

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

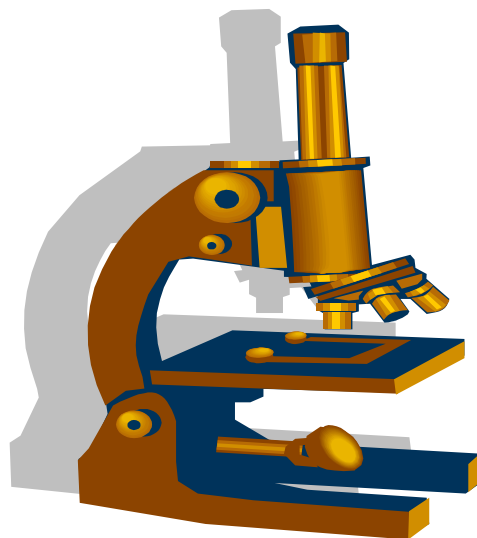
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА БІЗНЕСУ

## **“ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ”**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для самостійного вивчення дисципліни  
для студентів професійного рівня бакалавр  
за напрямом підготовки 6.051701  
«Харчові технології та інженерія»



Харків – 2012

Рекомендовано кафедрою технології  
хліба, кондитерських, макаронних виробів  
і харчоконцентратів  
протокол № від 2012 р.

Обговорено і схвалено науково-  
методичною комісією навчально-  
наукового інституту харчових технологій  
та бізнесу ХДУХТ, протокол  
№ \_\_ від \_\_\_\_\_ 2012 р.

Рецензент: к.т.н., доцент Постнова О.М.

## ВСТУП

Дисципліна “Фізико-хімічні та біотехнологічні основи технології галузі” є важливою для підготовки бакалаврів за професійним спрямуванням 6.051701 “Харчові технології та інженерія”. Вона також призначена як базова для освоєння ряду дисциплін підготовки спеціаліста та магістра, виконання науково-дослідної роботи студентів, курсових, дипломних проектів та дипломних робіт магістрів за спеціальністю 8.091702 „Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів”.

**Завдання дисципліни** – надати теоретичних знань та практичних вмінь студентам з теоретичних основ технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів з метою подальшого регулювання процесів одержання конкурентноздатної на сучасному ринку продукції.

Матеріали курсу базуються на знаннях з дисциплін «Фізика», «Фізична та колоїдна хімія», «Неорганічна хімія», «Органічна хімія» «Біохімія», «Мікробіологія», «Теоретичні основи харчових виробництв», «Процеси та апарати харчових виробництв».

Методичні вказівки необхідні студентам денної та заочної форм навчання для правильної організації самостійної роботи при вивченні теоретичного матеріалу, підготовки до лабораторних робіт, виконання контрольних робіт, підготовки до модульного контролю.

### 1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Згідно до навчального плану студенти Навчально-наукового інституту харчових технологій та бізнесу денного та заочного відділення вивчають дисципліну “Фізико-хімічні та біотехнологічні основи технології галузі” шляхом прослуховування лекційного матеріалу, виконання лабораторних занять, написання контрольної роботи, співбесіди з викладачем в період сесії.

Перед тим, як приступити до вивчення дисципліни, потрібно знати який обсяг матеріалу у годинах для її вивчення припускається (таблиця 1).

**Таблиця 1 - Структура дисципліни**

Шифр спеціальності	Форма навчання	Курс	Семестр	Всього годин	В тому числі аудиторні			Самостійна робота	Контроль
					Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття		
6.051701	денна	3	5	144	18	36	–	90	ПМК залік
6.051701	заочна	4	7	144	8	12	–	124	залік
6.051701	заочна скоро-	3	5, 6	144	10	6	–	128	залік

	чена								
--	------	--	--	--	--	--	--	--	--

Самостійна робота є важливою складовою опанування дисципліни. В ході роботи студент самостійно вивчає рекомендовану літературу, готується до лекцій, лабораторних занять, виконання контрольної роботи, складання модульного контролю, заліку. Студент допускається до виконання лабораторного практикуму тільки після контролю міри підготовленості за окремими темами дисципліни шляхом співбесіди з викладачем. Лекційний матеріал під час сесії включає основні найбільш складні питання з курсу, решту інформації, що передбачена програмою дисципліни, студенти вивчають самостійно. Засвоєнню теоретичного матеріалу цієї дисципліни сприятиме робоча програма дисципліни [16], опорний конспект лекцій, який є структурно-логічною схемою теоретичного матеріалу дисципліни [17], Робочий зошит для виконання лабораторного практикуму [18] та збірник тестів для контролю знань [19]. Придбання міцних знань можливо лише за умови систематичної самостійної роботи над матеріалом дисципліни. За вивчення будь-якої теми, необхідно використовувати підручники за переліком літератури. При роботі над темою треба звертати увагу на поняття, термінологію, які застосовуються при формулюванні основних положень курсу, скласти конспект з основних теоретичних питань. Вивчати теми необхідно у тій послідовності, в якій вони викладені в робочій програмі, приступати до наступної теми треба в разі, коли повністю засвоєно попередню. Кафедра рекомендує методику самостійної роботи, що наведена на схемі 1.



2 **ВЕЛОМЕШПАНІ ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ**  
Рисунок 1 – Блок–схема самостійного вивчення дисципліни  
«Фізико-хімічні та біотехнологічні основи технології галузі»

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ № 1** **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОДЕРЖАННЯ** **КАРАМЕЛЬНИХ І ПОМАДНИХ МАС**

### ***1.1. Вступ до дисципліни. Фізико-хімічні властивості сахарози***

Дисципліна є необхідною складовою підготовки бакалавра за професійним спрямуванням 6.051701 «Харчові технологія та інженерія». Вона також призначена як базова для освоєння ряду дисциплін підготовки спеціаліста та магістра, виконання науково-дослідної роботи студентів, курсових, дипломних проєктів та дипломних робіт магістрів за спеціальністю 7.05170103 та 8.05170103 „Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів”.

Вступ до дисципліни передбачає визначення основних понять: об’єкт, мета та завдання дисципліни.

**Об’єктом вивчення дисципліни** є технології хлібобулочних, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів.

**Метою навчання дисципліни** є надання студентам знань з теоретичних та практичних аспектів одержання продукції галузі, а саме: фізико-хімічних, біохімічних, мікробіологічних та реологічних основ цих технологій, та набуття вмінь пошуку та використання сучасних чинників та прийомів регулювання якості напівфабрикатів та готової продукції для раціонального ведення та подальшого вдосконалення технологічного процесу.

**Завдання дисципліни** – надати теоретичних знань та практичних вмінь студентам з теоретичних основ технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів з метою подальшого регулювання процесів одержання конкурентноздатної на сучасному ринку продукції.

Під час вивчення теми «Фізико-хімічні властивості сахарози» слід розглянути такі її властивості, як – гідратація, розчинність, здатність утворювати відносно стійкі пересичені розчини, які виграють велику роль під час одержання та уварювання цукрових, цукрово-патокових та інших сиропів, кондитерських мас з кристалічною або аморфною структурою, в процесах структуроутворення під час формування помадних, молочних та лікерних мас, ірису з кристалічною структурою.

Знаючи фізико-хімічні властивості розчинів цукрів, можна керувати багатьма технологічними процесами під час виготовлення кондитерських виробів, а, отже, гарантувати їх якість. Керуючи процесом кристалізації сахарози з пересичених розчинів, можна досягнути високої якості помадних, молочних та лікерних мас. Під час тривалого темперування помадних, молочних мас та змінення температури відбувається процес рекристалізації сахарози, що знижує якість цукеркових мас.

Потрібно розглянути сутність процесу гідратації сахарози. Вона пов’язана з наявністю в них гідроксильних груп **ОН**, **СН** та **СО**, що здатні

утворювати водневі зв'язки з молекулами води.

Після ретельного розгляду механізму процесу гідратації потрібно перейти до вивчення його характеристик – числа гідратації та ступеня гідратації.

Необхідно знати, що під числом гідратації розуміють кількість молекул води, що утримується молекулою розчиненої речовини. Середній ступінь гідратації визначається кількістю грамів гідратної води, що припадає на 1 г розчиненої речовини, або кількістю молей гідратної води на 1 моль речовини. Розгляньте формули для розрахунку даних характеристик процесу гідратації.

Після цього потрібно перейти до розгляду чинників, що впливають на процес, – температури та концентрації розчину.

Треба враховувати, що промислові розчини кондитерського виробництва є багатокомпонентними, в них міститься сахароза, глюкоза, фруктоза, мальтоза та інші речовини, що взаємно впливає на ступінь гідратації молекул сахарози.

Під час вивчення властивості розчинності сахарози потрібно спочатку розглянути поняття та характерні властивості ненасичених, насичених та пересичених розчинів цього дисахариду, а потім перейти до розгляду трикутників **Гібса-Розебума** – ізотерм розчинності потрійних систем цукрів за певних температур розчиннику і евтонічних точок на них. Треба знати, що за ними та положенням евтонічної точки можна судити про витісняючу дію інгредієнтів розчину.

Необхідно звернути увагу на залежність в'язкості розчинів цукрів від їх температури та концентрації.

Потрібно розглянути способи, за допомогою яких отримують пересичені розчини сахарози та визначити їх властивості – відносну стійкість та кристалізацію.

Заключним етапом вивчення теми є ознайомлення з особливостями одержання карамельних мас і основних закономірностях кристалізації сахарози з розплаву.



**Література:** [1, с. 9–19, 27–28, 247–265], [16, с. 20–24], [17, с. 24–29].

#### **Запитання для самоконтролю:**

1. Що є об'єктом, метою вивчення дисципліни «Фізико-хімічні та біотехнологічні основи технології галузі»?
2. Які завдання дисципліни?
3. Які основні фізико-хімічні властивості сахарози?
4. Завдяки чому сахароза має підвищену гідратаційну здатність?
5. Що таке число гідратації?
6. Як впливають температура та концентрація розчину на процес гідратації сахарози?
7. Як виявити здатність молекул сахарози до розчинення в багатокомпонентних розчинах?
8. Що таке евтонічна точка розчину?
9. Вкажіть засоби, за допомогою яких отримують пересичені розчини сахарози.

10. Яким чином відбувається кристалізація молекул сахарози з розплаву?

👉 **Завдання для закріплення знань з теми**

**Заповніть графі таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Розчин сахарози			
Ступінь гідратації			
Трикутник Гібса-Розебума			
Розплав сахарози			
Витісняюча дія цукрів			

### **1.2 Теоретичні основи одержання помадних мас**

Вивчення цієї теми потрібно почати з розгляду двох стадій кристалізації, тобто утворення центрів кристалізації та їх зростання до видимих кристалів.

Усвідомити поняття флуктуації та сутність процесу утворення центрів кристалізації. Потрібно знати, що згідно з загальними принципами статистичної механіки навіть в термодинамічно стійкій системі рух часток розчину приводить до постійного виникнення та зникнення відхилень від їх середнього розподілу в одиниці об'єму. Цей процес має назву флуктуація концентрації речовини в розчині. Розміри флуктуації, тобто число молекул, якій приймають участь в флуктуації, та міри відхилення від середнього розподілу можуть бути самими різними. Флуктуації концентрації сприяють утворенню асоціатів, які складаються з  $n = 2$  до  $n = n_k - 1$  молекул розчиненої речовини. Подібні утворення мають назву зародки нової фази. Вони можуть виникати в насичених і навіть в ненасичених розчинах, проте, досягають незначних розмірів і швидко розпадаються.

Можливість утворення асоціатів залежить від концентрації, температури і природи розчинених речовин. Зі зростанням концентрації та температури асоціація посилюється, тому що ці чинники сприяють дегідратації молекул розчиненої речовини.

В пересичених розчинах окремі зародки нової фази за рахунок приєднання до них одиночних або груп молекул можуть досягати так званих «критичних» розмірів, які складаються з  $n_k$  молекул, стають стійкими та здатними до самостійного росту. Такі утворення мають назву центрів нової фази, або центри кристалізації.

Надалі потрібно розглянути механізм росту кристалів. Визначити залежність швидкості росту кристалів від частоти перемішування, а також температури та концентрації розчину.

Необхідно знати, що для опису механізму зростання кристалів, **Нойєсом А., Андрєєвим І. та Уїтні Ф.** розроблено **дифузійну теорію процесу кристалізації**. Згідно з цією теорією навколо кристалу, який росте, знаходиться

нерухомий шар розчину товщиною  $h$ , що його оточує. Безпосередньо у самої грані кристалу концентрація розчину дорівнює концентрації насичення  $C_n$ . На відстані  $h$  від граней кристалу розчин пересичений, його концентрація  $C$ . Внаслідок різниці концентрацій ( $C - C_n$ ) молекули сахарози дифундують крізь нерухомий шар розчину  $h$  і, досягнувши граней кристалу, викристалізуються на них.

Після освоєння механізму кристалізації необхідно перейти до розгляду самовільного кристалоутворення за надходження різних затравок.

Визначте основні закономірності кристалізації цукрози з розплаву.

Слід детально розглянути вплив чинників на кінетику процесу кристалізації сахарози: початкової концентрації розчину, температури, перемішування, в'язкості.

Зі збільшенням початкової концентрації розчину за постійної температури зростає пересичення. Рухомою силою кристалізації є надлишкове пересичення.

