тільки від температури, але і від тривалості теплового впливу. Зменшення швидкості ферментативної реакції при підвищенні температури пояснюється неспецифічною тепловою денатурацією білкової молекули ферменту і втратою внаслідок цього каталітичної активності. При більш низьких температурах швидкість ферментативного каталізу сповільнюється, падаючи при 0 ° С до дуже малої величини.

У чотири пронумеровані пробірки налити по 2 мл 0,5%-ного розчину крохмалю. Пробірку № 1 помістити в киплячу баню; пробірку № 2 – в баню за температури 40 ° С; пробірку № 3 залишити на робочому столі (при кімнатній температурі); пробірку № 4 помістити в морозильну камеру. Протягом 10 хв. Вміст пробірок приймає температуру навколишнього середовища. Далі у всі пробірки додати по 0,5 мл розчину ферменту альфа амілази (розведеною в 10 разів), перемішати і залишити у тих же умовах. Спостереження за ходом гідролізу здійснюється за допомогою йодної реакції. Для цього нанести на порцелянову платівку декілька крапель розчину йоду в йодистому калії і змішати їх з краплями гідролізованої суміші, з кожної пробірки, відібрати проби через 1, 2, 4, 6, 8 хв.

За зміною забарвлення крохмалю з йодом судять про ступінь гідролізу.

Отримані дані оформити у вигляді таблиці.

Результати дослідження специфічності ферментів

№ зразку	Об'єм ферменту α-амілази (1:10), мл	Температура, °С	Кількість 0,5 %-го розчину крохмалю, мл	Тривалість досліду, хв.	Реакція з йодом
1	0,5	100	2		
2	0,5	40	2		
3	0,5	18	2		
4	0,5	0	2		

3. Визначити протеолітичну активність пшеничного борошна

Протеолітичні ферменти є другим компонентом білково-протеїназного комплексу; в здоровому зерні пшениці вони мають порівняно невисоку активність. Однак у дефектному зерні й борошні з нього вона різко зростає. Протеази, які впливають на клейковину, знижують її пружність, збільшують розтяжність. Протеоліз не завжди супроводжується утворенням вільних амінокислот, тобто руйнуванням первинної структури білка. У початковій стадії протеоліз впливає на третинну і четвертинну структури білкової молекули, що викликає її дезагрегацію з утворенням поліпептидів.

При дослідженні протеолітичної дії ферментів замісти три зразка тіста, для якого необхідно взяти наважку пшеничного борошна згідно табл. 4, щоб забезпечити вихід сирі клейковини не менш 4 г. Пшеничне борошно помістити у порцелянову ступку або чашку і залити водопровідною водою з температурою 18 ± 2^0 . Кількість води для замісу тіста залежно від маси наважки наведено в таблиці.

Кількість води на заміс тіста для визначення кількості сирі клейковини

Маса наважки, г	Кількість води, см ³
25	14,0
30	17,0
35	20,0
40	22,0

Після цього шпателем замісити тісто до однорідної маси, тісто добре проминаючи руками. Кульки тіста покласти у ступку або чашку, закрити кришкою і залишити для відлежування:

- перший зразок на 20 хв.;
- другий зразок на 60 хв. (1 год);
- третій зразок на 120 хв (2 год).

Після закінчення терміну відлежування почати відмивання клейковини під слабким струменем води над густим шовковим або капроновим ситом. Спочатку відмивання необхідно вести обережно, щоб разом із крохмалем та оболонками не відривалися шматочки клейковини, а коли більша частина крохмалю й оболонок буде відмита – інтенсивніше. Шматочки клейковини, що відірвалися, зібрати з сита і приєднати до загальної маси клейковини.

При відсутності водопроводу допускається відмивання клейковини в будь-якої ємкості. В ємкість налити не менш 2 л води, опустити тісто в воду та відмити крохмаль і частки оболонок зерна, розминаючи тісто руками. Коли у воді накопичується крохмаль і частки оболонок, воду змінити, пропускаючи крізь густе шовкове або капронове сито.

Відмивання клейковини необхідно продовжувати, поки оболонки не будуть повністю відмиті, і вода при віджиманні клейковини буде прозорою (без каламуті).

Відмиту клейковину віджати між долонями, витираючи час від часу сухим рушником. При цьому клейковину кілька разів вивернути і знову віджати між долонями, поки вона не почне злегка прилипати до рук. Віджату клейковину зважити, потім ще аз промити 2...3 хв., знову віджати і зважити. Кількість сирової клейковини виражається у відсотках до наважки пшеничного борошна за формулою 2:

$$K = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (2)$$

де: K – вміст сирової клейковини, %;

m_1 – маса відмитої клейковини, г;

m_2 – маса наважки борошна, г.

4. Визначити якісні показники клейковини. Якість клейковини пшеничного борошна визначається за пружними властивостями на приладі ВДК-1 та розтяжністю над лінійкою.

Для визначення пружних властивостей з остаточно відмитої та зваженої клейковини виділити наважку 4 г, обминати її 3–4 рази пальцями, сформувати у кульку і помістити на 15 хв. В чашку або ступку з водою з температурою (18 ± 2 °C), після чого в центр столика приладу помістити наважку клейковини (перебивання клейковини перед визначенням не припустима) і піддати впливу деформуючого навантаження (пуансона), що опускається вільно. Після закінчення 30 сек. переміщення вантажу автоматично припиняється.

Отримані дані оформити у вигляді таблиці.

Аналіз кількісних та якісних показників клейковини пшеничного борошна

№ зразка	Термін відлежування, хв	Кількість клейковини, %	Якісні показники	
			Пружність за приладом ИДК-1, ум.од	Розтяжність, над лінійкою
	20			
	60			
	120			

Зробити висновок по роботі _____

Питання для самоконтролю

1. Наведіть класифікацію ферментів.
2. Розкрийте поняття «специфічність дії ферментів».
3. Які фактори впливають на активність дії ферментів.
4. Розкрийте поняття «проферменти» та дайте характеристику.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА
ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРОХМАЛЮ
ЗЕРНА

Мета: дослідити вплив технологічних чинників на зовнішній вигляд крохмальних зерен та властивості крохмального клейстеру.

Об'єкт вивчення: процес клейстеризації крохмалю,

Предмет вивчення: температура початку клейстеризації, в'язкість клейстеру, вид крохмальних зерен під мікроскопом, різні види крохмалю, крохмальний клейстер.

Обладнання та реактиви: зерно пшениці, рису, кукурудзи, ваги, хімічні стакани об'ємом 150 – 200см³, термометр, скляні палички, мікроскоп, предметне та покривне скло, розчин йоду, 10% розчин сірчаної кислоти, мірний циліндр, колби на 50 мол, годинник, м'ясорубка, тертка, марлевий відріз, препарат термостабільної альфа-амілази, термостат, водяна лазня, капілярний віскозиметр, холодильна камера.

Загальні відомості. Крохмаль широко розповсюджений у рослинах і є резервним джерелом енергії. В основному він міститься в насінинах у вигляді зерен. Залежно від рослини, зерна крохмалю відрізняються за формою й розміром (у середньому розмір крохмального зерна складає 0,002–0,15 мм).. У зернових культурах вміст крохмалю досягає 70 % (у зернах рису до 80 %). Основною сировиною для одержання крохмалю як товарної форми є картопля й кукурудза. Крохмаль засвоюється організмом людини повільніше, ніж прості вуглеводи. Це відбувається за рахунок того, що фракції, які утворюють крохмальне зерно, у шлунково-кишковому тракті людини під впливом ферментів гідролізується через ряд проміжних продуктів (декстрини) до мальтози. Вуглеводи, у т.ч. і крохмаль, використовуються організмом людини переважно як джерело енергії для м'язової роботи. Чим

інтенсивніше фізичне навантаження, тим більше вуглеводів необхідно людині. Крохмаль не є індивідуальною речовиною, а являє собою суміш двох полімерних сполук $(C_6H_{10}O_5)_n$ – амілози (10–20 %) і амілопектину (80–90 %), що складаються із залишків α -D-глюкози. Отже, амілоза й амілопектин відносяться до гомополісахаридів. Для амілози число мономерних ланок (n) дорівнює 200–1000, а для амілопектину – 6000–40000. Молярна маса амілопектину може сягати 10^6 – 10^9 г/моль. Амілоза має лінійну будову, а амілопектин – розгалужену (рис. 1-2)..

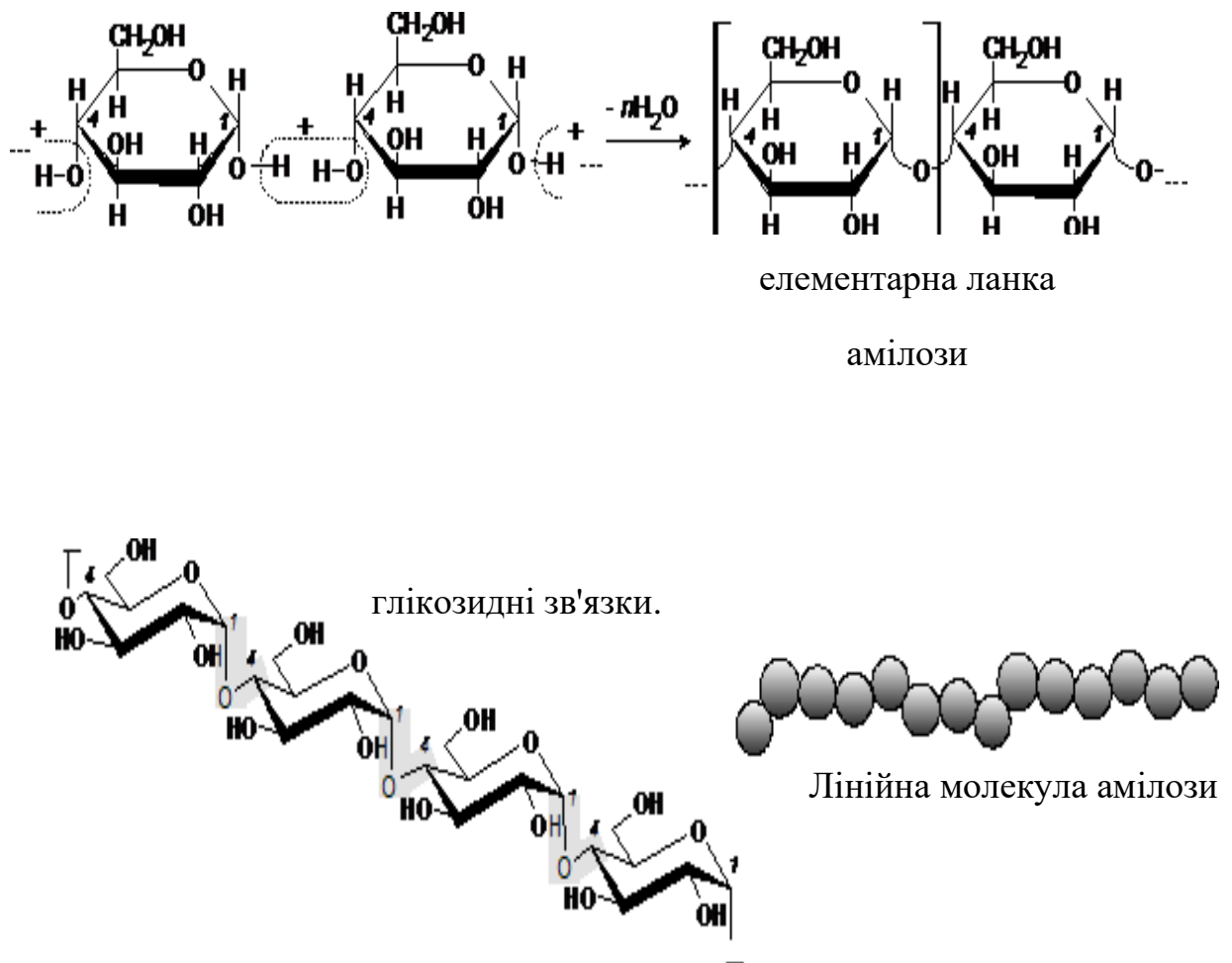


Рис.1. Будова молекули амілози

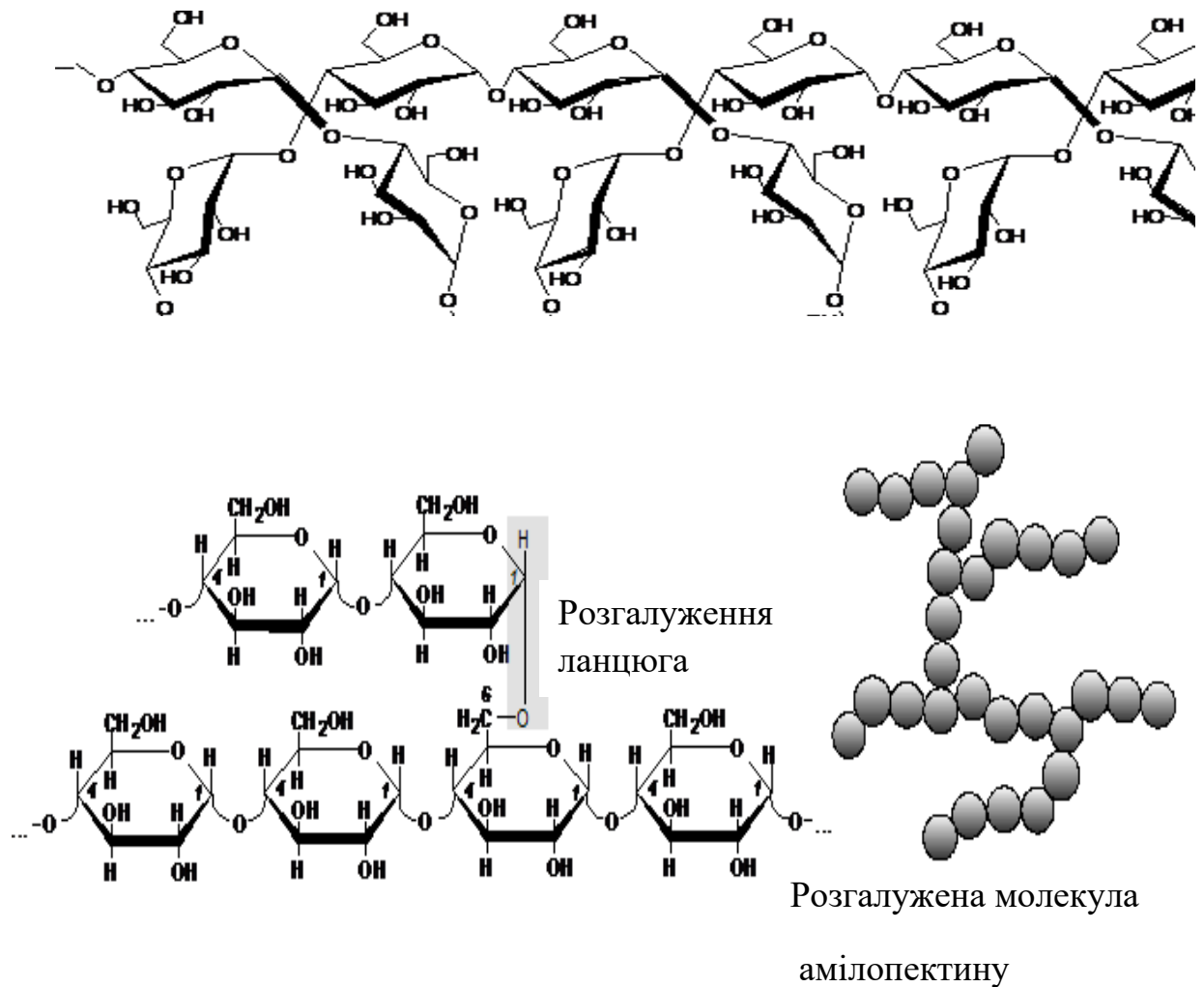


Рис.2 Будова макромолекули амілопектину

Особливості просторової будови амілози пов'язані з конфігурацією глікозидного зв'язку. При утворенні молекули амілози залишки глюкози зв'язуються між собою аксіальними α -(1-4)-глікозидними зв'язками

Полімерний ланцюг амілопектину також утворений α -(1-4)-глікозидними зв'язками. Розгалуження ланцюга в молекулі амілопектину відбувається за рахунок α -(1-6)-глікозидних зв'язків і спостерігається через 20 – 25 залишків D-Глюкози. У результаті молекула амілози утворює спіраль, на кожний виток якої доводиться 6 залишків глюкози:

Макромолекула амілопектину куляста. Є дані про незначну присутність (до 1 %) у структурі амілопектину також глікозидних зв'язків α -(1-3).