Виявлено два випадки впливу температури на кінетику кристалізації:

– коли кристалізація виникає в розчині з постійною початковою концентрацією, але за різних температур;

– коли розчин має постійний коефіцієнт пересичення ( $\alpha = \text{const}$ ) за будь-яких температур.

Необхідно знати, що помадна маса являє собою систему, що складається з трьох фаз: рідкої, твердої та газоподібної. Рідку фазу утворює розчин молекул сахарози, тверду – кристали сахарози, газоподібну – кульки повітря, що отримано під час перемішування помадної маси.



**Література:** [1, с. 29–49], [16, с. 20–24], [17, с. 24–29].

#### Запитання для самоконтролю:

1. Що є флуктуацією концентрації?
2. Які стадії процесу кристалоутворення молекул сахарози?
3. Що описує дифузійна модель зростання кристалів сахарози?
4. Як відбувається кристалоутворення в пересиченому розчині під час надходження затравок?
5. Надайте опис впливу технологічних чинників на кінетику процесу кристалізації молекул сахарози.

#### Завдання для закріплення знань з теми

##### Заповніть графі таблиці:

Поняття	Що позначає розглянуте поняття в цій темі	Де і в якому контексті зустрічається поняття	Який прикладний аспект має поняття
Асоціати			
Рухома сила кристалізації			
Флуктуація			
Зародок нової фази			



**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ № 2**  
**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ**  
**В ТЕХНОЛОГІЇ МАРМЕЛАДО-ПАСТИЛЬНИХ ВИРОБІВ**

*2.1 Фізико-хімічні процеси в технології мармеладних мас*

Розпочинати вивчення даної теми потрібно з розгляду класифікації та характеристики желейних кондитерських мас.

Дуже важливо для наступної практичної діяльності знати склад та фізико-хімічні властивості драглеутворювачів тваринного та рослинного походження, серед яких желатин, агар, агар-агар, агароїд, фуруцеларан, карагенани, альгінати, пектини, крохмалі.

Слід знати, що під час виробництва желейних мас драгле утворюючі речовини попередньо замочують протягом 1–3 години в ванні з проточною водою температурою 15–25 °С. Під час замочування агару, агароїду, фуруцеларану відбувається набухання, при цьому поглинається 400–600% води до маси високомолекулярної речовини, а надалі відбувається розчинення друглеутворювачів.

Варто звернути особливу увагу на те, що раніше виходили з міцелярної теорії будови високо полімерів та розглядали процес розчинення як диспергування високомолекулярної речовини в розчиннику з утворенням гетерогенних, термодинамічно нерівномірних та нестійких колоїдних розчинів.

Потім розроблено молекулярну теорію, згідно з якою розчинення висомолекулярної речовини відбувається самовільно, часто з виділенням теплоти. Під час розчинення не потрібно присутності стабілізатору. Молекули високомолекулярних сполук в розчині знаходяться у вигляді згорнутих в клубок гнучких ниток. В результаті теплового руху конфігурація згорнутих ниток весь час змінюється. В цілому, однак, форма клубка завжди залишається близькою до форми витягнутого еліпсоїду.

Розчинення високомолекулярних речовин обумовлений енергетичною дією між молекулами розчиненої речовини та розчинника, а також ентропійного чинника, що характеризує рівномірний розподіл молекул розчиненої речовини в розчині. Розчинення високомолекулярних речовин з лінійними молекулами супроводжується набуханням, яке є першою стадією розчинення. Під час набухання в воді розчинення відбувається в дві стадії. Макромолекули в аморфних високомолекулярних речовинах упаковані порівняно щільно, а під час теплового руху між гнучкими ланцюгами утворюються щілини, в які дифундують молекули води. Відбувається гідратація макромолекул, яка супроводжується виділенням теплоти, руйнуванням зв'язків між окремими макромолекулами, упорядкованим розташуванням молекул води навколо молекул високо полімерів. На другій стадії, коли зв'язки між окремими макромолекулами сильно послаблені, вони відриваються від основної маси речовини та дифундують в середовище, утворюючи однорідний істинний розчин. На цій стадії процес розчинення обумовлений чисто ентропійними причинами.

Чим більша молекулярна маса речовини, тим повільніше відбуваються процеси набухання та розчинення.

Слід знати, що **драглеутворення** – це перехід розчину високомолекулярної речовини в драглі – систему, що проявляє низку властивостей твердого тіла.

Механізм процесу драглеутворення зав допомогою полісахаридів чорних водоростей описується **моделлю Риса**. Згідно з даною моделлю макромолекули в розчинах за температур 90...100 °С знаходяться в стані, що є схожим на клубок. Зі зменшенням температури відбувається перехід клубок – спіраль. Одночасно молекули намагаються об'єднатись між собою, утворюючи ділянки з подвійними спіралями, далі йде взаємодія між подвійними спіралями.

Пектинові речовини утворюють драглі за моделлю, яка має назву «яєчна упаковка».

Встановлено, що процес драглеутворення пектинових речовин під час виробництва мармеладу проходить з достатньою швидкістю, коли концентрація цукру відповідає насиченому розчину за температури 70 °С. В такому розчині всі молекули води зв'язані і утримуються молекулами сахарози. Сила такого зв'язку значно перебільшує силу зв'язку молекул води з пектиновими речовинами, тому таке дисперсійне середовище сприяє агрегуванню пектинових речовин.

Потрібно ознайомитись з впливом окремих компонентів рецептури (води, драглеутворювача, цукру, кислоти, буферних солей тощо) на процес драглеутворення. Відомо, що додавання сахарози до розчину будь-якого драглеутворювача сприяє збільшенню міцності отриманого драглю.

Органічні кислоти, що додаються під час отримання драглів, виконують роль електrolіту: ефект впливу кислоти на процес драглеутворення залежить від природи та ступеня дисоціації, тобто від створеної в розчині концентрації іонів водню, яка характеризується значенням рН.

Заключним етапом вивчення теми є ознайомлення з впливом технологічних чинників на процес утворення драглю.



**Література:** [1, с. 185–216], [2, с. 150–170], [12, с. 10–29, 31–32], [16, с. 25–26], [17, с. 29–33].

### Запитання для самоконтролю

1. Вкажіть види та надайте характеристику драглеутворювачів, що використовуються в кондитерському виробництві.
2. Опишіть механізм процесу драглеутворення за Рисом?
4. Як впливають на процес драглеутворення вид драглеутворювача?
5. Опишіть вплив води і сахарози на процес отримання та якість драглю.
6. Коли потрібно вносити харчові кислоти в мармеладну масу?
7. В яких випадках додають в мармеладну масу буферні солі? Опишіть механізм їх дії.
8. Як впливають технологічні чинники на процес драглеутворення?

**Завдання для закріплення знань з теми**

**Заповніть графи таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Карагенани			
Пектинові речовини			
Механізм драглеутворення			
Модель Риса			
Модель «яєчна коробка»			

**2.2 Фізико-хімічні процеси в технології одержання пастильних мас**

Ця тема містить у собі ознайомлення з класифікацією піноподібних мас в технології галузі, а також з особливостями одержання і стабілізації харчових пін. Всі кондитерські вироби цієї групи формуються з піно подібних мас. В яких дисперсною фазою є повітря.

Важливим моментом вивчення цього матеріалу є розгляд структури кулькової і поліедричної піни. Потрібно знати, що кулькова піна чи газова емульсія – дисперсія газу і рідини, в якій концентрація газу мала, а товщина рідких прошарків зіставима з розміром газових кульок. Збільшення ступеня насичення піни газом приводить до перетворення кулькової піни в поліедричну з концентрацією газу більш 50–75% і взаємним стисканням кульок піни.

Плівки рідини, що знаходяться між кульками, утворюють трикутники Плато. У кожному ребрі багатогранника сходяться три рідкі плівки, що є стінками кульок і утворюють між собою кут, близький 120°.

**Запам'ятайте 1-е правило Плато: тільки за величини кута 120° сили на тяжіння плівок можуть урівноважитися.**

У місцях стиків плівок (ребра багатогранника) утворюються стовщення, які мають назву **каналами Плато–Гіббса**. Чотири канали сходяться в одній точці, утворюючи **вузли**.

Розберіть сутність і метод визначення показників, що характеризують властивості піноподібних систем: кратність, піноутворююча здатність, піностійкість, густина пін.

Слід знати, що отримати стійку піну у чистій рідині без плівко утворювача неможливо. Для отримання пін необхідної якості і стабільності використовують піноутворювачі двох типів (родів): істинно розчинні (низькомолекулярні) поверхнево-активні речовини і колоїдні ПАР, білки і деякі інші природні високомолекулярні сполучення.

При утворенні пін у присутності ПАР відбувається адсорбція їх молекул

у тонкому шарі плівки рідкого дисперсійного середовища на межі з газовою дисперсною фазою, що призводить до зниження поверхневого натягу на межі розділу фаз. Адсорбційний шар ПАР змінює структуру поверхні між фазовою межею, підвищуючи її механічні міцність. У присутності піноутворювачів 1 роду стійкість піни збільшується пропорційно концентрації ПАР, проте такі піни не стійкі і швидко руйнуються. У разі використання піноутворювачів 2 роду з підвищенням їх концентрації підвищується міцність структури піни, каркас якої здатен утримати стікання рідини з плівок.

Засвоївши даний матеріал, необхідно перейти до розгляду впливу технологічних чинників (рН, способу піноутворення, в'язкості системи) та інгредієнтів рецептури (цукру, кислоти, поверхнево-активних речовин тощо) на властивості піни.



**Література:** [1, с. 216–237], [2, с. 176–180], [12, с. 41–42], [13, с. 12–43], [14, с. 1–120], [16, с. 27–28], [17, с. 33–38].

### Запитання для самоконтролю

1. Назвіть класифікацію піноподібних мас в технологіях галузі.
2. Що є кулькова та поліедрична піни?
3. Охарактеризуйте механізм піноутворення.
4. Про що наголошує перше правило Плато?
5. Яким чином впливає ПАР на стабільність піни?
6. Як впливають технологічні чинники та інгредієнти рецептури на властивості піни?

 **Завдання для закріплення знань з теми**

**Заповніть графі таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Трикутник Плато			
Канал Плато–Гіббса			
Адсорбційний шар ПАР			
Піностійкість			
Кратність піни			

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ № 3 ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ТЕХНОЛОГІЇ ШОКОЛАДУ

### 3.1 Фізико-хімічні процеси в технології шоколаду

У даній темі розглядаються властивості основної сировини – какао-бобів, какао тертого та фізико-хімічні процеси під час інтенсивної механічної та теплової обробки шоколадних мас.

Слід усвідомити, що основне призначення різних способів обробки – досягти високої дисперсності твердих часточок, однорідності складу, високих смакових якостей готових виробів.

Студенти повинні вивчити будову, склад і властивості какао–бобів.

Основними стадіями технологічного процесу отримання шоколадних мас є: обсмажування какао–бобів, отримання і обробка какао крупки, розмел какао крупки до какао тертого, змішування рецептурних інгредієнтів, подрібнення, розводка какао–маслом, гомогенізація або коншування шоколадних мас, темперування.

Студенти повинні звернути увагу, що какао терте та шоколадні маси відрізняються великим вмістом твердих речовин. Вони відносяться до ліофобних дисперсних систем. Такі системи є термодинамічно нестійкими, тому що володіють надлишком вільної поверхневої енергії. В них самовільно відбувається агрегування (коагуляція) твердих часточок, що зменшує поверхню зіткнення часточок дисперсної фази з дисперсійним середовищем, і система переходить в стан з більш низькою потенційною енергією.

Важливо звернути увагу на будову, склад і властивості какао-бобів як основної сировини і процеси, що відбуваються в них за впливу технологічних чинників під час операції обсмаження.

Наступним кроком до вивчення теми є ознайомлення з хімічним складом і фізико-хімічними властивостями какао-масла. Слід знати, що воно є значною і цінною складовою какао–бобів і складає 52–56%. Какао–масло відноситься до твердих жирів. Основна маса його складається з тригліцеридів. Найбільш часто до складу тригліцеридів какао масла входять ацикли пальмітинової, стеаринової та олеїнової кислот – таблиця 2.

Таблиця 2 – Гліцеридний склад какао–масла

№ з/п	Найменування тригліцеридів	Вміст, в %	Температура плавлення, °С
1	Олеопальмітостеарин	53,0	34,5
2	Олеодистеарин	18,5	43,5
3	Олеодипальмітин	7,0	29,0
4	Дипальмітостеарин	2,5	65,0
5	Диолеопальмітин	4,0	Рідкі за кімнатної температури
6	Диолеостеарин	4,5	
7	Олеолинолеопальмітин	4,5	
8	Олеолинолеостеарин	4,5	

Температура плавлення всього комплексу три гліцеридів, які складають какао–масло, 31–36 °С, тобто є близькою до температури плавлення β–олеопальмітостеарину, який присутній в ньому в найбільшій кількості.

Властивості какао–масла характеризуються наступними показниками – таблиця 3.

Низьке йодне число свідчить про велику стійкість какао–масла до згірнення, що є одним з важливих властивостей, які дозволяють виробляти шоколадні вироби тривалого терміну зберігання. Ймовірно, до складу какао–масла входить сильний антиоксидант, або його стійкість до дії кисню

повітря передбачена власною будовою тригліцеридів.

Какао–маслу притаманні поліморфні властивості. Вони проявляються в тому, що тригліцериди та жирні кислоти, що входять до складу какао–масла, за різних температур утворюють різні за будовою аморфні та кристалічні модифікації, температура плавлення, застигання та інші фізичні властивості яких неоднакові.

За різних температур гліцериди какао–масла можуть знаходитись в одній з чотирьох форм:  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta'$  та  $\beta$ . Поліморфне перетворення за схемою  $\gamma \rightarrow \alpha \rightarrow \beta' \rightarrow \beta$  відбувається в часі за відповідних температур. Існуюча  $\gamma$ -модифікація є найбільш легкоплавою, метастабільною формою гліцеридів. Її можна одержати за різкого охолодження розплаву масла до 18 °С.

Таблиця 3 – Властивості какао-масла

Показники якості	Характеристика або величина
<i>Органолептичні</i>	
Смак	Нейтральний
Запах	Специфічний приємний какао
Колір	Світло–жовтий
<i>Фізико-хімічні</i>	
Масова частка вологи і летких речовин, %, не більше	0,3
Температура плавлення, °С:	
початкова	31–34
кінцева	33–36
Температура застигання, °С	28–23
Титр	45–51
Йодне число, г I <sub>2</sub> /100 г	32–38
Кислотне число, мг КОН/г, не більше	< 2
Пероксидне число, ммоль/кг, не більше	< 2
Коефіцієнт рефракції	
за 40 °С	1,4560–1,4578
за 60 °С	1,4489–1,4496
Щільність, кг/см <sup>3</sup> :	
за 40 °С	999–998
за 60 °С	857–858
Час застигання, хв., не більше	29,7
Твердість за Камінським, г/см, не менше за 20 °С	600
Вміст твердих тригліцеридів, %:	
за 20 °С	72...77
за 25 °С	62...67
за 30 °С	45...50
за 35 °С	5 max

Гліцериди, знаходячись в  $\gamma$ -модифікації, мають найбільший питомий

об'єм, найменшу густину та крихкість і малий ендотермічний ефект в порівнянні з іншими поліморфними формами. За повільного нагрівання речовина в  $\gamma$ -формі розм'якшується і каламутнішає, в ній відбувається кристалізація та перехід в наступну метастабільну, але вже кристалічну  $\alpha$ -форму, яка має більш високу температуру плавлення. Поліморфне перетворення в  $\alpha$ -форму відбувається за температури 23,5...25,5 °С. Подальше перетворення в наступну, більш високоплавку, метастабільну, кристалічну  $\beta'$ -форму настає під час нагрівання гліцериду, що знаходиться в  $\alpha$ -формі, до температури 28 °С. Самою високоплавкою, єдиною стабільною, кристалічною є  $\beta$ -форма. Перехід в цю модифікацію з  $\beta'$ -форми відбувається за температури 30 °С.

Тому поліморфні властивості какао-масла ускладнюють технологію шоколадної глазури: потребують спеціальної операції – темперування. Під час її реалізації створюються такі температурні режими, за яких в какао-маслі відбуваються поліморфні перетворення гліцеридів в стійку  $\beta$ -форму.

Під час вивчення теми потрібно розглянути фізико-хімічні процеси, що відбуваються за одержання і обробки какао-крупки.

Необхідно знати, що какао-крупка складається з подрібнених ядер какао-бобів різних фракцій розміром 0,5–8,0 мм, що вивільнені від часточок какаовелли, вміст якої не повинний перевищувати 1,5% за масою крупки. Під час подрібнення обсмажених і охолоджених какао-бобів дуже важливо одержати якомога більше крупних фракцій, що в свою чергу полегшує більш повний розподіл за допомогою повітряної сепарації какао-крупки та оболонки.

Какао-крупку розмелюють для одержання какао тертого (ГСТУ 18.11-96. Какао терте. Технічні умови). Середній хімічний склад какао тертого показаний в таблиці 4.

Таблиця 4 – Середній хімічний склад какао тертого, %

Речовина	Кількість	Речовина	Кількість
Жир	53,0–54,8	Пентозами	1,3–1,5
Вода	1,8–5,5	Клітковина	2,8–3,5
Білки	10,0–12,0	Дубильні речовини	2,2–4,0
Крохмаль	6,0–8,0	Органічні кислоти	0,5–2,2
Цукри	0,7–1,0	Зола	2,2–3,0
Теобромін	0,1–0,3	Безазотисті речовини	6,4–15,2

Надалі потрібно розглянути характеристику фізико-хімічних процесів, що відбуваються за одержання і обробки какао-крупки. Слід знати, що какао терте – це суспензія, в якій дисперсійним середовищем є какао-масло, а дисперсною фазою – подрібнені частки клітинних стінок. Ефективність розмелу какао крупки визначається дисперсністю та в'язкістю какао тертого. Чим вища дисперсність твердих часточок, тим краще виділяється какао-масло і тим меншою є за даної температури та вологості в'язкість какао тертого.

Особливого значення набувають технологічні показники шоколадних мас – дисперсність та в'язкість.

В шоколадних масах присутні два різні види твердих часточок – цукру та какао-бобів. Стійкість структури визначається силою виниклих

контактів між часточками дисперсної фази, щоб запобігти седиментації часточок під дією сили тяжіння і руйнування структурної сітки.

В шоколадних масах можливе утворення структур двох типів:

1. Коагуляційні структури з мікрочасточок цукру, що з'єднані через тонкі плівки води (1–3 мономолекулярних шари).

2. Коагуляційні структури з мікрочасточок кліткових тканин какао–бобів, що з'єднані через прошарки масла.

Подальшим етапом вивчення теми є розгляд розріджуючої здатності поверхнево-активних речовин, а також види, властивості та вимоги до заміників какао-масла.

Потрібно знати, що десертні сорти шоколаду підлягають коншуванню. Це найтриваліша безперервна механічна та теплова обробка маси протягом 50–72 годин за температури 45–50 °С – для молочних та 65–70 °С – для інших сортів шоколаду. При цьому досягаються оптимальні значення в'язкості, дисперсності, формуються специфічний смак, аромат та колір шоколаду.

Особливої уваги потрібно приділити операції темперування, яке необхідне для здійснення складного процесу кристалізації какао–масла, що обумовлено явищем поліморфізму в ньому.



**Література:** [1, с. 109–181], [2, с. 194–201, 208–217, 228–250, 259–268, 281–284], [12, с. 52–57].

#### Запитання для самоконтролю:

1. Надайте характеристику основної сировини для виробництва шоколаду та шоколадних виробів.
2. Який хімічний склад мають какао–боби?
3. Які основні фізико-хімічні властивості какао–масла?
4. Назвіть етапи отримання какао тертого.
5. Якими показниками визначається ефективність помелу какао тертого?
6. Як досягають зниження в'язкості шоколадних мас?
7. Назвіть заміники какао–масла.
8. Для чого призначені операції коншування та темперування? Вкажіть їх раціональні параметри протікання.

#### Завдання для закріплення знань з теми

##### Заповніть графі таблиці:

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Поліморфізм гліцеридів какао-масла			
Какао терте			
Структури шоколадних мас			
Розрідження			



## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ № 4

### ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БОРОШНА ЯК СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ГАЛУЗІ

#### ***4.1 Властивості білково-протеїназного комплексу борошна різних видів та їх зміна під дією технологічних чинників***

Тема призначена для отримання знань з хлібопекарських властивостей основної сировини хлібопекарського виробництва – борошна і вмінь їх оцінювати для прогнозування якості хлібобулочних виробів.

Перш ніж приступити до освоєння матеріалу, потрібно уяснити, що хлібопекарські достоїнства борошна обумовлюються сукупністю таких показників: здатністю утворювати тісто з певними структурно-механічними властивостями і певним ступенем їх зміни під час бродіння – силою борошна; газо утворюючою здатністю, тобто здатністю за певний час бродіння тіста забезпечувати виділення тієї чи іншої кількості диоксиду вуглецю; кольором борошна і здатністю його темнішати у процесі виробництва хліба; автолітичною здатністю, тобто здатністю до розщеплення високомолекулярних складових під дією власних ферментів борошна і накопичення водорозчинних речовин; крупністю частинок борошна; водопоглинальною здатністю.

Розберіть уважно, що є сильним, слабким і середнім борошном. Після цього перейдіть до вивчення білково-протеїназного комплексу борошна, який характеризується кількістю і станом білків, активністю протеолітичних ферментів, наявністю активаторів та інгібіторів протеолізу.

Зупиніться уважніше на понятті клейковина, розгляньте її хімічний склад, ферментативну активність, гідратаційну здатність, структурно-механічні властивості. Потрібно знати, що реологічні властивості клейковини тіста обумовлені гліадиноюю та глютеніноюю фракціями білків. Гідратований глютенін – це губоподібна короткорозтяжна, пружна маса. Гідратований гліадин маж в'язко-текучу консистенцію, сильно розтяжний, липкий. Розкрийте, як це пояснюється структурою молекул цих білків.

Вивчаючи даний розділ, акцентуйте увагу на ферментах і силі борошна. Розгляньте механізм дії протеїназ і пептидаз на структуру білків, а також оптимум їх дії і умови інактивації. Поряд з цим з'ясуйте дію активатору протеолізу – глютаїону, який надходить з зерна, борошна, дріжджів, а також амінокислот цистеїну, цистіну і їх залишків, що містяться в структурі білкових речовин борошна.

Далі перейдіть до розгляду інгібіторів протеолізу і їх ролі в зміні властивостей білково–протеїназного комплексу.

Окремим питанням для вивчення є вплив ліпідної і вуглеводної фракції у формуванні структури клейковинного каркасу тіста. Фактор поглинання води крохмалем значною мірою впливає на консистенцію тіста, а, отже, на його структурно–механічні властивості, які й визначають силу борошна. Конкурентом білкам при поглинанні води є також пентозани. Нерозчинні у воді пентозани значно підвищують силу борошна з м'яких пшениць; поліпшують силу борошна внаслідок взаємодії з білками клейковини. Складні ліпіди –

фосфоліпіди, гліколіпіди та ліпопротеїди беруть участь у структурі складових частин борошна, поліпшують еластичність клейковини.

Розкрийте вплив технологічних чинників на властивості клейковини.

Вивчення особливостей білково-протеїназного комплексу житнього борошна здійсніть як порівняльну оцінку з таким пшеничного борошна. Це дозволить закріпити матеріал, що розглянуто вище, і запам'ятати поточну інформацію.

Найважливішим питанням є вплив умов вирощування зерна, його зберігання та переробки на активність протеолітичних ферментів.

Особливе значення для майбутньої професійної діяльності має ретельний розгляд і освоєння шляхів регулювання протеолізу під час бродіння тіста. З'ясуйте, які ферментні препарати мікробного походження і за яких виробничих умов використовують в тістovedенні. Освойте шляхи гальмування протеолізу в разі використання борошна з зерна, ушкодженого клопом-черепашкою.

Потрібно знати, що силу борошна оцінюють за кількістю і якістю клейковини. Кількість клейковини визначають шляхом відмивання її з тіста, приготовленого з 25 г борошна вологістю 14,5% і 13 см<sup>3</sup> водопровідної води з температурою  $18 \pm 2$  °C вручну. На відміну від прийнятого в Україні методу відмивання клейковини у воді, міжнародними стандартами (ІСО-5531) передбачається відмивання клейковини буферним розчином кухонної солі. Існують методи відмивання клейковини за допомогою приладів «Глютенекс» швейцарської фірми «Блер», «Глютоматік» (фірма «Партен інструмент АВ», Швеція), МОК-1 та інших.

Якість клейковини оцінюють за її кольором, розтяжністю, еластичністю, пружністю, розпливанням кульки у часі. Важливим показником якості є гідратаційна здатність клейковини. Для оцінки структурно-механічних властивостей тіста застосовують такі прилади, як фаринограф, валоригграф, пенетрометри, пластометр, реотест, екстенсометр. Розгляньте принцип визначення даної групи властивостей за допомогою вказаних приладів при використанні Робочого зошиту для виконання лабораторного практикуму з дисципліни [18].

На завершення вивчення даної теми необхідно детально ознайомитись з макаронними властивостями борошна, які визначаються кількістю клейковини, вмістом каротиноїдних пігментів, вмістом темних вкраплень, крупністю помелу.



**Література:** [3, с. 29–34, 41–42, 59–80], [4, с. 23–33, 100–140], [5, с. 36–40], [6, с. 36–70], [7, с. 32–36], [16, с. 4–8], [17, с. 4–14].

### **Запитання для самоконтролю:**

1. Якими показниками характеризують хлібопекарські властивості пшеничного і житнього борошна?
2. Що означає термін «сила борошна»?
3. Як характеризують борошно за силою?

4. Розкрийте поняття білково-протеїназний комплекс борошна.
5. Які білки входять до складу пшеничного борошна?
6. Які білки формують клейковину?
7. Вкажіть роль клейковини у формуванні сили борошна.
8. Які внутрішньомолекулярні зв'язки формують структурно-механічні властивості клейковини?
9. Які речовини є активаторами та інгібіторами протеолізу?
10. Як впливають вуглеводна і ліпідна фракції на силу борошна?
11. Які ферментні препарати і в яких випадках застосовують в виробничих умовах тістопечення?
12. Вкажіть особливості білків житнього борошна.
13. Як проявляються хлібопекарські властивості борошна з зерна, ушкодженого клопом–черепашкою?
14. Назвіть шляхи гальмування протеолізу.
15. За яким показниками і за допомогою яких приладів оцінюють силу борошна?
16. За якими показниками характеризують макаронні властивості борошна?