У цілому, крохмаль – це біла тверда речовина без запаху й смаку, малорозчинна в холодній воді та набухає в гарячій воді з утворенням **клейстеру**. Розчинність у воді компонентів крохмалю неоднакова. Амілоза добре розчиняється в теплій воді, а амілопектин – погано. Амілопектин утворює колоїдні розчини.

Клейстеризація – це руйнування нативної структури крохмального зерна, що супроводжується його набряканням.

Температура, при якій анізотропність більшості зерен зруйнована, називається температурою клейстеризації.

Температура клейстеризації різних видів крохмалю неоднакова. Так, клейстеризація пшеничного крохмалю настає за 60...80°C, кукурудзяного за 60...71°C, рисового за 70...80°C.

Процес клейстеризації крохмальних зерен йде поетапно:

I етап: при температурі 55...70°C зерна крохмалю збільшуються в об'ємі в кілька разів, втрачають оптичну анізотропність, але ще зберігають шарувату будову; у центрі крохмального зерна утворюється порожнина ("пухирець"); суміш зерен у воді перетворюється в клейстер – низько концентрований золь амілози, в якому розподілені набряклі зерна;

II етап: при нагріванні вище за 70°C у присутності значної кількості води крохмальні зерна збільшуються в об'ємі в десятки разів, шарувата структура зникає, значно підвищується в'язкість системи; на цій стадії збільшується кількість розчинної амілози; розчин її частково залишається в зерні, а частково дифундує в навколишнє середовище.

III етап: при тривалому нагріванні з надлишком води крохмальні пухирці лопаються й в'язкість клейстеру знижується.

Прикладом цього є розрідження киселю в результаті надмірного нагрівання.

Крохмаль зернових (кукурудза, рис, пшениця й ін.) дає непрозорі, молочно-білі, пастоподібної консистенції.

Консистенція клейстеру залежить від кількості крохмалю: при його вмісті від 2 до 5% клейстер є рідким (*рідкі киселі, соуси, супи-пюре*); при 6–8% – густим (*густі киселі*). Ще більш густий клейстер утворюється всередині клітин у кашах, блюдах з макаронних виробів.

На в'язкість клейстеру впливає не тільки концентрація крохмалю, але й присутність різних харчових речовин (цукрів, мінеральних елементів, кислот, білків та ін.). Так, сахароза підвищує в'язкість системи, сіль знижує, білки чинять стабілізуючу дію на крохмальні клейстери.

При охолодженні крохмалевмісних продуктів кількість розчинної амілози в них знижується в результаті *ретроградації* (випадання в осад). При цьому відбувається старіння крохмальних драглів (синерезис), і вироби черствіють. Швидкість старіння залежить від виду виробів, їхньої вологості й температури зберігання. Чим вище вологість страви, кулінарного виробу, тим інтенсивніше знижується в ньому кількість водорозчинних речовин.

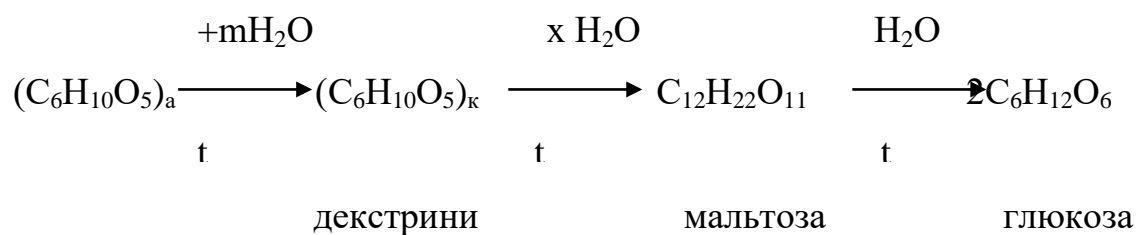
Найбільш швидке старіння протікає в пшоняній каші, повільніше – у манній й гречаній.

Підвищення температури гальмує процес ретроградації, тому блюда із крупів й макаронних виробів, які зберігаються на мармитах за температури 70...80°C, мають гарні органолептичні показники протягом 4 ч.

Декстринізація – це руйнування структури крохмального зерна при сухому нагріванні його понад 120°C з утворенням розчинних у воді декстринів та незначної кількості продуктів глибокого розпаду вуглеводів (вуглекислого газу, окису вуглецю й ін.). Декстрини мають колір від світло до темно-коричневого. Різні види крохмалю мають особливу стійкість до сухого нагрівання. Так, при нагріванні до 180°C руйнується до 14% – пшеничного, до 10% – кукурудзяного. Чим вище температура, тим більша кількість крохмальних полісахаридів перетворюється в декстрини. У результаті декстринізації знижується здатність крохмалю до набрякання в

гарячій воді й клейстеризації. У харчових технологіях декстринізація крохмалю відбувається при пасеруванні борошна для соусів, при обсмажуванні гречаної крупи, підсушуванні рису, вермішелі, локшини перед варінням, у поверхневих шарах картоплі при жарінні, у скоринці виробів з тіста.

Крохмаль піддається **кислотному гідролізу**, що протікає східчасто й безладно. При розщепленні він спочатку перетворюється в полімери з меншим ступенем полімеризації – **декстрини**, потім у дисахарид **мальтозу**, і в підсумку – у **глюкозу**. Таким чином, виходить суміш сахаридів:



Крохмаль також піддається **ферментативному гідролізу**. Він гідролізується ферментом α -амілазою (міститься в слині й виділяється підшлунковою залозою), що розщеплює безсистемно α -(1-4)-глікозидні зв'язки. β -амілаза, яка у великій кількості міститься у солоді, пшеничному борошні із пророслого зерна діє на α (1-4)-глікозидні зв'язки і послідовно відщеплює від полімерного ланцюга молекули дисахариду мальтози.

Глюкоамілаза (міститься в цвілевих грибах), подібно двом іншим амілазам, гідролізує α (1-4)-глікозидні зв'язки, послідовно відщеплюючи залишки D-Глюкози, починаючи від невідновлюючого кінця. Селективне розщеплення α (1-6)- глікозидних зв'язків амілопектину відбувається α -1, 6-глюкозидами, наприклад, *ізоамілазою* або *пулулазою*.

Ферментативний гідроліз крохмалю відбувається при виготовленні дріжджового тіста й випічці виробів з нього.

Характерною якісною реакцією на крохмаль у харчових продуктах є його реакція з йодом (**йодо крохмальна реакція**):



При взаємодії крохмалю з йодом утворюється сполука клатрат) каналного типу. **Клатрат** – це комплексна сполука, у якій частки однієї речовини («молекули-гості») входять у кристалічну структуру «молекул-хазяїв». У ролі «молекул-хазяїв» виступають молекули амілози, а «гостями» є молекули йоду.

Декстрини, що утворюються при термічній обробці крохмалю, кислотному або ферментативному гідролізі, також вступають в реакцію із йодом. Однак колір комплексу сильно залежить від молярної маси полімеру

Характеристика декстринів за розчинністю в етиловому спирті та кольоровими реакціями з йодом

№ з/п	Вид декстринів	Розчинність в етиловому спирті	Фарбування з йодом
1	Амілодекстрини	Розчинні в 25% розчині етилового спирту	Сине або фіолетове
2	Еритродекстрини	Розчинні в 55% розчині етилового спирту	Червоне
3	Охродекстрини	Розчинні в 70% розчині етилового спирту	Жовто-коричневе
4	Мальтодекстрини	Спиртом не осаджуються	Відсутність реакції

Крохмаль використовують як харчовий продукт. Його застосовують для одержання патоки, глюкози й етилового спирту, а також в аналітичній хімії для виявлення йоду.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Дослідити зовнішній вигляд та технологічні властивості крохмалів різних зернових культур.

Приготувати препарати різних видів крохмалів для мікроскопування. Для цього необхідно отримати суспензію різних видів зернових крохмалів

1.1. Наважку зерна (пшениці, жита, рису, кукурудзи) масою 30 г ретельно подрібнити за допомогою лабораторного млина. У хімічні стакани налити по 50 см³ води. Подрібнену наважку зерна помістити у марлевий відріз та відмити крохмаль у стакані з приготованою водою. Кінцем скляної палички, змоченої у воді з досліджуваними зразками, нанести крохмальну суспензію на предметне скло. Зверху препарат накрити покривним склом. Фільтрувальним папером зібрати воду, що виступили із-під скла. Використовуючи окуляр 7 та об'єктив 40, розглянути отримані препарати крохмалів під мікроскопом.

Зарисувати зовнішній вигляд крохмальних зерен під мікроскопом. Кожен препарат забарвити розчином йоду. Відмітити розмір зерен, форму та наявність шаруватості.

1.2. Зерно пшениці масою 25 г ретельно подрібнити за допомогою лабораторного млина та помістити у хімічний стакан на 100 см³. Отримане борошно змішати з гарячою водою при гідромодулі 1: 3. До отриманої суспензії в якості ферментного препарату внести термостабільний препарат альфа-амілази в кількості 0,35% до маси борошна. 0,1 н. соляної кислоти довести рН середовища отриманої суспензії до значення 6,5. Хімічний стакан поставити в термостат з температурою 90...95°C. Через 30, 60, 120 та 180 хвилин гідролізу відібрати зразки гідролізату для визначення кінематичної в'язкості клейстеру за допомогою капілярного віскозиметру. Відносну в'язкість клейстеру розрахувати за формулою 1:

$$\eta = \tau_p / \tau_o, \quad (1)$$

де: η - відносна в'язкість клейстеру

τ_o - час витікання дослідного розчину, с

τ_p - час витікання води, с

Отримані дані занести до таблиці.

Дослідження процесу ферментативного гідролізу крохмалю

№ з/п	Тривалість ферментативного гідролізу, хв	Колір зразка при забарвленні його йодом	Кінематична в'язкість зразка
1	Контроль (без ферментів та нагрівання)		
2	30		
3	60		
4	120		
	180		

2. Дослідити вплив технологічних чинників на процес ретроградації крохмалю.

Зробити по одній наважці м'якушки свіжого хліба та хліба після трьох діб зберігання масою 25 г. З кожної наважки м'якушки хліба відмити крохмаль у ємності, яка містить 100 см³ води.

Кінцем скляної палички, змоченої у воді з досліджуваними зразками, нанести крохмальну суспензію на предметне скло. Зверху препарат накрити покривним склом. Фільтрувальним папером зібрати воду, що випресувалася з-під покривного скла.

Розглянути зовнішній вигляд крохмалю під мікроскопом при збільшенні у 280 разів (окуляр 7, об'єктив 40). Замалювати зовнішній зміни вигляд крохмальних зерен (розмір, форму, шаруватість). Спостереження оформити у вигляді табл.1.

3. Вплив теплового оброблення борошна на в'язкість борошняного клейстеру.

Приготувати дві наважки борошна масою 100 г. Одну наважку прогріти у сушильній шафі в тонкому шарі при температурі 120 °С до слабо-кремового кольору, другу наважку за цієї температури до світло-коричневого кольору. Кожну наважку охолодити за кімнатної температури.

У три конічні колби на 100 см³ помістити по 2,5 г прогрітого та непрогрітого борошна та по 50 мл дистильованої води. Вміст колб ретельно перемішати до однорідної маси. Колби нагріти до кипіння та прокип'ятити протягом 1 хв., періодично помішуючи вміст колб струшуванням.

Після визначеного часу колби охолодити під цівкою холодної води та визначити в'язкість за допомогою капілярного віскозиметру та скористувавшись формулою 1.

4. Зробити висновок по роботі про вплив технологічних чинників на функціонально-технологічні властивості крохмалю

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттю “крохмаль”.
2. З яких структурних одиниць складається крохмаль?
3. Що уявляє собою амілоза?
4. Назвіть стадії клейстеризації крохмалю?
5. Які фактори впливають на кислотний гідроліз крохмалю?
6. Назвіть основні продукти ферментативного гідролізу крохмалю.
7. Що таке декстринізація крохмалю?
8. Чому йод дає синє фарбування з крохмалем?
9. У чому суть кислотного гідролізу крохмалю?
10. Які фактори впливають на в'язкість крохмального клейстеру?__

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ПЕРЕТВОРЕННЯ ЛІПІДІВ ПІД ЧАС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ

Мета: дослідити вплив технологічних факторів на властивості ліпідів зерна та зернопродуктів.

Об'єкт: розчинність, йодне число, кислотне число, ступінь ненасиченості, коефіцієнт переломлення

Предмет: рослинні олії зерна.

Обладнання та реактиви: ваги, скляні палички, скляні стаканчики на 100 см³, скляні стаканчики на 50 см³, водяна лазня, термометр, рефрактометр, колби на 100...150 см³, пробірки, етиловий спирт, хлороформ, ацетон, толуол, аміачний розчин нітрату срібла, бромна вода, 0,2 н. спиртовий розчин йоду, 0,1 н. розчин тіосульфату натрію, соляна кислота, розчин кухонної солі, фенолфталеїн, 0,1 м. розчин гідроксиду калію.

Загальні відомості. Ліпіди – це група сполук рослинного, тваринного або мікробного походження, практично не розчинних у воді й добре розчинних у неполярних органічних розчинниках.