 **Завдання для закріплення знань з теми**

**Заповніть графі таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Глютатіон II			
Каротиноїдні пігменти			
Альвеограма			
Фаринограма			
Дисульфідний місток			

#### ***4.2 Властивості вуглеводно-амілазного та ліпідно-ліполітичного комплексів борошна та їх зміна під дією технологічних чинників***

Якщо попередня тема засвоєна добре, то при роботі над цією не буде особливих труднощів, оскільки вона передбачає подальший розгляд хлібопекарських властивостей пшеничного і житнього борошна. На цьому етапі приділяється увага характеристиці поняття вуглеводно–амілазний комплекс борошна. Потрібно знати, що від стану даного комплексу, який обумовлений вмістом цукрів, крохмалю, пентозанів, а також амілолітичних ферментів, залежить показник газоутворювальна здатність борошна. Вона характеризує спроможність борошна забезпечити цурками процеси бродіння тіста, вистоювання тістових заготовок і забарвлення скоринки хліба.

Важливим моментом є вивчення ролі вуглеводної фракції у формуванні структури тіста.

Слід знати, що до складу вуглеводно-амілазного комплексу борошна входять  $\alpha$ - та  $\beta$ - глюкоамілази, які каталізують гідроліз крохмалю. У борошні  $\alpha$ - і  $\beta$ -амілази знаходяться у зв'язаному з білками стані й під час протеолізу відщеплюються. Глюкоамілаза міститься в хлібопекарських дріжджах.

Потрібно згадати механізм дії цих ферментів на крохмальні полісахариди, оптимум їх дії та умови інактивації.

Перейдіть до розгляду особливостей вуглеводно-амілазного комплексу житнього борошна. Відзначте відмінності крохмалю житнього борошна від пшеничного.

Потрібно знати, що газоутворювальна здатність борошна залежить від вмісту в ньому власних цукрів та цукроутворювальної здатності, яка обумовлюється активністю амілолітичних ферментів. Податливістю крохмалю амілолізу тощо. Вміст власних цукрів у борошні залежить від його виходу. Чим більший вихід борошна, тим більше в ньому міститься власних цукрів.

Під цукроутворювальною здатністю борошна розуміють здатність приготовленої з цього борошна водно-борошняної суспензії утворювати при встановленій температурі за певний час ту чи іншу кількість мальтози. Ця здатність залежить від активності амілолітичних ферментів, крупності борошна, характеру і стану крохмальних зерен, тобто від стану вуглеводно-амілазного комплексу борошна.

Слід знати, що податливість крохмалю амілолізу залежить від крупності борошна, стану крохмальних зерен, ступеню їх ушкодження, теплової денатурації (клейстеризації). Чим дрібніші частинки борошна, тим більше ушкоджені зерна крохмалю і тим більша атакуємість їх  $\beta$ -амілазою. Найбільш податливим амілолізу є клейстеризований крохмаль.

Для подальшої практичної діяльності потрібно знати, що величина показника газоутворювальної здатності дає можливість прогнозувати інтенсивність бродіння тіста, збільшення його об'єму, хід вистоювання, об'єм хліба, розпушеність м'якушки (пористість), а також забарвлення скоринки.

Для визначення газоутворювальної здатності борошна застосовують прилади, робота яких базується на вимірюванні об'єму газу, що виділяється у процесі бродіння тіста при постійних температурі та тиску, – волюмометричним способом, або приладах, які вимірюють тиск газу при постійному об'ємі – манометричним способом.

Подальшою дією в освоєнні теми є розгляд показника автолітична активність борошна, а також методи і прилади для її визначення.

Нормативною документацією на житнє борошно (ГОСТ 7045-90) передбачається оцінка автолітичної (амілолітичної) активності борошна за «числом падіння», яке може бути визначене на приладах Selma (Україна), Амілотест, ПЧП-3 (Росія), FN – 1300, FN – 1700 (Швеція). Сутність методу полягає у визначенні тривалості падіння шток-мішалки в оклейстеризованій водно-борошняній суспензії (ГОСТ 27676-88).

У дослідницькій практиці автолітичну активність борошна визначають за допомогою приладу амілограф – ротаційний віскозиметр з самописцем. На стрічці самописця показано амілограми водно-борошняної суспензії при її

прогріванні зі швидкістю 1,5 °С за хвилину від 25 °С до температури повної клейстеризації крохмалю. На кривій визначають: термін прогрівання до початку клейстеризації крохмалю; термін від початку клейстеризації крохмалю до моменту досягнення максимуму в'язкості суспензії; термін, протягом якого змінюється в'язкість під дією ферментів. Додатково ознайомтесь з роботою приладів для визначення автолітичної активності борошна і, зокрема, за допомогою амілографа, за використання Робочого зошиту для виконання лабораторного практикуму з дисципліни [18].

Важливо знати, що борошно із пророслого та морозобійного зерна містить активні амілолітичні та протеолітичні ферменти. Внаслідок цього воно має високу газо- і цукроутворювальну здатність, надмірно високу автолітичну активність, низьку газотримуючу здатність. Таке борошно слабке за силою. Хліб з такого борошна має малий об'єм, липку м'якушку темного кольору.

Розглянути шляхи регулювання активності амілаз. Вказати амілолітичні ферментні препарати мікробного походження і особливості їх використання при тістоведенні.

Подальшим кроком є розгляд ліпідно-ліполітичного комплексу борошна, який складається з ліпідів борошна та ферментів, що їх перетворюють. Серед ліпідів борошна потрібно розглянути прості і складні – фосfolіпіди, гліколіпіди, ліпопротеїди. Далі згадати механізм дії ліпази. При цьому зверніть увагу на її значення в умовах хлібопекарського виробництва.

Слід знати, що після розщеплення тригліцеридів ліпазою і накопичення вільних жирних кислот активізується дія ліпоксигенази. Цей фермент окислює вільні кислоти в присутності кисню до пероксидів та гідропероксидів, які мають високу окислювальну здатність. За їх участі окислюються –SH–групи білків, протеїназ, активаторів протеолізу, що приводить до укріплення клейковинних білків, зниженню активності протеолітичних ферментів.

Розберіть матеріал щодо ферментних препаратів ліпоксигеназної дії та методів оцінки стану ліпідно-ліполітичного комплексу борошна.

Розгляньте ферменти борошна і механізм їх дії: о-дифенолоксидази, аскорбинатоксидази, целюлази, геміцелюлази, пентозанази.



**Література:** [3, с. 34–36, 39–43, 67–69, 72–73, 78–86], [4, с. 45–51, 100–104, 124–127], [6, с. 40–47, 51–59, 62–66, 130–137], [16, с. 8–12], [17, с. 4–14].

### **Запитання для самоконтролю:**

1. Які складові містить вуглеводно-амілазний комплекс борошна?
2. Яка роль вуглеводної фракції у формуванні структури тіста?
3. Вкажіть механізм дії  $\alpha$ -,  $\beta$ -амілази та глюкоамілази на крохмаль борошна.
4. Які фактори обумовлюють газоутворювальну здатність пшеничного борошна?
5. Які фактори впливають на атакуємість крохмалю амілазами?
6. Що характеризує термін «автолітична активність»?
7. Охарактеризуйте вплив газоутворюючої здатності борошна на якість

напівфабрикатів та готової продукції.

8. Вкажіть методи визначення газоутворювальної здатності і автолітичної активності борошна.

9. Надайте характеристику ліпідно-ліполітичного комплексу борошна.

10. Розкрийте механізм дії ліпази і ліпоксигенази.

11. Яку роль виявляє ліпоксигеназа в формуванні клейковини?

12. Розкрийте механізм дії інших ферментів борошна: о-дифенолоксидази, аскорбинатоксидази, целюлази, геміцелюлази, пентозанази.

 **Завдання для закріплення знань з теми**

**Заповніть графи таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Автоліз			
Глюкоамілаза			
Число падіння			
Амілограма			
Цукроутворювальна здатність борошна			

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5 ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БРОДИЛЬНОЇ МІКРОФЛОРИ**

### **5.1 Фізіолого-біохімічні та біотехнологічні властивості хлібопекарських дріжджів**

Дана тема передбачає вивчення біотехнологічних властивостей основної сировини хлібопекарського виробництва – дріжджів. Розпочати розгляд матеріалу потрібно з визначення будови, фізіологічних властивостей і ферментного складу клітини хлібопекарських дріжджів. Згадайте з курсу мікробіології морфологічне призначення і склад цього виду дріжджів.

Слід вказати, що цитоплазматична мембрана (ЦПМ – основний бар'єр для проникнення живильних речовин у клітину) представлена рідинно-мозаїчною моделлю, згідно з якою є пластичним, практично рідким утворенням. Основу ЦПМ складає подвійний шар ліпідів (бішар), що представляє собою матрицю, в якій гідрофобні кінці молекул ліпідів направлені всередину, а гідрофільні – назовні. Ліпіди мембрани представлені, в основному, фосфоліпідами. В подвійний шар ліпідів вбудовані інтегральні білки, а з поверхнею зв'язані периферійні білки. Таким чином, ліпідна плівка пронизана каналами з білків, які і служать порами, через які здійснюється регульований транспорт речовин.

Розгляньте особливості енергетичного і конструктивного обмінів дріжджів в умовах хлібопекарського виробництва. Пригадайте, що конструктивний обмін – це процес біохімічного перетворення поживних

речовин середовища у так звані «будівельні блоки» для синтезу клітковинних компонентів (амінокислоти, пуринові і піримідинові луги, фосфорильовані цукри, органічні кислоти). З них будуються макромолекули – білки, нуклеїнові кислоти, резервні речовини тощо, з яких складається клітина. Енергетичний обмін – це сукупність екзотермічних окислювально-відновних перетворень органічних речовин в дріжджовій клітині за допомогою ферментів.

Потрібно знати види транспорту поживних речовин у дріжджову клітину: просту дифузію, полегшену дифузію, активний транспорт.

Відомо, що регуляторні механізми живої клітини працюють згідно з принципом економічного синтезу, який полягає у тому, що клітина забезпечує синтез не тільки тих біокаталітичних систем, які потрібні в конкретних умовах, а інші або не синтезує зовсім, або синтезує у невеликих кількостях. У цьому зв'язку серед ферментів дріжджової клітини відрізняють конститутивні та адаптивні. Конститутивні – це ферменти, що утворюються безперервно і незалежно від складу живильного середовища. До них відносяться: ферменти зимазного комплексу, саме вони каталізують процес спиртового бродіння;  $\beta$ -фруктофуранозидаза, яка локалізується з зовнішнього боку клітинної оболонки і тому дуже швидко гідролізує сахарозу до глюкози і фруктози. Адаптивні (індуктивні) ферменти синтезуються у клітині в результаті появи у середовищі відповідного субстрату. До адаптивних ферментів відносять фруктоїзомеразу, яка каталізує процес ізомеризації фруктози в глюкозу, а також  $\alpha$ -глюкозидазу, що каталізує гідроліз мальтози. Останній знаходиться у цитоплазмі. Переміщує мальтозу у цитоплазму спеціальний транспортний білок – мальтоперміаза.

Існує певна пріоритетність перетворення цукрів ферментами дріжджової клітини: глюкоза  $\rightarrow$  фруктоза  $\rightarrow$  сахароза  $\rightarrow$  мальтоза.

Надалі необхідно розглянути, як технологічні чинники та рецептурні інгредієнти впливають на метаболізм хлібопекарських дріжджів.

Регулювання фізіолого-біохімічних властивостей дріжджів можливе під час приготування тіста. Але найбільш ефективним є спеціальна підготовка дріжджів перед їх внесенням у тісто шляхом їх попередньої активації.

Способи приготування живильних сумішей для активації дріжджів спрямовані на створення умов, які є оптимальними для їх життєдіяльності, і збагачення напівфабрикатів цукрами, амінокислотами, мінеральними речовинами, вітамінами та іншими біологічно активними компонентами.

Потрібно розглянути хімічні, фізичні та фізико-хімічні способи активації дріжджових клітин.

Важливими питаннями теми є вивчення методів оцінки фізіолого-біохімічних та біотехнологічних властивостей хлібопекарських дріжджів. Показником, що передбачений нормативною документацією на хлібопекарські дріжджі, є підйомна сила, що визначається за часом підйому тіста, виготовленого за стандартною рецептурою, на певну висоту (стандартний метод), або за часом спливання кульки тіста у склянці з водою на її поверхню (прискорений метод). Останніми роками об'єктивність даного методу дослідження властивостей дріжджів піддається критиці, оскільки за час,

відведений для визначення цього показника, зброджуванню піддаються тільки власні цукри борошна. Тобто за даною методикою можливо оцінити тільки активність зимазного комплексу дріжджів, тоді як інтенсивність і тривалість бродіння тіста визначається. В основному, швидкістю надходження до клітини і розщеплення мальтози – основного технологічного цукру.

Також до стандарту входить показник мальтазної активності дріжджів. Поте цей показник теж не повністю характеризує бродильну здатність дріжджів, оскільки його визначення ведеться з використанням модельної системи і отримані результати не завжди відтворюються під час виготовлення тіста.

Найбільш чітке уявлення про поведінку дріжджів у реальних умовах тісто ведення надає показник їх біотехнологічних властивостей. В основі вказаної методики лежить теорія про двостадійність процесу зброджування цукрів, яку було розглянуто вище. Для оцінки біотехнологічних властивостей дріжджів визначають такі показники:

– оптимальну тривалість бродіння – за часом досягнення максимальної швидкості газоутворення;

– бродильну активність – як об'єм диоксиду вуглецю, який виділився від початку бродіння до досягнення максимальної швидкості газоутворення. Бродильну активність виражають у см<sup>3</sup> на 1 г сухої речовини дріжджів при атмосферному тиску 760 мм рт. ст.



**Література:** [3, с.45–49], [4, с. 14–145, 209–214, 237–240], [5, с. 124–126], [6, с. 29–60], [8, с. 47–59 ], [11, с. 67–99,102–117], [16, с. 12–16], [17, с. 18–24].

#### **Запитання для самоконтролю:**

1. Вкажіть будову дріжджової клітини.
2. Розкрийте будову цитоплазматичної мембрани.
3. Охарактеризуйте три способи транспортування живильних речовин у клітину.
4. Які види обмінів речовин дріжджової клітини?
5. Надайте пріоритетність зброджування цукрів дріжджовою клітиною.
6. Назвіть показники і дайте характеристику функціонально–технологічних властивостей дріжджів.

#### **Завдання для закріплення знань з теми**

##### **Заповніть графу таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Властивості ЦПМ			
Зимазний комплекс			
Мальтазний комплекс			
Бродильна активність			
Оптимальна			



тривалість бродіння			
---------------------	--	--	--

### 5.1 Фізіолого-біохімічні та біотехнологічні властивості молочнокислих бактерій. Інші види бродіння

Рекомендуємо почати розглядання матеріалу цієї теми зі згадування фізіолого-біохімічних властивостей молочнокислих бактерій, які поділяють за типом бродіння на гомо– і гетероферментативні. В тісто вони надходять двома шляхами: з сировиною (борошном, дріжджами, молочною сироваткою) і шляхом цілеспрямованого культивування під час приготування заквасок для пшеничного і житнього тістovedення.

*L.delbruckii* відноситься до підгрупи гомоферментативних термостабільних молочнокислих бактерій. Здатні зброджувати глюкозу без утворення вуглекислого газу. Оптимальна температура росту 45–50°C. Добре розвиваються в борошняному середовищі і мають велику інтенсивність утворення кислоти.

*L.plantarum* належить до гомоферментативних мезофільних стрептобактерій. Оптимальна температура розвитку 30 °C. Відрізняються спиртостійкістю. Виграє соновну роль в процесі кислотонакопичення під час виробництва пшеничних і житніх заквасок.

*L.casei* відноситься до підгрупи стрептобактерій та є гомоферментативним за характером бродіння. В межах виду *L.casei* відрізняють три подвиди: *L.casei var. casei*, *L.casei var. rhamnosus* та *L.casei var. Alactosus*. Перші два з них відрізняються тим, що можуть розвиватись за більш високої температури – до 45 °C. Виявлені в заквасках та тісті і приймають участь в кислотонакопиченні напівфабрикатів.

*L.brevis* відноситься гетероферментативних молочнокислих бактерій. Зброджують глюкозу з утворенням диоксиду вуглецю. Оптимальна температура зростання 30 °C, але може зростати і за більш низьких температур 15 °C. Окремі штами даного виду добре розвиваються за 34–37 °C. Даний вид бактерій притаманний житнім і пшеничним закваскам, приймає участь в формуванні смаку та аромату виробів.

*L.fermenti* є гомоферментативною бактерією. Оптимум зростання 37–40 °C, за 15 °C зростання не спостерігається.

Зброджувальна здатність молочнокислих бактерій, які притаманні напівфабрикатам хлібопекарського виробництва, показана в таблиці 5.

Гомоферментативне молочнокисле бродіння відбувається за гліколітичною схемою Ембдена–Майергофа.

Гетероферментативне зброджування глюкози молочнокислими бактеріями відбувається іншим шляхом – пентозофосфатним. Здатність зброджувати пентози поряд з глюкозою також відрізняє ці бактерії.

Фактичний баланс гомо– і гетероферментативного молочнокислого бродіння наведений в таблиці 6.

Технологічне значення обох типів молочнокислого бродіння в забезпеченні заданої кислотності напівфабрикатів, а також участі в розпушенні

тіста поряд з дріжджовими клітинами.

Таблиця 5 – Зброджувальна здатність молочнокислих бактерій

Вид молочнокислих бактерій	Зброджування вуглеводів									
	<i>галактоза</i>	<i>лактоза</i>	<i>сахароза</i>	<i>мальтоза</i>	<i>арабіноза</i>	<i>ксилоза</i>	<i>раффіноза</i>	<i>ксилит</i>	<i>мелібіоза</i>	<i>трегалоза</i>
<i>L.delbruckii</i>	±	–	+	±	–	–	–	–	–	–
<i>L.plantarum</i>	+	+	+	+	±	±	+	+	+	+
<i>L.casei</i>	+	+	+	+	–	–	–	+	–	+
<i>L.brevis</i>	+	±	±	+	±	±	±	–	–	–
<i>L.fermenti</i>	+	±	±	+	±	±	±	–	±	±

Таблиця 6 – Фактичний баланс гомо– і гетероферментативного молочнокислого бродіння

Продукти бродіння	Вихід продуктів (в ммоль на 100 моль зброженої глюкози) під час бродіння	
	гомоферментативному	гетероферментативному
Молочна кислота	174,0	79,5
Оцтова кислота	12,0	36,5
Мурашина кислота	15,4	2,4
Етиловий спирт	7,0	49,8
Яшмова кислота	–	10,7
Вуглекислий газ	–	88,0
Водень	–	75,0
Ацетон	–	0,06
Гліцерин	–	1,42

Потрібно знати, що кислотність тіста під час бродіння обумовлює прискорення процесів набухання і пептизації білкових речовин, уповільнення амілолізу і протеолізу, а також накопиченням в тісті кислот, ефірів, які надають смаку і аромату готовим виробам.

Слід знати, що в напівфабрикатах хлібопекарського виробництва молочнокислі бактерії знаходяться в стані симбіозу з хлібопекарськими дріжджами.

Інтенсивність кислотонакопичення залежить від: складу мікрофлори, температури, вологості, рН, осмотичного тиску.

Показниками функціонально–технологічних властивостей молочнокислих бактерій є:

- титрована кислотність напівфабрикатів;
- активність молочнокислих бактерій;
- фізіологічний стан мікрофлори.

Заключним етапом вивчення теми є розгляд інших видів бродіння, а саме: пропіоновокисле, бутіленгліколеве, масляне, ацетонобутілове, ацетоноетілове.

**Пропіоновокисле бродіння** характеризується зброджуванням глюкози, а іноді і пентоз в пропіонову та оцтову кислоти з утворенням діоксиду вуглецю та води. Виявлено, що пропіоновокислі бактерії є антагоністами по відношенню до *Bacillus subtilis* і можуть бути використані в хлібопекарському виробництві для запобігання захворювання хліба «картопляною хворобою».

**Бутіленгліколеве бродіння** виявлено в хлібопекарських напівфабрикатах і викликано бактеріями *Aerobacterium aerogenes*, які утворюють молочну, мурашину, яшмову та оцтову кислоти, етиловий спирт, а також 2,3-бутіленгліколь.

**Масляне і ацетонобутілове бродіння** викликається бактеріями *Clostridium acetobutylicum* викликає як масляне, так і ацетонобутілове бродіння. Фактично при цьому утворюється ще оцтова кислота та деякі ніш продукти. Якщо реакція середовища кисла, то основним продуктом є бутіло вий спирт і ацетон. Якщо бродіння проходить в лужному середовищі, то основним продуктом є масляна кислота, а етанол і ацетон утворюються в невеликих кількостях. В кислому середовищі спостерігається зворотне: бутіловий спирт і ацетон м основними продуктами бродіння, а в невеликих кількостях утворюються інші речовини.

**Ацетоноетілове бродіння** викликається бактеріями виду *Bacterium acetoacetylicum*. Вихід етилового спирту і ацетону стабільний і співвідношення цих продуктів лежить в межах 2,5:1 або 3,5:1.

Продукти, що утворюються в результаті основних типів бродіння, представлені в таблиці 7.

Таблиця 7 – Продукти основних типів бродіння

Продукти бродіння	Тип бродіння						
	Молочно-кисле гомоферментативне	Молочно-кисле гетероферментативне	Спиртове	Пропіоново-кисле	Бутілен-гліколеве	Ацетоно-етілове	Ацетоно-тилове
1	2	3	4	5	6	7	8
Діоксид вуглецю	-	+	+	+	+	+	+
Водень	-	+	-	-	+	+	+
Мурашина кислота	-	+	-	-	+	+	+
Оцтова кислота	+	+	-	+	+	+	+
Молочна кислота	+	+	-	-	+	-	+
Пропіонова кислота	-	-	-	+	-	-	-

Масляна кислота	-	-	-	-	-	-	-
-----------------	---	---	---	---	---	---	---

Продовження таблиці 7

1	2	3	4	5	6	7	8
Яшмова кислота	-	+	-	+	+	-	+
Етиловий спирт	+	+	+	-	+	+	+
Ізопропіловий спирт	-	-	-	-	-	-	-
Бутиловий спирт	±	-	±	-	-	-	-
Ацетон	-	-	-	-	+	+	-
Ацетил-метилкарбінол	-	-	-	-	+	+	-
Бутиленгліколь	-	-	-	-	+	+	-
Гліцерин	-	-	+	-	+	-	-

Закріпіть значення даних видів бродіння для формування якості напівфабрикатів та готової хлібопекарської продукції.



**Література:** [3, с.45 – 49], [4, с. 14–145, 209–214, 237–240], [5, с. 124–126], [6, с. 29–60], [8, с. 47–59 ], [11, с. 67–99,102–117], [16, с. 12–16], [17, с. 18–24].

#### Запитання для самоконтролю:

1. Вкажіть будову молочнокислих бактерій.
2. Надайте характеристику типів молочнокислого бродіння.
3. Назвіть технологічне значення типів молочнокислого бродіння.
4. Від яких чинників залежить інтенсивність кислотонакопичення в напівфабрикатах хлібопекарського виробництва?
5. Назвіть показники функціонально-технологічних властивостей молочнокислих бактерій і методи їх оцінки.
6. Охарактеризуйте інші види бродіння.
7. Розкрийте роль даних видів бродіння в технології галузі.

#### Завдання для закріплення знань з теми

##### Заповніть графі таблиці:

Поняття	Що позначає розглянуте поняття в цій темі	Де і в якому контексті зустрічається поняття	Який прикладний аспект має поняття
Гліколітична схема Ембдена–Майєргофа			
Зброджувальна здатність МКБ			

Інтенсивність кислотонакопичення			
-------------------------------------	--	--	--

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ № 6

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОДЕРЖАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ТА ЕКСТРУДОВАНИХ МАС

#### **6.1 Теоретичні основи утворення і стійкості дисперсних систем**

Це одна з основопологаючих і складних тем дисципліни. Перш ніж приступити до її розгляду, розгляньте класифікацію дисперсних систем кондитерського виробництва.

Потрібно згадати, що під **стійкістю дисперсних систем** розуміють сталість у часі її стану та основних властивостей: дисперсності, рівномірного розподілення частинок дисперсної фази в об'ємі дисперсійного середовища і характеру взаємодії між частинками.

**Коагуляція** – це процес злипання частинок дисперсної фази при втраті системою агрегативної стійкості.

За характером молекулярної дії на межі розподілу фаз всі дисперсні системи можна поділити на дві великі групи:

- **ліофільні**, для яких характерна висока ступінь спорідненості дисперсної фази та дисперсійного середовища;
- **ліофобні**, для яких характерна відміна межуючих фаз за їх хімічним складом та будовою.

До ліофільних відносять системи з агрегованих в розчинах високомолекулярних сполук: пектину, агару, агароїду, фуцеларану, крохмалю, а також розчинних білкових речовин. До ліофобних дисперсних систем кондитерського виробництва відносять: помадні, лікерні, піноподібні, шоколадні, горіхові маси, суспензії та емульсії, а також аерозолі: цукрова пудра, цукрово-патокові та фруктові порошки, какао-порошок.

Потрібно знати, що відрізняють такі **види стійкості**:

- **седиментаційна (кінетична)** – здатність системи зберігати рівномірне розподілення часточок в об'ємі, тобто протистояти дії сили тяжіння і процесам осідання часточок;

- **агрегативна** – здатність системи зберігати розподілення часточок за розмірами у часі та протистояти агрегації часточок;

- уявлення про седиментаційну та агрегативну стійкість доповнюють поняття про **конденсаційну (фазову) стійкість**. Йдеться про структуру та міцність агрегатів, які утворюються при коагуляції дисперсної системи. Конденсаційно стійкі системи утворюють слабкі агрегати (флокули) або рихлі осади, в яких частинки втрачають індивідуальну рухливість.

Розберіть уважно чинники стійкості дисперсних систем.