Натуральні рослинні олії, зазвичай, не є хімічно чистими речовинами. Вони являють собою суміш тригліцеридів (жири) і супутніх їм речовин. При цьому на частку тригліцеридів доводиться 95 – 97 %, а інші 5-3% – супутні тригліцеридам речовини, у тому числі 0,05–0,3% води.

Ліпіди широко поширені в природі. У рослинах ліпіди накопичуються головним чином у насінні і плодах – до 50% і більше, у вегетативних частинах рослин – не більше 5%.

Рослинні жири є обов'язковим компонентом їжі, джерелом енергетичного й пластичного матеріалу для організму. Вони поставляють в організм людини ряд необхідних речовин: ненасичені жирні кислоти, фосфоліпіди, жиророзчинні вітаміни (А – ретинол, Е – токоферол, Д –

кальциферол), стерини (холестерин)– сполуки, які визначають біологічну ефективність і харчову цінність продуктів.

Вміст жиру, що рекомендується, у раціоні людини (по калорійності) у середньому становить 30–33%, при цьому, для населення південних зон країни рекомендується 27–28%, а в північних – 38–40%.

Рекомендується вживати 90–100 г жиру на добу.

Функції й біологічна роль ліпідів:

- ◆ структурна: ліпіди складають основу клітинних мембран;
- ◆ регуляторна: ліпіди регулюють проникненість мембран, їх колоїдний стан і пливність, активність ліпідозалежних ферментів, активність мембранних рецепторів;
- ◆ енергозабезпечувальна: ліпіди є одними з головних джерел енергії для поперечно полосатої мускулатури, печінки, нирок і додатковим джерелом енергії для нервової тканини.

Спільним у будові ліпідів є присутність у молекулах полярних (гідрофільних) і неполярних (гідрофобних) груп. Це надає їм спорідненість як до води, так і до неводної фази. Ліпіди – є біфільними речовинами, що дозволяє їм здійснювати свої функції на границі розподілу фаз.

Єдиної класифікації ліпідів, що охоплює все їхнє різноманіття й відповідає науковим вимогам на сьогодні немає

За походженням ліпіди поділяють на *ліпіди тваринного* (жири) *рослинного походження* (олії) .

В хімічному відношенні більшість ліпідів являють собою складні ефіри вищих карбонових кислот і ряду спиртів. Найбільш відомими серед них є жири. Кожна молекула жиру утворена молекулою трьохатомного спирту (*гліцерола*) і з'єднаною з ним ефірними зв'язками молекули вищих карбонових кислот

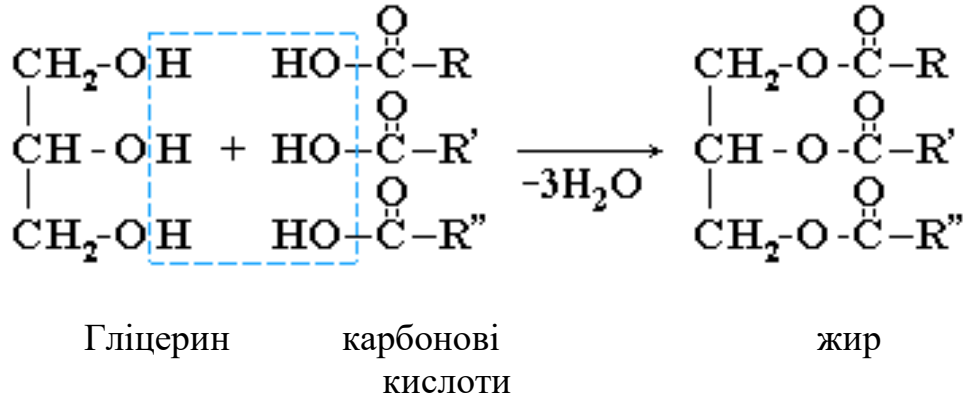
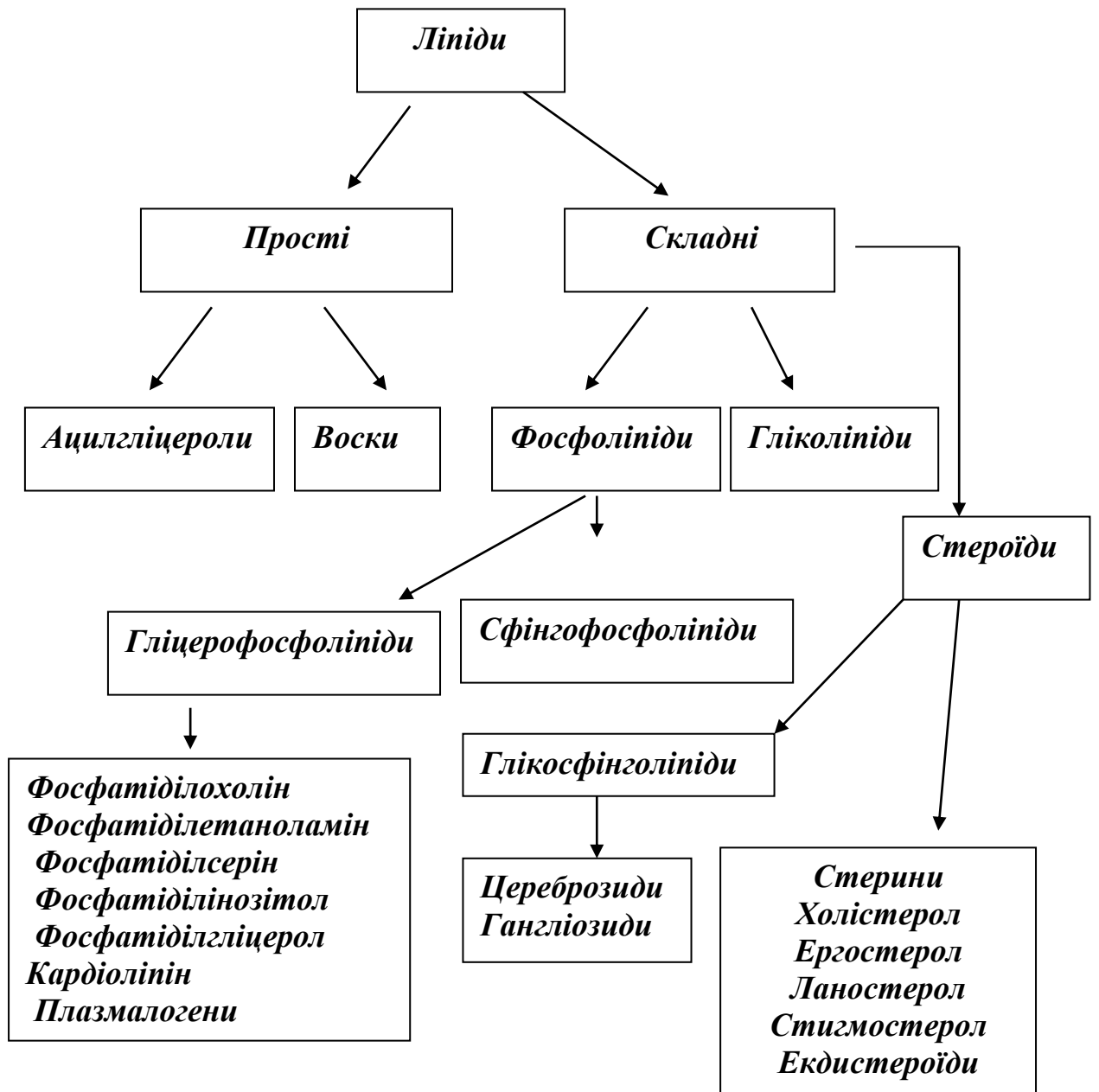


Рис. 1. Механізм утворення жирів



Якщо в гліцерині етерифікована одна гідроксильна група, то утвориться *моноацилгліцерол*, якщо дві – *диацілгліцерол*, три – *триацілгліцерол*. Відповідно до номенклатури жири називають **триацілгліцеридами**.

Якщо всі три кислотних залишки є однаковими, то такі ліпіди називають простими, якщо містять різні залишки, то ліпід називають змішаним.

Жирні кислоти, що входять до складу ліпідів визначають їхні фізико-хімічні властивості.

Найбільше часто жири утворюють *монокарбонові кислоти*, що містять від 12 до 20 атомів вуглецю. Велике число неполярних С-С й С-Н зв'язків у вуглеводородному ланцюгу надає неполярний характер всій молекулі.

Неполярність вищих жирних кислот є причиною поганої розчинності ліпідів у воді, а також надає йому гідрофобних властивостей.

Атоми вуглецю в молекулах вищих карбонових кислот можуть бути з'єднані один з одним як простими, так і подвійними зв'язками. Із насичених вищих карбонових кислот найбільш часто до складу жирів входять пальметинова, стеаринова, арахісова, із ненасичених – олеїнова і лінолева.

Чим більше в складі жирів коротколанцюгових або ненасичених кислот, тим нижче температура плавлення й вище розчинність жирів. Рослинні жири, до складу яких входять ненасичені кислоти, є рідкими – *олії*.

Особливе фізіологічне значення мають поліненасичені жирні кислоти, що містять два й більше подвійних зв'язків: лінолева, ліноленова, арахідонова. Ненасичені жирні кислоти, такі як лінолева й ліноленова не синтезуються в організмі людини й тварин, а арахідонова кислота може утворюватися в організмі з лінолевої у присутності вітаміну В₆ і біотину. Комплекс ненасичених жирних кислот (лінолева й ліноленова) за біологічним значенням дорівнюють до вітаміну F.

На відміну від ненасичених жирних кислот, які поступають до організму людини переважно з оліями, насичені жирні кислоти синтезуються в організмі з оцтової кислоти ферментативним шляхом.

У природі найбільше часто зустрічаються триацилгліцероли. Оскільки в зазначених сполуках не міститься іонних груп, то їх відносять до *нейтральних ліпідів*.

Основна біологічна функція триацилгліцеролів – запасні речовини тварин та рослин.

За сучасними уявленнями збалансованим вважають наступний жирно-кислотний склад триацилгліцеролів: поліненасичені жирні кислоти – 10 %, мононенасичені – 60 %, насичені – 30%. Таке співвідношення забезпечується вмістом у раціоні 1/3 рослинних олій .

Фосфоліпіди. Фосфоліпіди уявляють собою складні ліпіди, складні ефіри багатоатомних спиртів і вищих жирних кислот. Фосфоліпіди містять у своєму складі залишок фосфорної кислоти та з'єднану з ним додаткову групу атомів різної хімічної природи.

Фосфоліпіди мають амфільну будову. До їх складу входять гідрофобні ліпофільні вуглеводородні залишки та гідрофільні групи (полярна головка) (рис. 2).

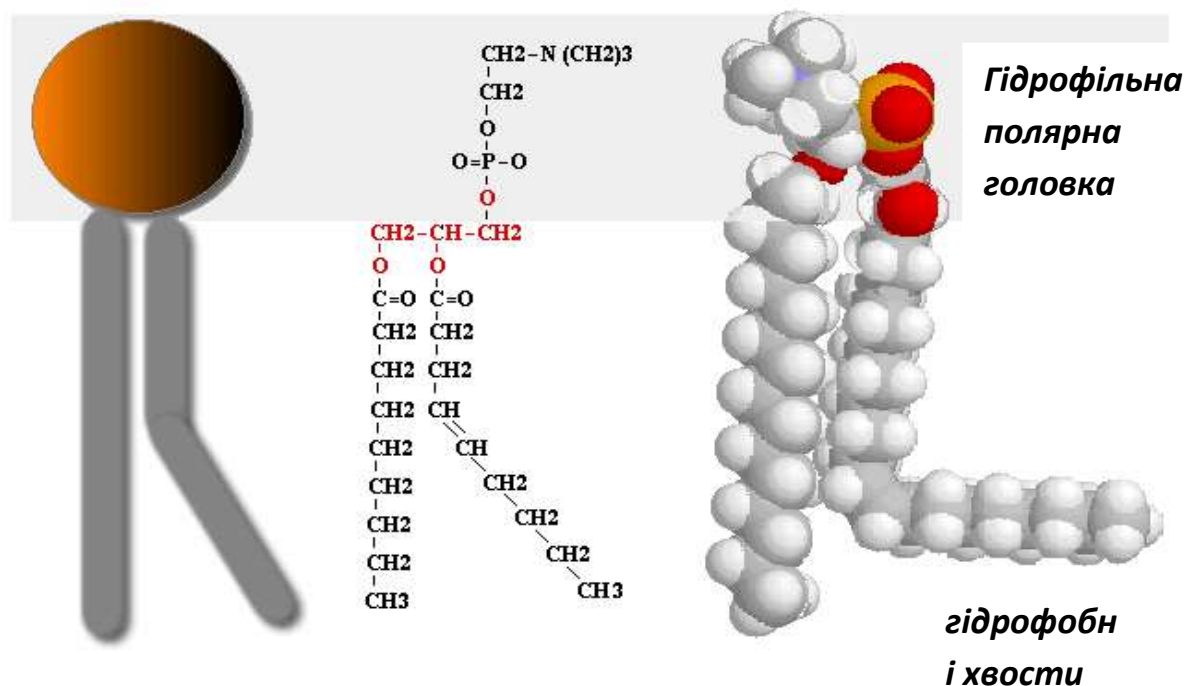


Рис. 2 Будова молекули фосфоліпіду

Фосфоліпіди виконують наступні функції в організмі:

- ◆ беруть участь в утворенні клітинних біомембран;
- ◆ сприяють транспортуванню жиру в організмі;
- ◆ сприяють кращому засвоєнню жирів і перешкоджають ожирінню

печінки;

- ◆ беруть участь у процесі згортання крові;
- ◆ запобігають нагромадження надлишкових кількостей

холестерину на стінках посудин Найбільш важливим з фосфоліпідів є фосфатиділхолін (*лецитин*), він перешкоджає ожирінню печінки й сприяє кращому засвоєнню жирів.

Більше всього фосфоліпідів міститься у курячому яйці (3,4%), відносно багато їх в зерні, бобових (0,3–0,9 %), нерафінованих рослинних оліях (1–2 %). При зберіганні нерафінованої олії фосфоліпіди випадають у осад.

Основні функції фосфоліпідів у харчових продуктах пов'язані з емульгуванням, особливостями якого є здатність утворювати й підтримувати в однорідному стані як прямі, так і зворотні емульсії, стабілізацією різних систем, піногасінням, здатністю запобігати прилипанню виробів до різних матеріалів.

Стероїди. У харчових продуктах представлені різними *стеринами*. У тваринних жирах містяться *зоостерини*, у рослинних – *фітостерини*.

До числа *фітостеринів* відносять β - ситостерол, який перешкоджає усмоктуванню холестерину в кишечнику. У рослинних продуктах також міститься високий відсоток β -ситостерину (найбільше в рослинних оліях), що нормалізує холестериновий обмін. З холестерином він утворює нерозчинні комплекси, які перешкоджають усмоктуванню холестерину в шлунково-кишковому тракті й тим самим знижують вміст холестерину в крові. Ергостерол рослинних олій є провітаміном вітаміну D₂.