Розрізняють термодинамічні та кінетичні чинники.

**До термодинамічних чинників** належать такі:

- 1) **електростатичний** – сприяє утворенню електростатичних сил відштовхування, які зростають при збільшенні потенціалу поверхні часточок ( $\phi$ -потенціал) і, особливо, електрокінетичного потенціалу ( $\xi$ -потенціал);

- 2) **адсорбційно-сольватний** – призводить до зменшення міжфазного

натягу при взаємодії часточок дисперсної фази з середовищем (завдяки адсорбції та сольватації) і зниженню енергії Гіббса поверхні розділу фаз;

3) *ентропійний* – є доповненням до двох перших чинників і діє у високодисперсних системах, часточки дисперсної фази яких беруть участь у броунівському русі. Суть його полягає в «прагненні» дисперсної фази рівномірно розподілятися по всьому об'єму системи.

**До кінетичних чинників** стійкості, які знижують швидкість агрегації часточок дисперсної фази, належать:

1) *структурно-механічний* – пов'язаний з утворенням на поверхні часточок захисних шарів (плівок), які мають пружність та механічну міцність. Їх руйнування вимагає затрат енергії та часу;

2) *гідродинамічний* – знижує швидкість агрегації внаслідок зміни в'язкості середовища, густини дисперсної фази та дисперсійного середовища.

Слід знати, що у реальних системах агрегативна стійкість визначається одночасною дією кількох чинників. Особливо велика стійкість дисперсних систем спостерігається при сукупній дії термодинамічних і кінетичних чинників, коли поряд зі зниженням між фазного натягу проявляються структурно-механічні властивості між фазних прошарків.

Надалі потрібно розглянути властивості поверхневого шару дисперсних часточок. Слід знати, що міжфазні поверхні можуть існувати лише при наявності в системі рідкої або твердої фази. Вони визначають форму і будову поверхневого шару – перехідної області від однієї до іншої. В поверхневому шарі між двома фазами є поле електричних молекулярних сил, які мають назву поверхневих сил. За товщину поверхневого шару приймають відстань за обома боками від межі розділу фаз, за межами якого властивості шару припиняють відрізнятися від властивостей об'ємних фаз. Практично вся поверхнева енергія зосереджена в поверхневому шарі. Чинником інтенсивності поверхневої енергії є поверхневий натяг, який обумовлений некомпенсованим полем міжмолекулярних сил на міжфазній поверхні.

Потрібно уяснити, що дисперсійним середовищем гетерогенних систем кондитерського виробництва є багатокомпонентний водний розчин, в якому відбувається дисоціація молекул води та певних речовин, ізоморфне заміщення іонів, що входять до решітки твердої фази іонами іншої валентності тощо. Будь-який з цих процесів приводить до того, що за певних умов – температурі та іонному складі розчину – поверхня розділу фаз набуває заряду певного знаку та величини.

Намагання гетерогенної системи до зменшення поверхневої енергії викликає певне орієнтування полярних молекул, іонів, електронів в поверхневому, внаслідок чого фази, що зіткаються, набувають зарядів протилежного знаку, але рівний за величиною. В результаті навколо межі розділу фаз спонтанно виникає подвійний електричний шар (ПЕШ) іонів. В дисперсних системах ПЕШ утворюється на поверхні часточок дисперсної фази.

Згідно з теорією Штерна ПЕШ складається з двох частин (рисунок 2): одна частина знаходиться в безпосередній близькості до міжфазної поверхні і утворює адсорбційний шар (шар Гельмгольца) товщиною  $\sigma$  не більше діаметру гідратованих іонів, які його складають. Інша частина проти іонів знаходиться за шаром Гельмгольца в дифузній частині (шар Гуї) з потенціалом  $\phi_\delta$ , товщина якої може бути значною і залежить від властивостей та складу системи. Потенціал в дифузній частині ПЕШ залежить від відстані нелінійно, тому що іони в ньому розподіляються нерівномірно. Потенціал в адсорбційному шарі при збільшенні відстані від шару потенціалвизначаючих іонів знижується від потенціалу дифузного шару лінійно, а далі – за експонентою.

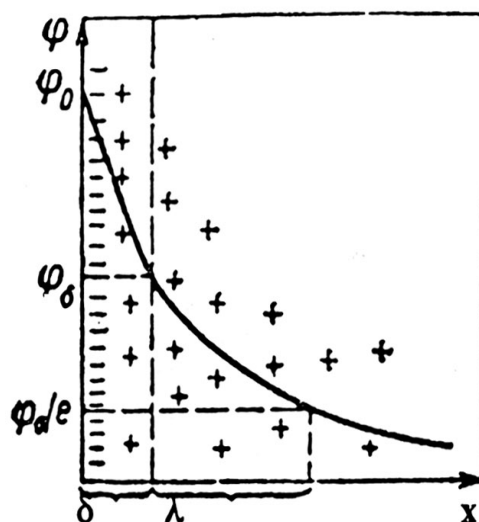


Рисунок 2 – Подвійний електричний шар та зміна в ньому потенціалу



**Література:** [1, с. 78–93], [15, с. 95–119], [16, с. 12–16].

### Запитання для самоконтролю:

1. Що означає стійкість дисперсних систем?
2. Розкрийте поняття коагуляція.
3. Як за характером молекулярної дії на межі розподілу фаз поділяються всі дисперсні системи?
4. Які чинники стійкості дисперсних систем відносять до термодинамічних та кінетичних? Надайте їх характеристику.
5. Що таке подвійний електричний шар (ПЕШ)? Якими особливостями він володіє?
6. Як складається ПЕШ за теорією Штерна?

### Завдання для закріплення знань з теми

#### Заповніть графі таблиці:

Поняття	Що позначає розглянуте поняття в цій темі	Де і в якому контексті зустрічається поняття	Який прикладний аспект має поняття
Агрегація			
Поверхневий натяг			
Шар Гельмгольца			
Шар Гуї			
ПЕШ			
Ізоморфне заміщення іонів			

## 6.2 Сучасні теорії коагуляції колоїдних систем

Дана тема є продовженням попередньої. Потрібно розібратись в теоріях, за допомогою яких намагаються пояснити:

- 1) чому коагуляція настає на певній концентрації електроліту–коагулятора;
- 2) чому при цьому головну роль відіграє концентрація іона, який несе заряд, протилежний заряду часточки;
- 3) чому вплив заряду іона–коагулятора підпорядковується закономірності, що описується правилом Шульце–Гарді.

Усі теорії коагуляції можна поділити на **адсорбційні та електростатичні**.

**Адсорбційна теорія коагуляції Г.Фрейндліха** виходить з положення, що при коагуляції золів іони–коагулятори адсорбуються колоїдними часточками відповідно з ізотермою адсорбції. Ця теорія пояснювала зниження  $\zeta$ -потенціалу до критичного значення зменшенням кількості зарядів потенціал визначаючих іонів внаслідок нейтралізації. Вона має обмежене використання, тому що не завжди спостерігалась еквівалентність адсорбції різних електролітів і спів падання ізотерм адсорбції різних іонів.

На відміну від адсорбційної **електростатична теорія Г.Мюллера** виходила з того, що введення електроліту в золь не змінює загального заряду в подвійному шарі часточки, а призводить до стиснення дифузійного шару. Зменшення товщини іонної атмосфери спричиняє зниження  $\zeta$ -потенціалу, яке можна розрахувати на основі теорії сильних електролітів Дебая–Гюккеля. Внаслідок зниження  $\zeta$ -потенціалу зменшується стійкість золю. Ця теорія не враховує адсорбцію введених іонів та їх входження в структуру ПЕШ.

**Сучасна фізична теорія стійкості колоїдних систем** була розвинута **Б.В.Дерягіним** і **Л.Д.Ландау** в 1937–1941 роках, а пізніше незалежно від них голландськими вченими **Фервеем і Овербахом** (аббревіатура теорії дається за першими літерами її авторів – **ДЛФО**). Згідно з цією теорією між часточками під час їх наближення виникає розклинювальний тиск відокремлюю чого рідкого прошарку внаслідок дії сил протягування та відштовхування. Зміну енергії взаємодії між двома часточками під час їх наближення показано на рисунки 3, 4.

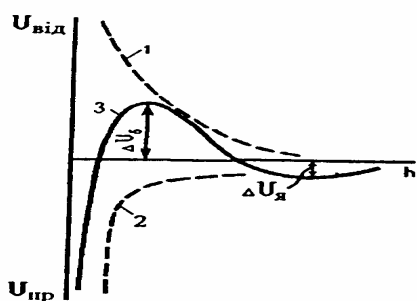


Рисунок 3 – Потенціальні криві взаємодії колоїдних частинок:  
 1 – енергія відштовхування;  
 2 – енергія протягування;  
 3 – результуюча крива

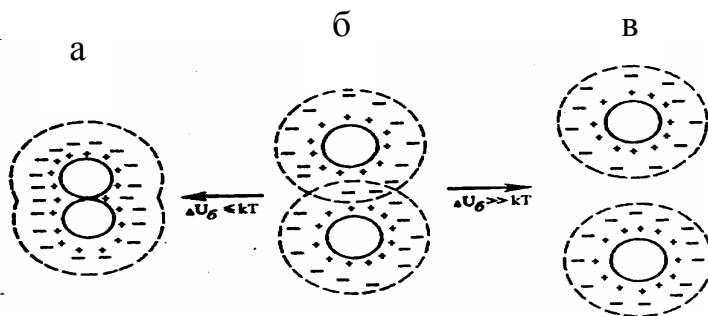


Рисунок 4 – Схема взаємодії колоїдних частинок:  
 а – перекривання дифузійних шарів;  
 б – агрегативно стійка система;  
 в – коагуляція



Енергію відштовхування приймають за позитивну (рис.3, крива 1). А протягування – негативну (рис. 3, крива 2). Сумарну енергію системи із двох часточок одержують складанням енергії відштовхування і енергії протягування (рис.3, крива 3).

Надалі потрібно перейти до розгляду особливостей поверхневого шару дисперсних часточок. Встановлено, що структура шарів рідини поблизу поверхні розділу відрізняється від структури об'ємної рідини. В випадку ліофільних поверхонь структурні зміни межуючи шарів рідини розповсюджуються на значні відстані (до 10 нм і більше) від твердої поверхні. Виявлені аномалія в'язкості, діелектричних властивостей, поява граничного напруження зсуву рідини під час наближення до поверхні твердого тіла. В граничних шарах рідини змінюється здатність до розчинення, температура замерзання, теплопровідність, ентальпія.

Необхідно знати, що товщина граничних шарів та ступінь їх структурування залежать від властивостей **поверхні твердих часточок, природи розчинника, температури та концентрації розчинених речовин.** Структура межуючи шарів і, отже, їх властивості суттєвим чином залежать від того, як розташовані активні центри на поверхні і яке їх число на одиницю площі. Тому на поверхні часточок однієї і тієї ж природи структура граничних шарів рідини може бути різною залежно від числа і способу розміщення на поверхні гідроксилів, адсорбційних іонів та молекул, що поряд.

Розгляньте вплив умов середовища на товщину дифузійного шару: природи твердого тіла, складу розчину і температури. Зверніть увагу, що наявність на поверхні часточок полярних груп молекул, здатних утворювати водневі зв'язки, збільшує товщину граничних шарів води, її щільність. Товщина граничних шарів рідких плівок та їх структура можуть змінюватись залежно від рН середовища та концентрації електроліту.

Підвищення температури викликає руйнування сітки водневих зв'язків, що відповідні за структурну дальнюдію, це приводить до зменшення товщини граничних шарів.

Переходьте до розгляду поняття розклинюючий тиск. Потрібно знати, що кондитерські напівфабрикати (піно подібні, шоколадні, пролінові та інші маси) підлягають інтенсивній механічній обробці. Поки не настало перекриття між фазних зон в тонких прошарках між часточками дисперсної фази, тиск в них дорівнює тиску того дисперсійного середовища, частиною якого є плівка. При перекритті між фазних зон, при зближенні часточок дисперсної фази, гідростатичний тиск в тонкому прошарку змінюється. **Додатковий тиск** в такому прошарку в стані його термодинамічної рівноваги з об'ємною фазою був названий академіком Б.В. Дерягіним **розклинюючим**.

Природа сил протягування і сил відштовхування різна, тому залежність енергії протягування і енергії відштовхування від відстані має різний характер. Енергія протягування зумовлена силами Ван-дер-Ваальса і змінюється обернено пропорційно квадрату відстані між часточками. Сили відштовхування згідно з теорією ДЛФО, мають електростатичний характер. Вони проявляються, якщо дві однойменно заряджені часточки наближаються настільки, що їх дифузні шари перекиваються. Енергія відштовхування зменшується з

відстанню за експоненціальним законом.

Наступним кроком до вивчення теми є розгляд аналізу результатууючої потенційної кривої. Після чого переходьте до вивчення матеріалу щодо поведінки часточок під час наближення: часточки не можуть подолати бар'єр і розходяться без взаємодії; часточки стикаються і відбувається акт коагуляції; часточки не можуть розійтися і не можуть зіткнутися.

Ви уяснили, що ліофобні дисперсні системи (золі, суспензії, емульсії) агрегативно нестійкі, оскільки в них є надлишок поверхневої енергії Гіббса. Процес укрупнення часточок (коагуляція) відбувається самочинно, тому що він веде до зменшення питомої поверхні і зниження поверхневої енергії Гіббса.

Розберіть, що фактором, який спричиняє коагуляцію, може бути будь-який, що порушує агрегативну стійкість системи: зміна температури, механічна дія, дія світла та різного роду випромінювань, дія електричних зарядів.

Агрегативну стійкість термодинамічно нестійких (ліофобних) дисперсних систем оцінюють за швидкістю коагуляції. Слід знати, що хід коагуляції залежно від концентрації коагулюючого електроліту можна поділити на дві стадії: повільну і швидку. Швидкість повільної коагуляції залежить від концентрації коагулюючого електроліту. В області швидкої коагуляції збільшення концентрації коагулюючого електроліту не змінює швидкості коагуляції, яка досягла максимального значення. Концентрацію електроліту, починаючи з якої швидкість коагуляції не змінюється, називають *порогом швидкої коагуляції*.



**Література:** [1, с. 78–93], [15, с. 68–95], [16, с. 12–16].

#### **Запитання для самоконтролю:**

1. Які теорії коагуляції існують?
2. Яка сутність адсорбційної теорії коагуляції Г.Фрейндліха?
3. Що трактує сучасна фізична теорія стійкості колоїдних систем ДЛФО?
4. Що намагаються за допомогою даних теорій з'ясувати?
5. Опишіть схему взаємодії колоїдних часточок.
6. Опишіть від яких чинників залежить товщина граничних шарів та ступінь їх структурування.
7. Що таке результатууюча крива?

 **Завдання для закріплення знань з теми**

#### **Заповніть графі таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Розклинюючий тиск			
Поведінка часточок дисперсної фази			
Фактори коагуляції			
Швидкість коагуляції			
Поверхнева енергія Гіббса			

### **6.3 Фізико-хімічні основи одержання борошняних кондитерських мас**

При вивченні цієї теми треба знати, що тісто є основним напівфабрикатом у виробництві борошняних кондитерських виробів. Його приготування визначає подальші операції (формування, випікання, обробку тощо) і значною мірою обумовлює якість готових виробів.

**Тістоприготування** передбачає змішування борошна з інгредієнтами рецептури і формування зв'язаної гідратованої маси. Головне в процесі утворення тіста – створення однорідної структури й одержання системи з певними структурно-механічними властивостями. Під час стикання сухих і рідких рецептурних інгредієнтів розпочинається структуроутворення в тісті, глибина якого залежить від властивостей і вмісту складових частин борошна, вологості тіста, рецептурного складу тощо.

Для виробництва борошняних кондитерських виробів використовується тісто різних видів, що готується за певною технологією і забезпечує отримання готових виробів із заданими реологічними властивостями.

Тісто можна розглядати як дисперсну систему, частіше за все, це полідисперсод – система, яка поєднує в собі різні типи дисперсій, наприклад, піну і суспензію, емульсію і суспензію.

За реологічними властивостями структури тіста для борошняних кондитерських виробів поділяють на три групи:

- **пружно-еластично-в'язкі** (затяжне, галетне, крекер не, листкове, дріжджове тісто);
- **пластично-в'язкі** (цукрове, пісочне, здобне тісто);
- **слабоструктуровані** (вафельне, бісквітне, білково-збивне).

Потрібно знати, що тістоподібні маси як полідисперсні системи складаються з твердої, рідкої та газової фаз.

Наступним етапом освоєння теми є ознайомлення з процесами, що відбуваються під час утворення тіста. Утворення тіста при замішуванні відбувається внаслідок процесів, найважливішими з яких є колоїдні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні. Усі процеси відбуваються одночасно і залежать від тривалості замісу, температури, якості та кількості сировини, що використовується.

Під час замісу тіста більш активними є колоїдні та фізико-хімічні процеси. При цьому складові компоненти борошна і додаткової сировини починають взаємодіяти з водою й між собою. Усе, що здатне розчинитись, переходить у розчин, формуючи рідку фазу тіста. Колоїдні процеси, які відбуваються з білковими речовинами і крохмалем борошна, відіграють провідну роль в утворенні пшеничного тіста.

Біохімічні процеси спричиняються дією ферментів борошна і дріжджів. Особливо вагомими є процеси ферментативного гідролізу білків, крохмалю, пентозанів, а також окислювально-відновні перетворення, які відбуваються в тісті під дією ферментів. Унаслідок гідролітичних процесів збільшується кількість речовин, що здатні переходити в рідку фазу тіста, змінюються властивості компонентів тіста та його реологічні характеристики.

Мікробіологічні процеси пов'язані з життєдіяльністю дріжджів і молочнокислих бактерій, які додаються в тісто цілеспрямовано, а також разом з

борошном та іншими компонентами рецептури. Під час замішування тіста ці процеси тільки розпочинаються, а в ході його дозрівання протікають дуже інтенсивно.

Слід знати, що у процесі утворення тіста перш за все відбувається зв'язування води біополімерами борошна (білками, крохмалем, пентозанами тощо), а також такими інгредієнтами рецептури, як цукор, сіль, жир, яйця та ін. Для отримання окремих видів тіста, у першу чергу пісочного, цукрового, бісквітного, застосовують короткочасне замішування для того, щоб уповільнити процеси набрякання основних біополімерів борошна. Більш тривале оброблення цих видів тіста призводить до одержання густого, «затягнутого» тіста, що не бажано. Тобто для утворення пластичного тіста з обмежено набряклими білками борошна тривалість замішування має бути мінімальною, але достатньою для формування однорідної структури.

У той самий час для виготовлення, наприклад, дріжджового, затяжного, листового тіста інтенсивне замішування необхідне для надання йому належної пружності та еластичності. Тривалість замішування пружно-еластичного тіста залежить від співвідношення маси вільної води і зв'язаної води на одиницю маси борошна. Чим більша маса вільної води в тісті, тим, за інших однакових умов, менша тривалість замішування, і навпаки.

На початку замішування компонентів тіста з водою відбуваються такі процеси, як намочування частинок борошна, їх гідратація, агломерація, у результаті чого утворюється нееластична маса. Після подальшої механічної обробки білкові молекули дещо розпушуються, послабляється їх міцелярний каркас, структура клейковини перебудовується, стає еластичнішою. Також інтенсифікуються осмотичні процеси, збільшується кількість зв'язаної води, повніше набрякають білки і крохмаль. Унаслідок цього тісто стає еластичним, сухішим на дотик. Під час енергійного перемішування набряклі водонерозчинні білкові речовини злипаються між собою й утворюють тривимірну губчастосітчасту неперервну структуру – клейковинний каркас. Він обумовлює специфічні реологічні властивості тіста – пружність, еластичність, розтяжність. У тісті в клейковинний каркас вкраплені набряклі зерна крохмалю, целюлоза і нерозчинні геміцелюлози та частки оболонок зерна.

Уважно розгляньте в вплив основних технологічних чинників на процес тістоутворення: вологості, температури, способу замішування і черговості завантажування сировини. Потрібно знати, що вода відіграє важливу роль у процесі приготування тіста, оскільки її взаємодія з рецептурними компонентами обумовлює консистенцію і структуру готових виробів. Загальна вологість тіста вказує на кількість води в ньому, але не визначає її роль в хімічних і біохімічних змінах. Стійкість структури тіста при замішування та подальшій обробці значною мірою залежить від співвідношення в ньому вільної та зв'язаної води.

Розберіть, що є вільна і зв'язана вода, а також водопоглинальна здатність борошна.

Під час розгляду технологічного чиннику – температури потрібно уявити, що даний чинник суттєво впливає на процес тістоутворення. Прискорюючи або сповільнюючи набрякання основних біополімерів борошна.

Якщо потрібно збільшити ступінь набрякання компонентів борошна, замішування здійснюють за підвищеної температури, якщо необхідно обмежити їх набрякання й одержати пластичне тісто (наприклад, пісочне або цукрове), процес відбувається за зниженої температури.

Розгляньте раціональні температури тіста для кожного його виду.

Заключним кроком до вивчення теми є розгляд впливу інгредієнтів рецептури на процес утворення тіста: цукру, жиру, солі, яєчних та молочних продуктів, патоки, інвертного цукру та меду.

Потрібно знати, що для кожного виду виробів установлено свій рецептурний склад тіста. Вміст **цукру** в рецептурах різних видів тіста дуже відрізняється: найменший 4–5% до маси борошна в дріжджовому простому тісті, а найбільший – у бісквітному, де його співвідношення з борошном становить 1:1. В окремих видах кондитерського тіста (заварне, листкове) цукор взагалі відсутній. Молекули сахарози у водному розчині вкриваються гідратними оболонками, що збільшує їх молекулярний об'єм, знижує швидкість дифузії під час осмотичного набрякання білків і крохмалю борошна. Чим більший вміст цукру в рецептурі тіста, тим менше в його рідкій фазі вільної води, яка бере участь у гідратації біополімерів борошна. Отже, цукор знижує набрякання білків і крохмалю борошна та суттєво впливає на структуру тіста і якість готових виробів, тому за допомогою кількості цукру в тісті можна регулювати ступінь його пластичності. Різне дозування цукру в рецептурах борошняних кондитерських виробів має враховувати властивості борошна й температуру замішування. Так, із підвищенням температури замішування тіста водневі зв'язки слабшають і відбувається часткова дегідратація молекул сахарози, а вода, яка звільнилася при цьому, бере участь у набряканні колоїдів борошна. У разі великого дозування цукру тістові заготовки розпливаються і стають липкими, що приводить до збільшення адгезії тіста: воно прилипає до формуючих механізмів і робочих поверхонь. Також вміст великої кількості цукру в тісті без жиру надає виробам надмірної твердості.

При виробництві різних видів виробів у тісто вводиться від 5 до 25% **жиру** до маси борошна. Вони виконують роль пластифікаторів тіста. Жири, які додаються до тіста, мають зберігати його пластичність у широкому інтервалі температур 22–37 °С. такі властивості мають спеціальні кондитерські жири, одержані поєднанням рідких рослинних і твердих тваринних жирів або за умови спрямованої гідрогенізації олій. У цьому випадку вони утворюють у тісті тонкі плівки, які обволікають і змащують частинки борошна. Під час випікання тіста прошарки жиру між частинками борошна сприяють утворенню пористої, розсипчастої структури і крихкості готових виробів. У разі збільшення кількості жиру тісто стає розпушеним, крихким, а в разі зменшення порівняно з нормою пластичність тіста знижується, готові вироби втрачають розсипчастість.

Жири змінюють властивості білкових речовин і крохмалю за рахунок утворення комплексів під час прямої взаємодії з різними хімічними групами макромолекул або за рахунок адсорбування на поверхні молекул цих речовин.

Як і цукор, жири знижують набрякання біополімерів борошна. Адсорбційно зв'язуючись із крохмалем і білками, вони блокують ймовірні

місця зчеплення колоїдних частинок, послаблюють взаємний зв'язок між ними і тим самим перешкоджають проникненню води. Послаблення зв'язків між компонентами твердої фази тіста сприяє зменшенню його еластичності та збільшенню пластичності, а також формуванню більш пористої та крихкої структури готових виробів. Зважаючи на це жири краще вводити у тісто у вигляді тонкодиспергованої емульсії, в якій вони розподілене і у вигляді дрібних крапель.

**Сіль** виконує роль смакової добавки в тісті, відтіняючи солодкий смак виробів. Сіль у невеликих кількостях 1,5–2% до маси борошна підвищує осмотичну гідратацію його білків, завдяки чому клейковина стає слабкішою, більш розтяжною й розпливчастою. За більш високих її концентрацій спостерігається зворотна картина: гідратація клейковинних білків знижується, клейковина стає за своїми властивостями сильнішою. Сіль підвищує температуру клейстеризації крохмалю і знижує активність амілолітичних ферментів, а також гальмує протеоліз білків борошна. Невеликі концентрації солі (близько 0,5% до маси борошна) слабо стимулюють розмноження й бродильну активність хлібопекарських дріжджів. Підвищення концентрації солі (від 0,5 до 2% до маси борошна) призводить до зниження інтенсивності спиртового бродіння.

**Ячні продукти** виконують роль структуроутворювачів, крім того, надають виробам приємного смаку і кольору. У виробництві бісквітного, вафельного тіста вони сприяють піноутворенню й розпушуванню тіста. Лецитин жовтка яєць є ефективним емульгатором, а ячний білок має гарні піноутворювальні властивості. При випіканні виробів білки ячних продуктів фіксують їх структуру.

**Молочні продукти** підвищують пластичність тіста завдяки вмісту в них добре емульсованого молочного жиру. Їх наявність покращує смак випечених виробів, оскільки лактоза як компонент молока прискорює реакцію меланоїдиноутворення.

**Патока, інвертний цукор і мед** надають борошняним кондитерським виробам більшої розсипчастості та м'якості. Крім того, їх наявність у тісті сприяє формуванню на поверхні виробів золотисто-жовтої скоринки, яка виникає за рахунок зміни моноцукри дів під час випікання. Вони мають антикристалізаційні та гігроскопічні властивості, а також сприяють збереженню вологи в готових виробах і гальмують процеси черствіння.