Поліморфізм жирів. Поліморфізмом називають здатність речовини при незмінному хімічному складі утворювати різні кристалічні форми, які мають різні фізико-хімічні властивості.

Тригліцериди здатні утворювати три головні й декілька додаткових поліморфних форм. Для позначення поліморфних форм використовують початкові букви грецького алфавіту. Головні поліморфні форми жирів: нестабільна α -, проміжна β_1 - та стабільна β -форма.

Внаслідок поліморфізму жирів відбувається жирове посивіння продуктів – жировий наліт на поверхні виробів з високим вмістом жирів (шоколад, глазур, печиво). Це зумовлено витісненням рідкого жиру на поверхню продукту, де жир мимовільно кристалізується в різних формах. Жирове посивіння продуктів дають деякі види вершкового масла, пальмова олія, какао масло та ін.

Гідроліз триацилгліцеролів. Під впливом лугів, кислот, ферменту ліпази, спеціальних сумішей, триацилгліцероли гідролізуються з утворенням ди-, потім моноацилгліцеролів, і в остаточному підсумку - жирних кислот і гліцерину.

Гідроліз триацилгліцеролів може протікати в наступних умовах:

–присутності кислотних каталізаторів (сульфокислоти, H_2SO_4) процес ведуть за температури 100^0 C и надлишку води;

– у відсутності каталізаторів розщеплення проводять за температури $220-225^0\text{ C}$, під тиском 2-2,5 мПа («без реактивне розщеплення»);

– гідроліз концентрованими водяними розчинами гідроксида натрію (омилення) є основою процесу одержання («варіння») мила.

Гідроліз триацилгліцеролів широко застосовується в промисловості для одержання жирних кислот, гліцерину, моно -і дигліцеролів.

Гідролітичний розпад жирів, ліпідів, жировмісної сировини й харчових продуктів є однією із причин погіршення їхньої якості, й в остаточному підсумку, псування. Особливо прискорюється цей процес із підвищенням вологості продуктів, що зберігаються, температури, активності ферменту ліпази.

Велике практичне значення має група реакції, при яких має місце обмін ацильних груп (ацильна міграція), що приводять до утворення молекул нових ацилгліцеролів (міжмолекулярна й внутрішньо молекулярна переетерифікація). При цьому ацильна міграція відбувається як усередині молекули ацилгліцерола (внутрішньо молекулярна переетерифікація), так і між різними молекулами гліцеролів (міжмолекулярна переетерифікація).

При переетерифікації сполука жирних кислот жиру не змінюється, відбувається їхній статистичний розподіл у суміші триацилгліцеролів, що приводить до зміни фізико-хімічних властивостей жирових сумішей у результаті зміни молекулярного складу. Збільшення числа ацилгліцеролових компонентів у жирі приводить до зниження температури плавлення й твердості жиру, підвищенню його пластичності.

Переетерифікація високоплавких тваринних і рослинних жирів з рідкими рослинними оліями дозволяє одержати харчові пластичні жири з високим змістом лінолевої кислоти.

Гідрування ацилгліцеролів. Гідрування олій і жирів молекулярним воднем у промисловості проводять за температури 180...240⁰ С у присутності нікелевих і мідно-нікелевих каталізаторів при тиску, близькому до атмосферного. Підбираючи відповідні умови реакції можна одержати продукт із задалегідь заданими властивостями – *саломас* (використовується у виробництві маргарину).

Окислювання ацилгліцеролів. Жири й масла, що особливо містять радикали ненасичених жирних кислот, окисляються киснем повітря. Першими продуктами окислювання є різноманітні за будовою *гідропероксиди* (первинний продукт окислювання). Гідропероксиди є нестійкими продуктами й в результаті складних перетворень, утворюють вторинні продукти окислювання: *оксі- і епоксісполуки, спирти, альдегіди, кетони, кислоти і їхні похідні з вуглецевим ланцюжком різної довжини.*

Найбільше легко окисляються жири деяких морських риб, складніше – жири з високим вмістом насичених жирних кислот (сало). При зберіганні

жирної риби або риб'ячого жиру з'являється неприємний прогірклий запах, змінюється колір продуктів, що окислилися, наприклад вершкове масло темніє, сало при тривалому зберіганні жовтіє.

Ферментативне прогіркання починається з гідролізу жиру під дією ферменту ліпази. Ненасичені жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу окисляються за участі ферменту ліпоксігенази. Утворення вторинних продуктів при окисленні жирів є причинного псування харчової сировини й багатьох жиромісних продуктів.

При зберіганні рослинні й тваринні жири, жиромісні продукти під впливом повітря, світла, вологи, ферментів поступово здобувають неприємний смак і запах. Деякі з них знебарвлюються. У них накопичуються шкідливі для організму людини продукти окислювання. У результаті знижується їх харчова й фізіологічна цінність, при цьому вони можуть виявитися непридатними для вживання.

У рослинних оліях, що містять значну кількість ненасичених жирних кислот, головним чином протікають процеси автоокислення киснем повітря. Завдяки низькій вологості, відсутності мінеральних речовин вони не псуються мікроорганізмами й у темряві можуть зберігатися відносно довгий час. Рослинні олії можна зберігати в скляній (але не поліетиленової) тарі до місяців (у холодильнику – до 1 року).

При тепловій обробці харчових продуктів, що містять жири, у них відбуваються різні хімічні процеси. Більш інтенсивно протікають гідролітичні процеси, обумовлені дією на жир води, високої температури й кисню повітря з утворенням в остаточному підсумку гліцерину й вільних жирних кислот. Одночасно відбувається термічний розпад самих жирних кислот (піроліз) з утворенням різноманітних сполук, у тому числі альдегідів.

При жарінні харчових продуктів витоплюється деяка кількість жиру, відбувається частковий термічний розпад, а також частковий гідроліз жирів. Продукти розпаду й гідролізу жирів знижують температуру його

димуютворення. Тому по мірі жарення олія все більше «чадить». Внаслідок утворення акролеїну олія стає темною та набуває гіркої смаку.

Для характеристики якості жиру використовують константи або *жирові числа*:

Кислотне число – маса КОН (мг), необхідна для нейтралізації вільних жирних кислот в 1 г жиру.

Число омилення – це маса КОН (мг), необхідна для гідролізу нейтральних ліпідів (омилення) і нейтралізації всіх жирних кислот (у тому числі й вільних), що містяться в 1 г жиру. Чим вище число омилення, тим більше низькомолекулярних кислот входить до складу жиру.

Йодне число – це маса йоду (г), що зв'язується 100 г жиру. Йодне число характеризує ступінь ненасиченості, тому що приєднання йоду відбувається по місцю розриву кратних зв'язків у залишку жирної кислоти. Чим більше йодне число, тим вище ненасиченість жиру.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Визначити наявність гліцерину та лецитину в складі ліпідів.

1.1. Визначити наявність гліцерину у рослинних оліях.

1.2. Визначити наявність гліцерину у рослинних (*акролеїнова проба*).

В основі проби лежить здатність гліцерину при нагріванні відщеплювати воду й перетворюватися в акролеїн (ненасичений альдегід з різким запахом). Ліпіди, що не містять гліцерин, не дають акролеїнової проби.

У дві сухі пробірки внести 1–2 краплі рослинної олії (оливкова, соняшникова або іншу). У кожену пробірку внести по 0,1...0,2 г сухого кислого сульфату калію. Пробірки обережно нагріти на спиртівці (під тягою) до появи білого густого пару. У пару внести папірець, змочений аміачним розчином нітрату срібла або розчином фуксинсірчаної кислоти.

За наявності акролеїну папірець із розчином солей срібла темніє, а з розчином фуксинсірчаної кислоти стає яскраво рожевим.

Відмітити зміни, що відбуваються в пробірках

2. Дослідити здатність олій до розчинності у різних розчинниках.

У 5 пробірок помістити по 2 г рослинної олії (соняшникової, оливкової, кукурудзяної). В першу пробірку прилити 1 мл води, в другу – 1 мл етанолу, в третю 1 мл толуолу, в четверту – 1мл хлороформу, в п'яту – 1 мл ацетону. Кожну пробірку ретельно збовтати. Якщо олія не розчиняється, пробірку помістити на водяну лазню на 5хв.

Вміст кожної колби розглянути під мікроскопом.

Зробити висновок про розчинність жирів та олій на кімнатної температури й при нагріванні_____

3. Визначити наявність ненасичених жирних кислот у складі олій.

У три пробірки помістити: 0,5 мл різної рослинної олії. До кожної пробірки прилити 2–3 мл бромної води. Пробірки ретельно струсити.

Відмітити зміни, що відбуваються в пробірках

4. Визначити показник переломлення олій.

На поверхню вимірювальної призми рефрактометра скляною поличкою, не торкаючись призми, нанести декілька крапель досліджуваного зразка олії (соняшникова, оливкова, кукурудзяна) обережно опустити освітлювальну призму так, щоб досліджуваний зразок повністю заповнив зазор між призмами. Рефрактометр встановити таким чином, щоб світло поступало до освітлювальної призми й рівномірно освітлювало поле призми.

Змінюючи положення маховика, розташованого з лівої сторони рефрактометра, перемістити вузол освітлювальної та вимірювальної призми. За допомогою зорової труби знайти границю світла та тіні. Обертаючи маховичок компенсатора дисперсії, необхідно усунути пофарбованість

границі розподілу. На шкалі приладу зафіксувати значення коефіцієнта переломлення.

Показник переломлення позначають (n_D °C). Дані спостережень оформити у вигляді таблиці.

Показники переломлення олій та жирів

№ з/п	Вид досліджуваного зразка	Ступень насиченості, %	Коефіцієнт переломлення,	Йодне число	Агрегатний стан
1	Олія соняшникова				
2	Олія кукурудзяна				
3	Олія оливкова				

5. Визначити ступінь ненасиченості жирів та олій (йодне число).

5.1. Skorиставшись емпіричною формулою 1, визначити йодне число, досліджуваних зразків жиру:

$$\text{Й.ч.} = (n_D - 1,4454) \times 100 / 0,0111 \quad (1)$$

де: й.ч. – йодне число жиру.

n_D – показник переломлення жиру.

Дані розрахунку занести до таблиці.

5.2. У дві попередньо зважені сухі колби для титрування помістити 0,5 мл рослинної олії. До кожної колби прилити по 25 мл спирту (при поганій розчинності суміш злегка підігріти на водяній лазні). Потім у колби внести по 12,5 мл 0,2 н спиртового розчину йоду (з бюретки) та по 100 мл води й ретельно перемішати суміш протягом 5 хв. Вміст колб відтитрувати 0,1 н розчином тіосульфату натрію до появи слабо-жовтого фарбування.

Для більш точного визначення в колби необхідно прилити 1 мл розчину крохмалю й проводити титрування до зникнення синього фарбування.

Дослід повторити для контрольного зразка, що не містить олій.

Розрахунок йодного числа проводиться за формулою 2:

$$\text{Й.ч.} = (V_2 - V_1) \times 0,0127 \times 100 / m, \quad (2)$$

де: V_2 – об'єм (мл) розчину тіосульфату натрію, витраченого на титрування контролю;

V_1 – об'єм (мл) розчину тіосульфату натрію, витраченого на титрування проби масла;

0,0127 - титр тіосульфату по йоду;

m – наважка масла (г).

Зробити висновок про ступінь ненасиченості жирів та їх агрегатний стан _____

6. Дослідити процес лужного та кислотного гідролізу олій.

6.1. В 2 пробірки помістити по невеликій кількості олії в 1 пробірку 1–2 мл розчину лугу (0,1 н NaOH), а в другу – 1–2 мл соляної кислоти (1:1). Пробірки закрити притертими пробками та ретельно струсити. Зафіксувати зміни, що відбулися. Якщо змін не спостерігається, помістити пробірки на водяну лазню на 5–10 хв.

Зробити висновок про інтенсивність гідролізу жирів за кімнатної температури й при нагріванні _____

6.2. У чотири конічні колби помістити по 25 г олії.

Першу колбу залишити в якості контролю. До інших колб додати по 50 мл води. Отримані суміші прокип'ятити на водяній лазні протягом 20, 40 та 60 хв. В отриманих зразках визначити кислотне число.

Для визначення кислотного числа в колбу помістити 10 г досліджуваного зразка та прилити 50–60 см³ розчину кухонної солі. До суміші додати 0,5 см³ розчину фенолфталеїну. Колбу закрити пробкою, ретельно струсити. Вміст колби про титрувати 0,1 м. розчином гідроксиду калію. При титруванні вміст колби ретельно струсити після 4–5 крапель розчину гідроксиду калію поки рожеве фарбування не зникне. Якщо після

чергового струшування фарбування почне повільно зникати струшування проводять через кожні 2–3 краплі розчину гідроксиду калію.

Титрування проводять до утворення рожевого фарбування в нижньому шарі розчину, яке не зникає протягом 30 хв.

Кислотне число жиру розраховується за формулою 3:

$$K \div \frac{5,11xAxk}{m} \quad (3)$$

де: 5,611 – титр 0,1 м. розчину гідроксиду калію, мг/см³

A – кількість КОН, що пішла на титрування, мл

k – поправочний коефіцієнт на титр (дорівнює 1)

m – маса зразка, г.

Побудувати залежність зміни кислотного числа жиру від тривалості процесу гідролізу.

7. Зробити висновок по роботі про вплив технологічних чинників на зміни ліпідів зерні і зерно продуктах сировини

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттю ліпіди.
2. Наведіть класифікацію ліпідів.
3. Які функції виконують ліпіди в організмі людини?
4. Які хімічні перетворення відбуваються з ліпідами під час технологічного процесу та під час зберігання?
5. Які функції виконують фосфоліпіди?
6. Як змінюється смак харчових продуктів внаслідок окислення ліпідів?
7. Які фактори сприяють окисленню ліпідів?
8. Як можна оцінити якість харчових жирів та олій?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6
ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ВІТАМІНІВ У
ЗЕРНОПРОДУКТАХ

Мета: Вивчення класифікації та властивостей вітамінів, мікроелементів.
Опанування методів визначення вітамінів у зернопродуктах.

Об'єкт вивчення: зерно, зернопродукти.

Предмет вивчення: водорозчинні та жиророзчинні вітаміни.

Обладнання та реактиви: Вода дистильована, розчин з масовою часткою соляної кислоти 2%, насичений розчин щавлевої кислоти; насичений розчин хлориду натрію; свіжоприготований стандартний розчин аскорбінової кислоти; індофеноловий реактив (в мірну колбу місткістю 500 мл вносять 140-150 мг 2,6- дихлорфеноліндофенола натрію и 200-300мл води, енергійно струшують до розчинення краски, об'єм доводять до відмітки водою, перемішують і фільтрують через бумажний фільтр в суху склянку з темного скла; розчин зберігають в холодильнику не більш трьох діб), йод аптечний, 1 % розчин йодиду калію (KJ), 0,5 % розчин крохмалю, 0,001 М розчин йодиду калію (KJO₃).

Технічні ваги, аналітичні ваги, водяна лазня, мікробюретки, піпетки на 1, 2, 5, 20 см³, колби місткістю 100 см³, конічні колби місткістю 150 см³, стакани місткістю 50 и 100 см³, воронки для фільтрування, паперові для фільтрування, циліндри місткістю 50 см³.

Загальні відомості. Вітаміни – природні, біологічно активні низькомолекулярні органічні сполуки, різні за будовою і фізико-хімічними властивостями, але абсолютно необхідні для нормальної життєдіяльності людини, тварин, птахів, рослин, мікроорганізмів.

Потреба у вітамінах організми задовольняють по різному: рослини синтезують всі необхідні їм вітаміни, людина і тварини отримують їх з їжею

в готовому вигляді або у вигляді провітамінів – попередників, з яких утворюються відповідні вітаміни. Деякі вітаміни синтезуються мікроорганізмами, що населяють кишечник людини, задовольняючи частково або повністю потреби організму. Вітаміни діляться (рис.1) на водо-і жиророзчинні. Водорозчинні вітаміни тісно пов'язані з ферментами, багато з них беруть участь в побудові небілкових груп ферментів і, тим самим, впливають на життєздатність організму. Жиророзчинні вітаміни беруть участь в окисно-відновних реакціях і багатьох біохімічних процесів.

Поряд з вітамінами, відома група *вітаміноподібних речовин*. До них відносять холін, інозит, оротова, ліпоєва і параамінобензойна кислота, карнітин, біофлавоноїди (рутін, кверцетин, чайні катехіни) і ряд інших сполук, що володіють властивостями вітамінів.

У зерні міститься дев'ять водорозчинних вітамінів: ***тіамін, рибофлавін, ніацин, піридоксин, біотин, аскорбінова кислота, пантотенова кислота, холін, міоінозит.***

Тіамін відіграє важливу роль в процесах перетворення вуглеводів в організмі людини, тварини, рослини і мікроорганізмів. Під впливом світла і кисню повітря він не руйнується і не окислюється, мало руйнується під час варіння харчів і випікання хліба (у кислому середовищі). Від нагрівання в нейтральному і особливо лужному середовищі, навпаки, легко руйнується, наприклад, під час випікання кондитерських виробів, що виготовляються з використанням соди або вуглекислого амонію (лужні розрихлювачі). Добова потреба людини в тіаміні 2–3 мг.

Основне джерело тіаміну – пшеничний і особливо житній хліб. Зерно і продукти його переробки містять тіамін в таких кількостях : зерно пшениці – 5,7–6,6, пшеничні зародки – 14,2–20,5, борошно пшеничне – 5,2, борошно житнє оббивне – 3,5–4,7, кукурудза – 4,5–6,2, ячмінь – 4–5, овес – 6–8, рис – 2,2–2,9, висівки рисові – 22, борошно соєве – 7,7, горох – 1,5–3,8, квасоля – 0,6–4,0 мкг на 1 г продукту.

Рибофлавін (вітамін В₂) тісно пов'язаний з білковим обміном організму. Нестача рибофлавіну викликає порушення апетиту, втрату маси, слабкість, різь в очах, хворобливі відчуття в слизових оболонках рота. Він стійкий до високих температур, але легко руйнується на світлі. Добова потреба людини в рибофлавіні 2 мг.

Вміст рибофлавіну в пшениці становить 1,5–1,9, житі – 1,2–1,8, пшеничних висівках – 2,3, кукурудзі – 1,2, ячмені – 1,7–2,2, вівсі – 1,7–2,0 мкг / г.

Ніацин (нікотинамід, РР) володіє високою стійкістю до впливу зовнішніх факторів: не руйнується під час варіння, під впливом сонячного світла, повітря і лужних розчинів. Добова потреба в ніацині 15–20 мг. Його нестача або відсутність в продуктах спричиняє захворювання пелагрою.

Вміст ніацину в пшениці 45–70, пшеничних висівках – 120–325, пшеничному зародку – 27–90, кукурудзі – 15, ячмені – 94–104, вівсі – 15–17 мкг / г.

Піридоксин (вітамін В₆) стійкий до тепла, луку і кислот, руйнується на світлі, особливо під дією ультрафіолетових променів. Добова потреба людини в піридоксині 1,5–2 мг.

Вміст піридоксину в зерні пшениці 3,5–4,3; пшеничних висівках – 8,9–16,2; ячменеві – 1,1–4,1; вівсі – 0,9–3,1; кукурудзі – 3,5–9,5; просі – 2,6–5,2 мкг/г.

Біотин (вітамін Н) – важливий фактор для росту дріжджів та інших мікроорганізмів. Він стійкий до високої температури, луку і кислот, кисню повітря. Добова потреба людини в біотині близько 10 мкг.

Головне джерело біотину для людини і тварин – бактеріальна мікрофлора шлунку. В зерні пшениці біотину міститься 0,06–0,12; кукурудзи – 0,12; сої – 0,6; ячменю – 0,06–0,12; гороху – 0,18; сорго – 0,10–0,25 мкг / г.

Аскорбінова кислота (вітамін С) добре зберігається в кислому середовищі, а в лугах швидко руйнується. У водних розчинах легко руйнується, особливо за наявності повітря, світла і слідів міді або заліза. В стиглих зернах

злакових культур аскорбінової кислоти нема. Вона з'являється під час проростання зерна і міститься у великій кількості в ростках і в солоді.

Пантотенова кислота входить до складу деяких ферментів, в тому числі коферменту А, з участю якого відбувається синтез жирних кислот, стеринів та інших сполук. Добова потреба людини у пантотеновій кислоті 10–12 мг. Висока температура, луг і кислоти руйнують цей вітамін. Нестача пантотенової кислоти супроводжується порушеннями діяльності нервової системи, шлунково-кишкового тракту, затримкою росту, ураженнями шкіри.

Пантотенова кислота міститься в усіх харчових продуктах, крім того, синтезується мікробною флорою шлунку. У зерні жита її міститься 10, кукурудзи – 5, сої – 18, гороху – 20, у пшеничних висівках – 25 мкг / г.

Холін бере участь в обміні фосфоліпідів, в побудові ацетилхоліну – сполуки, зв'язаної з передачею нервового збудження, регулює жировий обмін в організмі, запобігаючи розвитку атеросклерозу.

У зерні пшениці холіну міститься 90, жита – 45, ячменю – 80, вівса – 90, кукурудзи – 40, гороху і бобів – 150–300, у пшеничних висівках – 130 мкг / г.

Міоінозит (мезоінозит) стійкий до кислот і лугів. Він стимулює ріст дріжджів, бере участь у процесах, які проходять в нервовій тканині, в регулюванні рухової діяльності шлунково-кишкового тракту. Добова потреба людини в інозиті близько 1 г. В рослинних тканинах інозит міститься головним чином у вигляді фітину.

У зерні присутні ***три жиророзчинні вітаміни:***

- ◆ каротиноїди (провітамін А),
- ◆ вітамін Д
- ◆ вітамін Е.

Каротини – провітаміни А у воді нерозчинні, погано розчиняються в спирті, але добре в хлороформі, бензолі, ефірі, в жирах. Стійкі до високої температури без доступу повітря. Добова потреба у вітаміні А 1 мг.

У цілому зерні пшениці каротинів міститься 0,2, в ендоспермі – сліди, алейроновому шарі і оболонках – 3,3, зародку – 6,0, в зародку жита – 2,8–7,6, в зерні ячменю і вівса до 3 мкг / г.

Побіління борошна відбувається в результаті окислення каротину і перетворення його в безколірний дериват

Вітамін Д стійкий до лугів, але руйнується в мінеральних кислотах. Основна функція вітаміну Д в організмі – стимуляція засвоєння кальцію. У зерні злакових культур вітаміну Д немає.

Вітамін Е (токоферол) використовують як антиокислювач і для запобігання згіркненню олії. Його відсутність викликає порушення статевих функцій.

У зерні пшениці вітаміну Е міститься 30, жита – 49, вівса – 23, проса – 26, кукурудзи – 96, рису – 34, гречки – 66, гороху – 45, квасолі – 27, сочевиці – 25, у пшеничному зародку – 355, кукурудзяному – 302, в олії з пшеничних зародків – 1500–3000, в соняшниковій олії – 350–420 мкг / г.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Визначити кількість вітаміну С у зерні згідно зразків

Найменування зразка зерна	Вміст вітаміну С, мг%
Зерно пшениці	
Пророщене зерно пшениці (1 доба)	
Пророщене зерно пшениці (3 доби)	
Пророщене зерно пшениці (5 діб)	
Зерно ячменю	
Пророщене зерно пшениці (1 доба)	
Пророщене зерно пшениці (3 доби)	
Пророщене зерно пшениці (5 діб)	

2. *Визначення концентрації розчину 2,6-дихлорфеноліндофенола натрія (за аскорбіновою кислотою)*

У дві колби вносять по 5 мл розчину з масовою часткою соляної кислоти 2% і по 2 мл стандартного розчину аскорбінової кислоти (основний дослід). Вміст кожної колбочки титрують індофеноловим реактивом до слабо-рожевого забарвлення, що зберігається 30 секунд. Паралельно з основним дослідом проводять контрольне визначення, де також беруть дві колби і в кожен вносять по 7 мл розчину з масовою часткою соляної кислоти 2% і воду в обсязі, рівному обсягу індофенолового реактиву, який пішов на титрування в основному досліді. Вміст цих колб титрують індофеноловим реактивом до слабо-рожевого кольору, що зберігається 30 секунд.

Масу аскорбінової кислоти (у мг), відповідну 1 мл індофенолового реактиву (розчину 2,6-дихлорфеноліндофенола натрію), розраховують за формулою:

$$M = \frac{2}{v - v_1}, \quad (1)$$

де: M – маса аскорбінової кислоти в мг, яка відповідає 1 мл індофенолового реактиву;

$(v - v_1)$ – різниця між об'ємами індофенолового реактиву, яке пішло на титрування проби з аскорбіновою кислотою (v) та проби без аскорбінової кислоти (v_1), мл;

2 – маса аскорбінової кислоти в мг, що міститься в дослідній пробі (основний дослід).

Соляна кислота, яку використовують для екстракції, здатна витягувати з досліджуваного матеріалу як вільну, так і зв'язану аскорбінову кислоту, а також сприяють стійкості аскорбінової кислоти в

3. *Визначення вітаміну С у зерні*

Беруть наважки зерна по 20 г та ретельно розтирають у ступці з кварцовим піском, додають невеликими порціями по 4...5 мл розчину з масовою часткою соляної кислоти 2% до отримання однорідної рідкої кашки. Отриману суміш зі ступки, кількісно, за

допомогою розчину, що використовувався при розтиранні кислоти, переносять в мірну колбу місткістю 100 мл і загальний обсяг екстракту доводять до мітки тим же розчином кислоти. Вміст добре перемішують, настоюють 5-7 хв і фільтрують через паперовий фільтр. Отриманий фільтрат повинен бути абсолютно прозорим.

Беруть дві конічні колби місткістю 100-150 мл і в одну піпеткою вносять 20 мл отриманого фільтрату, в іншу – 20 мл розчину кислоти, який використовується для розтирання досліджуваного матеріалу. Вміст колб титрують індофеноловим реактивом до слабо-рожевого кольору. Титрування проводять за трьома визначеннями. На підставі середньої величини, отриманої з 2...3 визначень, розраховують вміст аскорбінової кислоти за формулою:

$$X = \frac{(a - b) \cdot M \cdot v \cdot 100}{v_1 \cdot m}, \quad (2)$$

де: X – вміст аскорбінової кислоти в матеріалі, мг/100г продукту;

(a-b) – різниця між об'ємами індофенолового реактиву, яке пішло на титрування дослідної (a) та контрольної (b) проб, мл;

M – маса аскорбінової кислоти, яка відповідає 1 мл індофенолового реактиву (п. 2) мг;

v - загальний об'єм екстракту, мл;

v₁ – об'єм фільтрату, взятого для титрування, мл;

m – маса досліджуваного матеріалу, г,

100 – перерахунок на 100г матеріалу.

Отримані результати занести до таблиці у п.1.

Зробити висновки по роботі

Питання для самоконтролю

1. Які вітаміни відносяться до водорозчинних, жиророзчинних.
2. Які вітаміни містяться в рослинній сировині
3. Які зміни відбуваються з вітамінами при переробці сировини.
4. Яку роль відіграють вітаміни в організмі людини.
5. Які фактори впливу найбільш негативно впливають на збереження вітаміну С.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7

БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ПРОРОСТАННІ ТА ДОСТИГАННІ ЗЕРНА

Об'єкт: автолітична активність, α -амілаза, водно-борошняна суспензія

Предмет: крохмаль зерна.

Обладнання та реактиви: Прилад «Falling Number» (фірма «Falling Number», Швеція), який складається з водяної бані діаметром 15 см з кришкою і тримачем для пробірок, віскозиметра із затискувачем, який закріплює стрижень віскозиметра у тримачі, і конденсатора для зниження паровиділення, пробірки віскозиметра виготовляються зі спеціального скла і забезпечені стандартними гумовими корками, піпетка ($25 \pm 0,2$ мл) слугує для вимірювання об'єму дистильованої води.

Загальні відомості. Для проростання зерна необхідно три умови: волога, доступ кисню і відомий для кожної культури мінімум тепла. В результаті проростання різко посилюється дія ферментів зерна, починається процес розчинення відкладених в ендоспермі складних речовин з утворенням простіших. Крохмаль перетворюється на декстрин і мальтозу, білок – в амінокислоти, жир – в гліцерин і жирні кислоти. Таким чином, процес проростання полягає у виключно сильному збільшенні активності ферментів

і в розщепленні складних запасних речовин на простіші, легше розчинні, що слугують живленням для зародка, що інтенсивно розвивається.

Суша маса зерна при проростанні дуже сильно зменшується, оскільки в цей період зерно втрачає велику кількість органічних речовин, що містяться в ньому. Ці втрати є наслідком дихання зерна, що відбувається при його проростанні.

Зміна хімічного складу зерна при проростанні можна прослідкувати на прикладі кукурудзи.

Об'єкт дослідження	Азот	Крохмаль, декстрин і геми-целюлози	Цукри	Жир	Зола	Клітковина	Невизначені речовини
Зерно	2,5	73,95	0	5,36	1,80	5,98	2,72
Паростки	3,2	17,15	21,04	3,31	3,46	29,64	6,54

З даних таблиці видно, що початково в зерні крохмалю було 74 %, а в пророслому його стало 17 %, тобто відбувся величезний спад крохмалю. Разом з тим в непророслому зерні не було знайдено цукру, а в пророслому його було 21 %. Таким чином, в результаті проростання, в результаті розщеплення крохмалю відбувається значне підвищення вмісту цукру в зерні.

З даних видно також, що на початку проростання в зерні азоту було 2,5, а в пророслому 3,2 %, тобто кількість азоту в зерні нібито збільшилася. Але це збільшення тільки здається. Якби ми визначили, скільки міліграм азоту міститься в одній зернині, то з'ясувалося б, що кількість азоту в непророслому і пророслому зерні практично однакове. Проте при розрахунку його процентного вмісту в сухій речовині спостерігається збільшення; це відбувається тому, що вміст крохмалю різко знизився, оскільки він в значній мірі був витрачений в процесі дихання. Тому кількість сухої речовини в зерні зменшилася, а відносний вміст азоту збільшився.

В процесі проростання активність ферментів (зокрема амілази) різко збільшується. Особливе значення має збільшення активності α -амілази. Саме вона є головною причиною різкого погіршення хлібопекарських якостей борошна, що отримують з пророслого зерна. В результаті того, що в зерні при проростанні сильно підвищується активність амілаз, борошно, що отримане з пророслого зерна, дає поганий хліб з несмачним, нееластичним і недостатньо пористим м'якушем.

Іншою причиною погіршення якості борошна, отриманої з пророслого зерна, є зміна властивостей клейковини під впливом протеолітичних ферментів. Клейковина втрачає пружність і стає дуже слабкою, липкою, а потім повністю руйнується. На перших етапах проростання розриваються дисульфідні і водневі зв'язки в білку клейковини, а далі починають розщеплюватися пептидні зв'язки і утворюються небілкові продукти протеолізу. При проростанні різко зростає дихання зерна. Тому абсолютно ясно, що проросле зерно за інших рівних умов зберігатиметься значно гірше, ніж нормальне.

При *дозріванні зерна відбуваються процеси*, в цілому мов би зворотні тим, які спостерігаються при проростанні. При дозріванні, по-перше, поступово знижується активність ферментів і доходить, нарешті, до якоїсь величини, характерної для повністю дорілого зерна. Оскільки при дозріванні знижується активність ферментів, природно, що і процес дихання, інтенсивність якого залежить від дії ферментів, також слабшатиме і, нарешті, досягне якоїсь величини, характерної для повністю дорілого зерна.

У міру дозрівання відбувається перетворення розчинних низькомолекулярних речовин, що притікають в зерно з листя і стебел, у високомолекулярні нерозчинні речовини. На ранніх фазах дозрівання майже половина сухої речовини зерна складається з цукрів і розчинних левульозанів. У міру дозрівання кількість високомолекулярних вуглеводів - крохмалю і геміцелюлоз – поступово зростає, а вміст цукрів і левульозанів відповідно зменшується. З цих даних, видно, що утворення нерозчинних

полісахаридів відбувається за рахунок тих розчинних цукрів, що притікають в зерно. При дозріванні зерна кількість амінокислот в ньому поступово зменшується, а вміст білка зростає. Таким чином, при дозріванні зерна синтез білків йде за рахунок амінокислот, що притікають в нього.

Клейковина утворюється в дозріваючому зерні дуже рано, ще до початку фази молочної стиглості, проте якість її в цей період низька, вона кришиться і ледь утворює зв'язну грудку. У міру дозрівання зерна вміст клейковини в ньому росте, а якість поліпшується.

При дозріванні відбувається також накопичення жиру в зерні. Накопичення жиру в насінні олійних культур відбувається за рахунок вуглеводів, що притікають в зерно з листя і стебел. При дозріванні зерна відбувається поступове перетворення крохмалю на жир, тобто мов би «ожиріння» крохмальних зерен.

Питання про накопичення речовин в дозріваючому зерні має велике практичне значення у зв'язку з визначенням правильних строків збирання врожаю і у зв'язку з боротьбою за зниження втрат зерна на жнивах. Як відомо, найважливішим засобом боротьби з втратами є роздільне збирання зернових культур, при якому зерно, що зібране в період воскової стиглості, залишається якийсь час після жнив в снопах і валках. Роздільне збирання значно знижує втрати зерна від осипання і сприяє за умов сприятливої погоди хорошему і швидкому підсиханню зерна у валках, що покращує його товарні і насінні якості. Скошування у валки важливо провести після того, як налив зерна практично закінчений, оскільки відтік речовин із стебел і листя в колосся хоча і відбувається у валках і снопах, але все таки в меншій мірі, ніж у не скошених рослин і тому при дуже ранньому роздільному збиранні урожай може бути знижений. Практично роздільне збирання слід починати при вологості зерна близько 25-30 %, під кінець фази воскової стиглості.

При дозріванні зерно може піддаватися різним несприятливим чинникам, внаслідок чого погіршуються його борошномельні і хлібопекарські якості.

По-перше, це проростання зерна під час дозрівання і при збиранні врожаю. У окремі роки, коли в період жнив буває дощова погода, спостерігаються масові випадки проростання зерна на кореню або в валках. Другий важливий вид дефектного зерна - це морозобійне зерно пшениці. Морозобійна пшениця з'являється в результаті дії морозу на не зовсім дозріле зерно. Якщо вологість зерна вище за 45 %, воно особливо легко ушкоджується морозом.

Морозобійне зерно пшениці відрізняється від нормального на вигляд: воно щупліше, має зморшкувату поверхню, колір його змінений. Морозобійне зерно дає борошно з низькими хлібопекарськими якостями, погано зберігається і легко піддається самозігріванню і псуванню. Борошно що, отримане з морозобійного зерна, містить менше клейковини і, що особливо важливо, якість клейковини значно погіршується. Клейковина, що відмита з такого борошна, кришиться, непружня, нееластична. Разом з тим борошно з морозобійного зерна відрізняється підвищеною активністю α -амілази.

Пошкоджені морозом зерна містять менше клейковини і мають значно більшу активністю амілаз, особливо α -амілази. Разом з тим особливо сильно ушкоджується морозом фракція щуплих зерен. Необхідно підкреслити, що ступінь пошкодження зерна морозом залежить від ступеня зрілості і вологості зерна в період його захоплення морозом. Чим зерно менш зріле і чим вище його вологість, тим сильніше воно ушкоджується морозом і тим гірше його насінні і хлібопекарські якості. Борошно, що отримане з морозобійного зерна, дає хліб з м'якушем, що заминається, солодкуватим, таким, що має неприємний запах і смак солоду.

Під час дозрівання зерно пшениці може бути пошкоджене клопами-черепашками. Зерно, пошкоджене цими комахами, відрізняється від

нормального тим, що в місці пошкодження має темну крапку і світлу пляму; іноді темної крапки немає і в місці пошкодження є лише світла пляма із зморшкуватою поверхнею. Клоп-черепашка під час дозрівання зерна проколє його своїм хоботком і в місце уколу вводить свою слину, в якій містяться дуже активні ферменти. Особливо активні в слині цієї комахи протеази, що розщеплюють білки тому клейковина руйнується, розріджується. Наколоте клопом-черепашкою зерно дозріває, і в ньому зберігається внесений комахою фермент. Коли з такого зерна отримують борошно, то пошкоджена його частина теж розмелюється і потрапляє в загальну масу борошна. Якщо потім з цього борошна готують тісто, фермент починає активно діяти, тобто розщеплювати білки клейковини. В результаті клейковина руйнується і тісто стає дуже «слабким». Отримати нормальний хліб з такого борошна не можна. Максимальна активність протеолітичного ферменту, який клоп-черепашка вносить до зерна, виявляється при рН 8. Таким чином, цей фермент найенергійніше діє при слаболужній реакції і в цьому відношенні схожий з трипсином кишечника людини. Ураження зерна клопами-черепашками в більшості випадків локальне. Тому, якщо за допомогою ланцета вискребти із зерна пошкоджену частину і потім частину зерна, що залишилася, розмолоти в борошно, то виявиться, що клейковина з непошкодженої частини зерна нормальна. Якщо додати в борошно з непошкодженої частини зерна борошно, що отримане з видаленої пошкодженої частини, тісто відразу ж почне розпливатися. Це відбудеться тому, що фермент, що міститься в пошкодженій частині зерна, розщеплюватиме білки з нормальної його частини. В результаті пошкодження зерна клопами-черепашками знижується вміст загального азоту в зерні. Це відбувається тому, що черепашка, наколюючи зерно, частково розчиняє і висмоктує його вміст, насамперед білок. Тому в пошкодженому зерні білка менше, а більше різних продуктів його розщеплення, тобто небілкових азотистих речовин. У пошкодженій частині зерна вміст загального азоту у два рази менший ніж в нормальній. В

пошкодженій частині в чотири рази більше міститься азотистих низькомолекулярних речовин (у % від загального азоту). Таким чином, в пошкодженій частині під впливом ферменту, внесеного клопом-черепашкою в зерно, половина всього білка розщеплена, зруйнована, перетворена на низькомолекулярні азотисті з'єднання. Розпізнати зерно пшениці, пошкоджене клопами-черепашками можна перш за все по наявності на поверхні зерна світлих плям і темних крапок. Проте це всього лише попередній, орієнтовний аналіз. Потрібно мати на увазі, що такі ж плями з'являються в результаті уколу дозріваючого зерна іншими шкідниками, причому на зерні утворюються такі ж плями, але погіршення хлібопекарських якостей не відбувається.

Найбільш правильний метод розпізнавання зерна і борошна, пошкоджених клопами-черепашками, – перевірка розпливчастості клейковини. Відміту клейковину залишають на відлежування під скляним ковпаком при температурі 30° С на півгодини або на годину. Якщо борошно було отримане із зерна, пошкодженого черепашками, то вже через 15 – 20 хвилин відлежування спостерігатиметься розпливання клейковини, вона втратить свою пружність і еластичність і перетвориться на сметаноподібну масу. Якщо ж борошно було отримане з нормального зерна або зерна, пошкодженого якимись іншими шкідниками, то розпливання клейковини не відбудеться або воно буде абсолютно нікчемним. Якість клейковини можна визначити не тільки за розпливчастістю, але і за зміною розтяжності клейковини або ж за допомогою пластометра.

Біохімічні зміни при зберіганні борошна та крупи. Для збереження борошна і крупи потрібно, щоб вони мали невисоку вологість – не вище 12 %.

Борошно і крупа – продукти, легко доступні дії мікроорганізмів, вологи і кисню. На відміну від зерна, яке, будучи живим, активно чинить

опір різним несприятливим чинникам, борошно і крупа – мертві продукти. Вони набагато легше і швидше, ніж зерно, піддаються псуванню.

Біохімічні процеси, що відбуваються при зберіганні борошна і крупи, виявляються насамперед в зміні жиру. Так, якщо порівняти зміну жиру зерна і борошна в процесі зберігання, то слід зазначити, що кислотне число жиру борошна зростає майже в три рази, а кислотне число жиру зерна мало змінюється. Таким чином, в борошні, що зберігається, дуже інтенсивно йде гідроліз жиру, що відбувається завдяки дії ферменту ліпази, що міститься в зерні.

На можливість якісного зберігання борошна або крупи дуже великий вплив чинить початкова якість зерна, з якого отримане борошно або крупа. Чим гірше початкова якість зерна, чим воно більше піддавалося всякого роду несприятливим діям, наприклад проростанню або пошкодженню морозом, тим гірше воно зберігається і тим швидше при зберіганні псується борошно отримане з такого зерна.

Додавання до здорового зерна 20 % зерна пророслого або самозігрівшогося зерна надає дуже сильний негативний вплив на збереження борошна: - кислотне число жиру дуже швидко зростає, і борошно прогірка. У борошні, отриманого з нормального зерна з домішкою пророслого, гіркота з'явилася на п'ятому місяці, а в борошні з домішкою зерна що самозігрілося вже на третьому місяці.

При зберіганні пшеничного борошна відбувається помітна зміна якості клейковини і хлібопекарських якостей. Пшеничне борошно першого і вищого сорту при зберіганні його протягом перших двох-чотирьох тижнів після помелу покращує свої хлібопекарські якості, причому якість клейковини поліпшується. Клейковина стає більш пружною, менш розтяжною, еластичнішою, внаслідок чого поліпшуються хлібопекарські якості; об'єм хліба підвищується, хліб виходить пишніший. Цей процес поліпшення якості клейковини і хлібопекарських якостей при зберіганні носить назву дозрівання пшеничного борошна. Оскільки дозрівання відбувається в перший

період зберігання борошна, саме в перші два-чотири тижні після помелу, зазвичай працівники хлібо заводів вимагають, щоб пшеничне борошно перед надходженням на хлібо завод пройшло відлежування протягом певного часу.

Поліпшення якості клейковини і хлібопекарських якостей пшеничного борошна при дозріванні пояснюється тим, що відразу ж після помелу зерна в борошні починається процес гідролізу жиру, що відбувається під дією ліпази. Вільні ненасичені жирні кислоти, що утворюються в результаті гідролізу, – олеїнова, лінолева та інші, як вже відмічалось, , укріплюють клейковину, унаслідок чого вона стає більш пружною, еластичнішою. Мабуть, саме цим пояснюється поліпшення якості клейковини і хлібопекарських якостей, яка спостерігається при дозріванні пшеничного борошна.

Якщо зберігати борошно протягом тривалішого часу, понад дев'ять-десяти місяців, починається небажаний процес згірнення борошна. Крупа також легко може піддаватися згірненню. Згірнення борошна і крупи пов'язане з розщепленням жиру. Швидкість згірнення борошна або крупи залежить від декількох чинників. По-перше, від доступу кисню: у безкисневому середовищі згірнення борошна і крупи не спостерігається. Таким чином, згірнення є процесом окислення, в якому бере участь кисень. Другий важливий чинник, від якого залежить швидкість згірнення, – температура. Чим вище температура зберігання муки і крупи, тим швидше настає згірнення. Навпаки, якщо зберігати борошна і крупу при низьких температурах, згірнення відбувається значно повільніше. Нарешті, третій чинник, від якого залежить процес згірнення, – це початкова якість зерна.

Як вже вказувалося, процес згірнення викликається окислювальним розкладанням жиру, що міститься в борошні і крупі: під впливом кисню повітря відбувається окислення ненасичених жирних кислот, причому утворюються їх перекиси і гідроперекиси, які легко окисляють різні речовини, наявні в борошні і крупі, зокрема каротиноїди і інші молекули жирних кислот. В результаті утворюються продукти окислювального

розкладання жиру, зокрема різні кетони і альдегіди, яким притаманний гіркий смак і неприємний запах.

Процес згіркнення борошна і крупи може йти чисто хімічним шляхом за рахунок кисню повітря і жиру, що міститься в борошні. Проте згіркнення прискорюється під впливом ліпоксигенази – ферменту, що каталізує окислення жирних кислот. Разом з тим процес згіркнення прискорюється завдяки дії ліпази, що розщеплює жири з утворенням вільних жирних кислот, які окислюються швидше, ніж жирні кислоти, зв'язані в жирі у вигляді гліцерину.

Для того, щоб уповільнити процес згіркнення борошна або крупи слід:

- по-перше, виключити доступ повітря (кисню) до борошна або крупи.

Проте це можливо тільки в лабораторних умовах. Далі, можна знизити температуру борошна, що зберігається, або крупи, що, на практиці далеко не завжди здійснено. Нарешті, можна затримати процес згіркнення крупи, якщо інактивувати (зруйнувати) ферменти, що беруть участь в згіркненні. Це можна зробити шляхом короткочасного пропарювання зерна, з якого виходить крупа. В результаті пропарювання руйнуються ліпаза і ліпоксигеназа, тому кислотне число жиру майже не збільшується і як результат процес згіркнення крупи сповільнюється.

Процесу згіркнення борошна і крупи перешкоджають також присутні в них антиокислювачі. Ці речовини, до яких відноситься вітамін Е, перешкоджають окисленню ненасичених жирних кислот і розвитку процесу згіркнення борошна або крупи.

Розкладання жиру іноді може бути причиною отруйності зерна. Це буває тоді, коли незбиране зерно залишається в полі на кореню під снігом. Особливо легко стає отруйним просо, яке відрізняється підвищеним вмістом жиру. Зерно, що перезимувало під снігом, вражається цвілевими грибами, серед яких є *Fusarium sporotrichioides*. Цей грибок, розвиваючись на зерні, викликає в ньому ряд змін, внаслідок чого в зерні утворюються отруйні речовини. Насамперед вони діють на кістковий мозок людини, де

утворюються елементи крові. Оскільки кістковий мозок отруєється, змінюється склад крові, поступово зменшується вміст в крові білих кров'яних тілець (лейкоцитів). В результаті у хворого може розвинутися важка форма ангіни – так звана септична ангіна, що супроводжується високою смертністю.

Використання отруйного, такого, що перезимувало в полі під снігом зерна для харчових цілей абсолютно неприпустимо, оскільки отруйність не зникає навіть при випічці хліба і при приготуванні каші. Таке зерно може бути використане для приготування спирту, причому не тільки технічного, але і харчового. Проте барда, що залишається після приготування спирту, зберігає отруйність.

У Середній Азії, Індії Африці в великих масштабах культивується земляний горіх. Його плоди і макуха при неправильному зберіганні і транспортуванні піддаються пліснявінню, причому особливо часто на них розвивається цвілевий гриб *Aspergillus flavus*, утворюючий ряд отруйних для тварин і людини речовин, що отримали назву афлатоксини. Ці сполуки можуть утворюватися також при пліснявінні інших кормів. Афлатоксини є похідними кумаринів. При систематичному введенні афлатоксинів в організм у тварин виникають різні патологічні симптоми, зокрема злякисні новоутворення.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Визначити автолiтичну активність зерна за зразками

Найменування зразка зерна	Число падіння, сек
Зерно пшениці	
Пророщене зерно пшениці	
Зерно жита	
Пророщене зерно жита	
Зерно тритікале	
Пророщене зерно тритікале	

Для розмелювання беруть 300 г зерна, якщо маса менша, ніж 200 г, то отримують недостатньо чіткі результати. Зерно обережно засипають у дробарку, щоб уникнути перевантаження за нагрівання. Подрібнення триває 30–40 с після засипання останньої порції зерна у дробарку. Залишок оболонки на ситі (близько 1 % від засипаного зерна) до розрахунку не беруть. Подрібнене зерно ретельно перемішують і відбирають наважку. На число падіння впливає розмір часток подрібненого зерна. Тому розмір часток отриманого борошна має відповідати наступній специфікації: Прохід сита, %
Отвори сита 100 710 мікрон 94–98 500 мікрон 55–70 210 мікрон Ситовий аналіз виконують таким чином: 100 г подрібненого і перемішаного зерна просівають крізь кругле сито діаметром близько 22 см. Сито струшують вручну в горизонтальному напрямку протягом 3 хв., постукуючи ним кожні 15 с по столу. Число падіння визначають у наважці шроту або борошна 7 г за вологості 15 %. У разі відхилення вологості від 15 % наважку беруть з урахуванням вологості проби (табл. 1).

Наважка розмеленого зерна або борошна залежно від вологості для визначення числа падіння

Вологість, %	Наважка, г	Вологість, %	Наважка, г	Вологість, %	Наважка, г
9	6,4	12	6,7	15	7
9,2	6,45	12,2	6,7	15,2	7
9,4	6,45	12,4	6,75	15,4	7,05
9,6	6,45	12,6	6,75	15,6	7,05
9,8	6,5	12,8	6,8	15,8	7,1
10	6,5	13	6,8	16	7,1
10,2	6,55	13,2	6,8	16,2	7,15
10,4	6,55	13,4	6,85	16,4	7,15
10,6	6,55	13,6	6,858	16,6	7,15
10,8	6,6	13,8	9,9	16,8	7,2
11	6,6	14	6,9	17	7,2
11,2	6,6	14,2	6,9	17,2	7,25
11,4	6,65	14,4	6,95	17,4	7,25
11,6	6,65	14,6	6,95	17,6	7,3
11,8	6,7	14,8	7	17,8	7,3

Кількість води, що додається в ході аналізу, незмінна.

Для швидкого визначення вологості подрібненого зерна і борошна можна використовувати спеціальні прилади. Перед визначенням числа падіння у борошні його попередньо просіюють крізь сито 0,8 мм для відокремлення грудочок.

2. Визначення автोलітичної активності за допомогою приладу «Число падіння Хагберга»

У водяну баню наливають дистильовану воду на 2–3 см нижче верхнього краю посудини і доводять її до кипіння. Під час визначення числа падіння вода має кипіти. Охолоджуючу кришку щільно встановлюють на місце і приєднують вбудований в неї холодильник до холодної водяної системи. Холодна вода має текти безперервно протягом усього часу роботи апарату. У пробірку віскозиметра кладуть наважку $7,0 \pm 0,01$ г подрібненого зерна або борошна 15 % вологості, потім доливають 25 мл дистильованої води температурою 20°C.

Пробірку закупорюють чистим гумовим корком і струшують 20–30 разів для отримання однорідної суспензії. Потім виймають корок і за допомогою віскозиметра-мішалки частки борошна, що прилипли, переміщують донизу. Пробірку з віскозиметром-мішалкою через отвір у кришці поміщають на киплячу водяну баню, одразу ж висунувши тримач вперед. Пробірка віскозиметра має бути встановлена у прилад і закріплена протягом 30 с після змішування.

Як тільки тримач поставлено на місце, вмикається автомат часу й апарат починає працювати, здійснюючи при цьому два перемішуючих рухи в секунду (один перемішуючий рух = рух догори і донизу). Довжина перемішуючого руху регулюється нижнім обмежувачем мішалки і дном пробірки віскозиметра, мішалка при цьому має легко рухатися. Важливо дотримуватися певної швидкості перемішування. Через 59 с мішалка зупиняється в найвищому положенні, тобто нижня обмежуюча частина її стикається з корком, котрий за допомогою затискача тісно прикріплений до

пробірки приладу. Мішалка залишається 0,5 с у найвищій позиції, рівно через 60 с після вимикання регулятора часу вона відключається і починає під дією власної ваги опускатися в суспензії. Коли нижній кінець верхнього обмежувального пристрою опуститься до верхнього кінця пробірки, автомат часу вимикається і подає сигнал про закінчення аналізу. У випадку застосування секундоміра його вимикають вручну. По закінченні аналізу, натиснувши відповідну кнопку на панелі, відпускають тримач і виймають пробірку з поршнем. Зафіксована зупинкою приладу цифра на табло показує число падіння в секундах. Знявши показники приладу, їх скидають натисканням 13 відповідної кнопки.

Число падіння визначають як середнє між паралельними вимірюваннями. За повторних визначень однієї проби відхилення результатів повинні знаходитись у межах $\pm 5\%$ середнього значення числа падіння. За числом падіння визначають стан вуглеводно-амілазного комплексу зерна чи борошна, судячи (опосередковано) про активність альфа-амілази (табл. 2).

Умовна характеристика активності альфа-амілази в зерні різних видів залежно від числа падіння

Активність α -амілази	Число падіння, с		
	пшениця	жито	тритікале
Висока	<150	<80	<100
Середня	150...300	80...200	100...250
Низька	>300	>200	>250

Зробити висновки по роботі _____

Питання для самоконтролю

1. Які зміни компонентів хімічного складу зерна відбуваються при проростання під час зберігання?

2. Як впливає пошкодження клопом черепашкою на хлібопекарські властивості зерна?
3. Біохімічні процеси, що відбуваються під час зберігання борошна?
4. Біохімічні процеси, що відбуваються під час зберігання крупів?

Список літератури

1. Мерко, І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна. / І.Т. Мерко, В.О. Моргун. – Одеса: Друк, 2001. – 360 с.
2. Півоваров О. А. Інноваційні методи визначення показників якості зерна : навч. посіб. / О. А. Півоваров, О. С. Ковальова, В. С. Кошулько ; Дніпровський держ. аграр.-екон. ун-т. – Дніпро : ДДАЕУ, 2023. – 325 с.
3. Хімія та аналіз харчових продуктів: Лабораторний практикум. – Навчально-методичний посібник. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2019. – 105 с.
4. Рожко І.С., Кулик Ю.В. Навчальний посібник з дисципліни «Стандартизація, управління якістю, технологія зберігання та переробки продукції рослинництва». Частина перша: «Технологія зберігання зернових мас». Львів, 2018. 76 с.
5. Технологічні комплекси харчових виробництв : навчальний посібник / В. І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун, О. О. Губеня, М. Г. Десик, О. М. Чепелюк. – Київ : Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.
6. Біохімія плодів та овочів / В. В. Євлаш, О. П. Прісс, М. Є. Сердюк., Л. Ф. Павлоцька, Л. А. Скуріхіна, Н. В. Дуденко, О. І. Сухаренко Навчальний посібник. – Мелітополь: , 2019. – 205с.
7. Великий практикум з фізіології та біохімії рослин (біохімічні методи досліджень): навчальний посібник. Видання друге, перероблене та доповнене / Ю. Г. Приседський. Вінниця : ТВОРИ, 2022. 418 с.
8. Товарознавство: продовольчі товари : навч. посібник / І. В. Сегеда ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 224 с.
9. Плахотін В.Я., Тюрікова І.С., Хомич Г.П. Теоретичні основи технологій харчових виробництв : Навчальний посібник. – Київ : Центр навчальної літератури, 2006. – 640 с.
- 10.Прісс О.П., Кюрчев С.В., Жукова В.Ф., Гапріндашвілі Н.А. Т 381 Технологічні властивості сировини: навчальний посібник для самостійної роботи студентів / О.П. Прісс, С.В. Кюрчев, В.Ф. Жукова, Н.А. Гапріндашвілі. - Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. - 224 с.
- 11.Пешук, Л. В. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини : навч. посіб. / Л. В. Пешук, Т. Т. Носенко. - К.: НУХТ, 2008. - 296 с.

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

до змістового модулю 1. Характеристика зерна, як об'єкта переробки

1. Харчову цінність борошна і хліба можна підвищити шляхом:

- a. збільшення виходу борошна;
- b. спеціальна обробка висівок;
- c. збагачення борошна вітамінами і мінеральними речовинами,
- d. всі відповіді вірні.

2. За хімічним складом зерно і насіння поділяють на:

- a. багате на крохмаль;
- b. багате на білки;
- c. багате на жири.
- d. на три групи.

3. Калорійністю даного харчового продукту називається:

- a. здатність певної кількості цього харчового продукту, утворювати при спалюванні в калориметричній бомбі певну кількість тепла, виражену в калоріях;
- b. здатність 100г. харчового продукту, утворювати при спалюванні в калориметричній бомбі певну кількість тепла, виражену в калоріях;
- c. здатність 100г. харчового продукту, утворювати при спалюванні в калориметричній бомбі певну кількість тепла, виражену в %;
- d. здатність певної кількості цього харчового продукту, утворювати при окисленні певну кількість тепла, виражену в калоріях

4. Харчова цінність зерна борошна і хліба залежить від чинників:

- a. від калорійності даного харчового продукту, від вмісту додаткових чинників живлення, від зовнішнього вигляду, смаку і аромату харчового продукту.
- b. від калорійності даного харчового продукту;
- c. від вмісту додаткових чинників живлення;
- d. від зовнішнього вигляду, смаку і аромату харчового продукту.

5. Брутто-калорійність це:

- a. здатність певної кількості цього харчового продукту, утворювати при спалюванні в калориметричній бомбі певну кількість тепла, виражену в калоріях;
- b. здатність 100г. харчового продукту, утворювати при спалюванні в калориметричній бомбі певну кількість тепла, виражену в калоріях;
- c. здатність 100г. харчового продукту, утворювати при спалюванні в калориметричній бомбі певну кількість тепла, виражену в %;

- d. здатність певної кількості цього харчового продукту, утворювати при окисленні певну кількість тепла, виражену в калоріях

6. Нетто-, або фізіологічна, калорійність це:

- a. фактична калорійність, розрахована з урахуванням засвоюваності даного харчового продукту;
- b. здатність 100г. харчового продукту, утворювати при спалюванні в калориметричній бомбі певну кількість тепла, виражену в калоріях;
- c. здатність 100г. харчового продукту, утворювати при спалюванні в калориметричній бомбі певну кількість тепла, виражену в %;
- d. здатність певної кількості цього харчового продукту, утворювати при окисленні певну кількість тепла, виражену в калоріях

7. За хімічним складом зерно і насіння поділяють на:

- a. три групи;
- b. багате на крохмаль та багате на білки, багате на жири.
- c. багате на жири та багате на крохмаль;
- d. багате на крохмаль та багате на білки;

8. Найвища концентрація вітамінів у:

- a. зародку і в алейроновому шарі,
- b. зародку;
- c. ендоспермі;
- d. оболонці.

9. Найбільша концентрація білка в:

- a. зародку;
- b. ендоспермі;
- c. алейроновому шарі,
- d. оболонці.

10. Вода, що видаляється із зерна під час його досить, інтенсивного висушування в цілому або розмеленому вигляді (при 105° до постійної маси або при вищих температурах, наприклад 130°, протягом певного строку), дістала назву:

- a. гігроскопічної;
- b. вільної;
- c. сорбованої;
- d. капілярної.

11. Зольність алейронового шару і оболонок складає біля:

- a. 10 %;
- b. 12 %;

- c. 25 %;
- d. 20%.

12. Контроль технологічного процесу помелу найбільш правильно вести за вмістом в борошні:

- a. клітковини і геміцелюлоз;
- b. білка;
- c. крохмалю;
- d. білка та крохмалю.

13. Білка особливо багато у:

- a. зародку;
- b. ендоспермі;
- c. алейроновому шарі,
- d. оболонці.

14. Зволоження змінює фізичні властивості зерна:

- a. зменшує опір роздавлюванню, збільшує еластичність оболонок;
- b. зменшує опір роздавлюванню;
- c. збільшує еластичність оболонок;
- d. збільшує сипкість.

15. Здатність зерна до сорбції зумовлена його:

- a. капілярно-пористою колоїдною структурою і шпаруватістю маси;
- b. хімічним складом;
- c. шпаруватістю маси;
- d. натурною масою.

16. Явище передача вологи від зерна до повітря називається:

- a. десорбція;
- b. сорбція;
- c. випаровування;
- d. конденсація.

17. Зволоження зерна внаслідок поглинання вологи з навколишнього повітря називається:

- a. десорбція;
- b. сорбція;
- c. випаровування;
- d. конденсація.

18. Вологообмін між повітрям і зерном припиняється, якщо:

- a. парціальний тиск водяних парів у повітрі і над зерном однаковий;
- b. парціальний тиск водяних парів у повітрі більший ніж над зерном;
- c. парціальний тиск водяних парів у повітрі менший ніж над зерном;
- d. низька відносна вологість повітря.

19. Певна частина води може вступати в хімічний зв'язок із сорбуючою речовиною – це:

- a. хімічно зв'язана;
- b. осмотичноувібрана;
- c. капілярна;
- d. вільна.

20. Вода, яка міститься в мікро- і макрокапілярах зерна – це:

- a. капілярнозв'язана вода;
- b. хімічно зв'язана;
- c. осмотичноувібрана;
- d. вільна.

21. Технологічний процес сортового помелу борошна призводить до:

- a. збіднення мінеральними речовинами;
- b. збагачення мінеральними речовинами;
- c. збіднення вітамінами;
- d. збагачення вітамінами.

22. Кількість мінеральних речовин встановлюють у результаті:

- a. повного спалювання подрібненого зерна при температурі 200–300°;

- b. повного спалювання подрібненого зерна при температурі 300–400°;
- c. повного спалювання подрібненого зерна при температурі 400–600°;
- d. повного спалювання подрібненого зерна при температурі 600–900°;

23. Макроелементи – підгрупа об'єднує елементи, вміст визначається від:

- a. десятків процентів до сотих часток і (10^1 – 10^2).
- b. сотих частинок до тисячних;
- b. 3.тисячних до десятитисячних частинок;
- c. 4.цілими числами.

24. Мікроелементи – підгрупа об'єднує елементи, вміст яких сягає від:

- a. тисячних до стотисячних часток процента;
- b. десятків процентів до сотих часток і (10^1 – 10^2).
- c. сотих частинок до тисячних;
- b. тисячних до десятитисячних частинок

25. Ультрамікроелементи – підгрупа складається з елементів вміст яких визначається:

- a. мільйонними частками (10^{-6}) процента і менше;
- b. тисячних до стотисячних часток процента;
- c. десятків процентів до сотих часток і (10^1 – 10^2).
- d. сотих частинок до тисячних

26. Найбільший вміст мінеральних речовин у:

- a. зародку та алейроновому шарі,
- b. ендоспермі;
- c. оболонках;
- d. зародку.

27. Найменший вміст мінеральних речовин – у:

- a. ендоспермі;
- b. оболонках;
- a. зародку
- b. алейроновому шарі.

28. До складу сухого зерна входять елементи:

- a. двох груп;
- b. трьох груп;
- c. макро- та мікроелементи;
- d. мікроелементи, мікроелементи, ультрамікроелементи.

до змістового модулю 2. Характеристика органічних речовин зерна та зерно продуктів

1. Вміст білків у зерні злаків

- a. 10–20 %,
- b. 15 – 20%;
- c. 20 – 25 %;
- d. 25 – 30 %.

2. Вміст білків у насінні бобових

- a. 25 – 40 %;
- b. 15 – 20%;
- c. 20 – 25 %;
- d. 25 – 30 %.

3. Вміст білків у насінні олійних культур

- a. 25– 40 %.
- b. 15 – 20%;
- c. 20 – 25 %;
- d. 25 – 30 %.

4. За фізіологічним або біологічним значенням амінокислоти поділяють на:

- a. три групи;
- b. дві групи;
- c. не поділяють;
- d. на чотири групи.

5. Замінні амінокислоти:

- a. синтезуються в організмі у достатній кількості;
- b. синтезуються в організмі у обмеженій кількості;
- c. не синтезуються;
- d. потрапляють з їжею.

6. Незамінні амінокислоти:

- a. синтезуються в організмі у достатній кількості.
- b. синтезуються в організмі у обмеженій кількості;
- c. не синтезуються;
- d. потрапляють з їжею.

7. білковоподібні сполуки, що синтезуються з амінокислот, при цьому аміногрупа однієї амінокислоти реагувала з карбоксилем іншої,

- a. утворюючи ковалентний зв'язок —CO—NH—
- b. утворюючи пептидний зв'язок;
- c. утворюючи йонний зв'язок;
- d. утворюючи простий зв'язок.

9. Дипептид об'єднує:

- a. дві амінокислоти;
- b. три амінокислоти;
- c. чотири амінокислоти;
- d. безліч амінокислот;

8. Дисульфідний зв'язок (—S—S—) утворюється за рахунок:

- a. двох сульфогідрильних груп (—SH) решток цистеїну.
- b. двох сульфогідрильних груп (—SH);
- c. утворюючи ковалентний зв'язок —CO—NH—
- d. утворюючи зв'язок із решток цистеїну.

9. йонний зв'язок характерний для:

- a. солей і обумовлений притяганням між протилежно зарядженими іонами;
- b. лугів і обумовлений притяганням між протилежно зарядженими іонами;
- c. утворений з двох сульфогідрильних груп (—SH);
- d. утворюючи ковалентний зв'язок —CO—NH—

10. Первинна структура білків це:

- a. лінійна послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу і порядок їх чергування;
- b. просторове розташування поліпептидного ланцюга;

- c. структура в просторі поліпептидного ланцюга, окремі ділянки якого мають вторинну структуру.
- d. молекула білків яких складається з двох або більше поліпептидних ланцюгів, зв'язаних нековалентно.

11. Вторинна структура молекули це:

- a. просторове розташування поліпептидного ланцюга;
- b. лінійна послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу і порядок їх чергування;
- c. структура в просторі поліпептидного ланцюга, окремі ділянки якого мають вторинну структуру.
- d. молекула білків яких складається з двох або більше поліпептидних ланцюгів, зв'язаних нековалентно.

12. Третинною структурою це:

- a. структура в просторі поліпептидного ланцюга, окремі ділянки якого мають вторинну структуру.
- b. просторове розташування поліпептидного ланцюга;
- c. лінійна послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу і порядок їх чергування;
- d. молекула білків яких складається з двох або більше поліпептидних ланцюгів, зв'язаних нековалентно.

13. Четвертинна структура є лише у тих білків:

- a. структура яких в просторі поліпептидного ланцюга, має окремі ділянки з вторинною структурою.
- b. які мають просторове розташування поліпептидного ланцюга;
- c. які мають лінійну послідовність амінокислот у поліпептидному ланцюгу і порядок їх чергування;
- d. молекула білків яких складається з двох або більше поліпептидних ланцюгів, зв'язаних нековалентно.

14. Залежно від конформації білки поділяють на:

- a. два класи;
- b. три класи;
- c. чотири класи;
- d. не поділяються.

15. Якість клейковини значною мірою залежить від:

- a. підвищених температур під час сушіння і гарячого кондиціювання зерна перед розмелюванням
- b. пошкодженому клопом-черепашкою;
- c. речовини, які містять сульфгідрильну групу – SH;
- d. екзогенні фактори.

16. Незамінними амінокислотами, які досить добре збалансовані багаті:

- a. білки зародку;
- b. білки ендосперму;
- c. амінокислотний склад і зерна в цілому;
- d. алейроновий шар.

17. За формою білкової молекули, яка склалася на третьому рівні просторової її організації, розрізняють білки:

- a. глобулярні і фібрилярні,
- b. альбуміни, глобуліни,
- c. проламіни,
- d. глютеліни.

18. Незамінними амінокислотами, які досить добре збалансовані багаті:

- a. білки зародку;
- b. білки ендосперму;
- c. амінокислотний склад і зерна в цілому;
- d. алейроновий шар.

19. Якість клейковини значною мірою залежить від:

- a. підвищених температур під час сушіння і гарячого кондиціювання зерна перед розмелюванням
- b. пошкодженому клопом-черепашкою;
- c. речовини, які містять сульфгідрильну групу – SH;
- d. екзогенні фактори.

20. Усі вуглеводи поділяють залежно від їх складу, структури і властивостей на

- a. три групи:

- b. моносахариди та олігосахариди,
- c. олігосахариди, полісахариди,
- d. моносахариди та полісахариди.

21. Основні продукти ферментативного гідролізу крохмалю є:

- a. в основному D –глюкоза;
- b. вода і диоксид вуглецю;
- c. дві молекули етилового спирту і дві молекули диоксиду вуглецю;
- d. дві молекули молочної кислоти.

22. Олігосахариди містять від:

- a. 2 до 10 залишків моносахаридів;
- b. 4 до 10 залишків моносахаридів;
- c. 5 до 10 залишків моносахаридів;
- d. 6 до 10 залишків моносахаридів.

23. Молекула сахарози – ангідрид двох молекул моносахаридів:

- a. глюкози і фруктози;
- b. мальтози і целобіози;
- c. мальтози і фруктози;
- d. глюкози і . мальтози.

24. Полісахариди високомолекулярні сполуки, побудовані:

- a. з великої кількості залишків моносахаридів;
- b. з трьох залишків моносахаридів;
- c. з десяти залишків моносахаридів;
- d. до десяти тисяч залишків моносахаридів.

25. Фізико-хімічні властивості крохмалю залежать від:

- a. розмірів крохмальних зерен, кількісного співвідношення окремих фракцій і їх молекулярної структури;
- b. розмірів крохмальних зерен⁴
- c. кількісного співвідношення окремих фракцій;
- d. молекулярної структури крохмальних зерен.

26. Геміцелюлози об'єднують:

- a. полісахариди різного хімічного складу, але з однаковими фізичними властивостями;
- b. полісахариди різного хімічного складу⁴
- c. моносахариди;
- d. олігосахариди.

27. Усі вуглеводи поділяють залежно від їх складу, структури і властивостей на:

- a. три групи:
- b. моносахариди та олігосахариди,
- c. олігосахариди, полісахариди,
- d. моносахариди та полісахариди.

28. Основні продукти ферментативного гідролізу крохмалю є:

- a. в основному *D* –глюкоза;
- b. вода і диоксид вуглецю;
- c. дві молекули етилового спирту і дві молекули диоксиду вуглецю;
- d. дві молекули молочної кислоти.

29. Нейтральні (прості) та полярні ліпіди (складні):

- a. ацилгліцероли (або гліцериди) та нейтральні;
- b. 3 воски та прості;
- c. каротиноїди, стероїди і вітаміни ліпідної природи

30. Реакція пере етерифікація це:

- a. взаємодія гліцеридів між собою з обміном кислотних залишків та утворення гліцеридів, які відрізняються від наступних.
- b. окислення вільних жирних кислот;
- c. гідроліз триацилгліцеринів;
- d. утворення різних кристалічних форм у незмінному хімічному стані.

31. Вітаміни розподіляють на:

- a. водорозчинні та жиророзчинні;

- b. прості та складні;
- c. вітаміноподібні речовини, не вітаміни.
- d. водорозчинні та жиророзчинні, вітаміноподібні речовини.

32. За рекомендаціями Міжнародного біохімічного союзу ферменти розподіляють на:

- a. шість класів;
- b. оксидоредуктази та трансферази,
- c. гідролази та ліази,
- d. ізомерази та лігази.

33. За сумарним вмістом зв'язаних форм ліпідів основні зернові культури поділяються на:

- a. дві групи;
- b. три групи;
- c. чотири групи;
- d. не поділяються.

34. Відповідно до хімічного складу ліпіди поділяються на:

- a. три групи;
- b. дві групи;
- c. не поділяються;
- d. чотири групи.

35. Окислення ліпідів може проходити під дією біологічних каталізаторів:

- a. ліпази та ліпоксигенази;
- b. каталази;
- c. фенолоксидази,
- d. пероксидази.

36. Реакція пере етерифікація це:

- a. взаємодія гліцеридів між собою з обміном кислотних залишків та утворення гліцеридів, які відрізняються від наступних.
- b. окислення вільних жирних кислот;
- c. гідроліз триацилгліцеринів;
- d. утворення різних кристалічних форм у незмінному хімічному стані.

37. Вітаміни відносяться до:

- a. незамінним мікрокомпонентів їжі;
- b. напівзамінним мікрокомпонентів їжі;
- c. замінним мікрокомпонентів їжі;
- d. смакових речовин.

38. Вітаміни розподіляють на:

- a. дві групи;
- b. три групи;
- c. чотири групи;
- d. не поділяють.

39. Ферменти поділяються на великі групи:

- a. однокомпонентні, які складаються виключно з білків, і
- b. двокомпонентні, до яких входять білки (апоферменти) і небілкові частини (протетична група).
- c. однокомпонентні та двокомпонентні;
- d. не поділяються.

40. Під час проростання зерна відбувається перерозподіл різних ферментів, вони проявляють свою активність:

- a. у зародку, і в інших частинах зернівки;
- b. тільки у зародку;
- c. ендоспермі та зародку;
- d. зародку.

41. Жиророзчинні вітаміни:

- a. А, Д, Е, К;
- b. група В, Р, РР, С;
- c. Р, РР;
- d. група В.

42. Водорозчинні вітаміни:

- a. А, Д, Е, К;
- b. група В, Р, РР, С;
- c. Р, РР;
- d. група В.

43. Вітаміноподібні речовини:

- a. B₁₃ (оротова кислота), B₁₅ (пангамова кислота), B₄ (холін), B₈ (інозітол)
- b. А, Д, Е, К;
- c. група В, Р, РР, С;
- d. Р, РР;

44. До простих ліпідів належать :

- a. жири і віск;
- b. фосфатиди і сульфоліпіди;
- c. стерини і їх ефіри;
- d. стериди.

45. До складних ліпідів належать :

- a. жири і віск;
- b. фосфатиди і сульфоліпіди;
- c. стерини і їх ефіри;
- d. стериди.

46. До циклічних ліпідів належать:

- a. 1.стериди, стерини і їх ефіри;
- b. жири і віск;
- c. фосфатиди і сульфоліпіди;
- d. 4.стериди.

47. Ненасиченими є ті кислоти, які мають вуглецеві атоми, з'єднані:

- a. подвійним зв'язком;
- b. з гранично можливим числом атомів водню;
- c. мають ряд загальних властивостей;
- d. кислоти з 16–18 атомами вуглецю

48. Кислотне число це:

- a. кількість міліграмів КОН, необхідного для нейтралізації вільних жирних кислот, які містяться в 1 г жиру;
- b. кількість грамів йоду, що повністю насичує вільні зв'язки в 100 г олії;

- c. це кількість міліграмів КОН, необхідного для нейтралізації як вільних, так і зв'язаних з гліцерином жирних кислот, які містяться в 1 г олії.
- d. це кількість міліграмів H_2O , необхідного для нейтралізації як вільних, так і зв'язаних з гліцерином жирних кислот, які містяться в 1 г олії.