**Література:** [1, 5, с. 332–362], [16, с. 29–33].

#### **Запитання для самоконтролю:**

1. Вкажіть класифікацію борошняних кондитерських виробів за реологічними властивостями.
2. Які колоїдні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні процеси відбуваються під час утворення тіста?
3. Який вплив чинить температура та спосіб замішування на перебіг процесів тістоутворення?
4. Як впливають інгредієнти рецептури на процесу творення тіста?

👉 **Завдання для закріплення знань з теми**  
**Заповніть графі таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Тістоприготування			
Реологічні властивості структури тіста			
Клейковинний каркас			
Водопоглинальна здатність борошна			
Полідисперсоїд			

#### **6.4 Теоретичні основи одержання екструдованих продуктів**

Розпочніть вивчення теми з визначення поняття екструзії. Екструзія (від латинського **extrudo** – виштовхування, витискання) – це процес, який суміщає термо-, гідро- і механохімічну обробку сировини з метою отримання харчових продуктів з новими текстурою і властивостями. У ході процесу екструзії під дією значних швидкостей, високої температури і тиску відбувається перехід механічної дії в теплову, що призводить до різних за глибиною змін в якісних показниках перероблюваної продукції.

##### **Основний принцип екструдювання – формування.**

Метод екструзійної обробки має ряд соціальних, сировинних та економічних переваг, в числі яких слід відмітити інтенсифікацію виробничого процесу, можливість використання широкого асортименту сировини та регулювання інтенсивності і тривалості її обробки, отримання готових до вживання харчових продуктів або створення для них компонентів, можливість створення широкого асортименту харчових продуктів.

Для обробки в екструдерах найбільш поширено використовують наступні види сировини: кукурудзяні крупку, борошно, крохмаль; пшеничне, вівсяне, житнє, солодове борошно, крупку, висівки; шрот, ціле зерно; соєву крупку, протеїни; пластівці; солод; льняне насіння та шрот, просо, крупку, мед, сухе молоко та сироватку, харчові дріжджі, ароматичні речовини, приправи; цукровий та мальтозний сиропи та інші.

Одним з перспективних напрямків переробки зернової сировини є метод високотемпературної екструзії, який дозволяє підвищити харчову цінність сировини і отримувати продукти з заданими властивостями.

Наступним етапом освоєння теми є розглядання видів екструзії. Потрібно знати, що є три види екструзії – холодна, тепла, гаряча:

– в процесі **холодної екструзії**, відбуваються тільки механічні зміни матеріалу внаслідок повільного його переміщення під тиском і формування цього продукту з утворенням заданої форми. Основні технологічні параметри холодної екструзії: вологість маси – більше 28 %; тиск – менше 10 МПа температура нижча за 35 °С;

– **тепла екструзія** (вологість маси – 24...30 %; тиск – 9...12 МПа, температура 45...75°С), характерна тим, що поряд з механічним відбувається

тепловий вплив на продукт, що обробляється, причому продукт підігрівається ззовні;

– при *гарячій екструзії* (вологість маси – 14...20 %; тиск – 12...20 МПа, температура 90...250°C), процес відбувається за високих швидкостей і тиску; при цьому відбувається значний перехід механічної енергії в теплову, що призводить до різних за глибиною змін в якісних показниках продукту.

Зверніть увагу, що екструзія поєднує в одній операції варку, формування, текстурування і дегідратацію сировини. За умов управління вихідним складом суміші, яка екструдується, механізмом фізико-хімічних, механічних, біохімічних і мікробіологічних процесів під час термопластичної екструзії харчових мас можливо отримувати продукти нового покоління з заданими функціонально-технологічними і фізіологічними властивостями.

Необхідно усвідомити, що відбуваються глибокі зміни властивостей зернової сировини в процесі високотемпературної екструзії, які можна поділити на три основні групи:

- фізичні і колоїдні зміни (зміна розмірних характеристик продукту, теплофізичних, оптичних, сорбційних, текстурних і реологічних властивостей);
- хімічні та біохімічні зміни (деструкція крохмалю з накопиченням низькомолекулярних декстринів, інверсія сахарози, денатурація і деструкція білкових речовин, вітамінів, жирів, інактивація або активація ферментів, покращення перетравлюваності, зміна кольору);
- мікробіологічні зміни (знищення бактеріальних спор, популяцій бактерій і грибів).

Слід вказати, що процес екструзії виконується в спеціальних апаратах, завдяки конструкції яких суміш переміщається (тече) як рідина, зустрічаючи певний опір. Течія і опір, визначають процес екструзії і тип продукту, який отримують. Тиск і течія досягаються за рахунок різних механізмів, але використання шнекового подання найбільш перспективне, оскільки шнеки не тільки створюють тиск, а й перемішують продукт, сприяючи генерації тепла через тертя, а також текстуруванню і гомогенізації.

Розглядаючи теоретичні основи процесу екструзії, слід відзначити, що необхідними умовами отримання екструзійних харчових продуктів є зволоження і пластифікація сировини, отримання розплаву біополімерів, денатурація білків і клейстеризація крохмалів, структурування розплаву під дією сил зсуву і розтягнення, його охолодження і формування. Найважливіше – отримання розплаву біополімерів, тобто перехід біополімерів в умовах екструзії у в'язкопластичний стан.

В момент виходу матеріалу із філь'єри деформації релаксують, продукт розбухає, волога частково випарюється. Під час релаксації еластичний матеріал, що знаходиться під тиском в екструдері, спінюється, і така структура зберігається після видалення вологи і охолодження. Екструдати з білкової сировини набувають волокнистої структури, а з крохмалистої сировини – пористої. Форма філь'єри впливає на конфігурацію виробу, практично не впливаючи на структуру продукту.

Розглядаючи екструзію як термодинамічний процес, слід відмітити важливу роль води, яка за відзначених вище умов може існувати тільки в рідкій



фазі. Після проходження зони формування і розвантаження відбувається миттєвий перехід продукту із зони високого тиску в умови атмосферного. За температури продукту, який виробляється, вищої за 110...130 °С, це супроводжується декомпресійним вибухом: вода, що знаходиться в продукті, переходить в пароподібний стан з виділенням значної кількості енергії, що приводить до деструкції клітинних структур (вибуху) і спучуванню продукту. Лінійні розміри спучених продуктів зростають більш ніж у 2 рази, а відповідно ще більше збільшується об'єм.

Для екструдованих продуктів відрізняють такі органолептичні показники **текстури: тверда** – хрустка, ламка, крихка, тріскуча, борошниста або волога, суха, липка, груба, ніжна; **м'яка** – еластична, піноподібна, пластична, ніжна, однорідна, зерниста.

Фібрилярну структуру (яка імітує м'ясо) можна досягти, в результаті розгортання в процесі екструзії рослинних протеїнів в лінійну структуру.

Кількість протеїнів у суміші залежить від загального складу взятої сировини, відносно збільшується після екструзії і надає твердості текстури. З ростом рівня протеїнів твердість зростає.

Тверду текстуру (для солодоців) можливо отримати, використовуючи екструдер як теплообмінник.

Розсипчасту текстуру (для макаронних виробів для супів, які варяться у воді) можна отримати за рахунок використання властивостей окремих білків борошна, здатних об'єднувати інші компоненти.

М'яку, розсипчасту текстуру можна досягти, регулюючи вологість суміші.

Продукти, що легко руйнуються (ламкі, хрусткі), як правило, мають комірчасту текстуру. Комірочки не руйнуються одночасно під час розкусування, а фрагментуються. Форма комірки та ступінь спучування (тобто розмір) обумовлюють ступінь ламкості продукту. Узагальнено вплив ступеня спучування на органолептичні показники екструдатів приведено на рисунку 5.

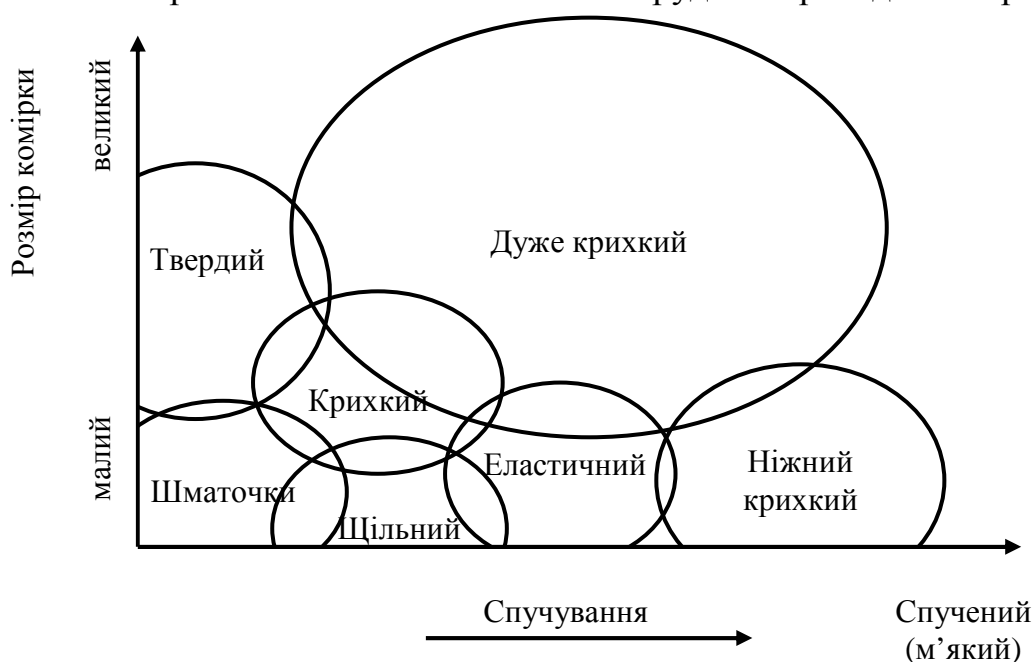


Рисунок 5 – Схема розподілу органолептичних показників залежно від спучування

Вироби з різними наповнювачами одержують за допомогою соекструзії. Надалі приділіть увагу класифікації екструдованих продуктів.

Розгляньте вплив технологічних чинників (вологості вихідної сировини, тиску, температури екструдкування, гранулометричного складу рецептурної суміші, рН середовища) та рецептурних інгредієнтів (білка, жиру, вуглеводів, мінеральних добавок) на процес екструзії.

Необхідно знати, що **вода**, яка знаходиться в сировині, переходить в пароподібний стан з відділенням значної кількості енергії. Це призводить до деструкції клітинних структур (вибух) і спучування продукту. Зі збільшенням **тиску** ефективність пресування зростає до певної межі для пористих продуктів, що містять рідку фракцію; для малопористих – ефективність зменшується і залежить від здатності компонентів злипатись, для чого часто додають зв'язуючі рідину. Збільшення **температури** призводить до втрати сировиною пружних властивостей і течія матеріалу стає притаманною в'язкій рідині. **Частки вихідної сировини** з розмірами до 40 мкм сприяють спонтанному утворенню агломерованих часток; більші за 150 мкм сприяють надходженню до структури готового продукту цілих гранул сировини; в деяких випадках можуть бути використана сировина з розмірами часток більше 150 мкм, але з попередньою підготовкою – зволоженням, зміною температури, витриманням зволоженої сировини. **Підвищення рН** сприяє зростанню водопоглинення (зростання сорбції) і розслаблення кінцевої структури продуктів.

**Білки** призводять до розриву дисульфідних зв'язків, що зменшує молекулярну масу протеїнових молекул; продукти виходять з м'якішою поверхнею, відбувається стабілізація процесу екструзії, але разом з тим й зменшення інтенсивності смаку і аромату. **Полісахариди – альгінат натрію** сприяють виникненню пастоподібної консистенції, збільшенню водопоглинальної і вологоутримуючої здатності, надання твердої кінцевому продукту. **Жири та ліпіди** сприяють вираженій ламінарній течії рецептурної маси в екструдері, що надає більш твердої структури екструдованим продуктам. **Хлористий натрій** не впливає на текстуру екструдованої сировини. **Хлористий кальцій** збільшує інтегрування рослинних протеїнів, призводить до пом'якшення та надання гнучкості поверхні екструдованих продуктів.

На завершення вивчення теми детально розберіть зміни **властивостей сировини** харчоконцентратного виробництва: **фізичні** (зміна розмірних, теплофізичних, оптичних, сорбційних характеристик продукту); **хімічні та біохімічні** (денатурація та деструкція білкових речовин, клейстеризація, деструкція крохмалю, ліпідів, інверсія сахарози, реакція меланоїдиноутворення, руйнування термолабільних вітамінів, інактивація або підвищення активності ферментів, покращання перетравлюваності); **структурно-механічні** (набуття продуктом нових реологічних властивостей: пластичності, пружності, в'язкості, міцності); **мікробіологічні** (зменшення мікробного обсіменіння продукту).



**Література:** [9, с. 1–96], [10, с. 8–69, 188–201], [16, с. 33–37].

👉 **Завдання для закріплення знань з теми**  
**Заповніть графі таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Екструзія холодна, гаряча, тепла			
Текстура			
Спучування			

### **6.5 Теоретичні основи зберігання продукції галузі**

Вивчення теми потрібно з характеристики основних процесів, що відбуваються під час зберігання продукції галузі: черствіння хліба та кондитерських борошняних виробів, кристалізація сахарози з борошняних кондитерських виробів, згіркнення жирів, намокання та висихання цукристих кондитерських виробів, посидіння шоколаду.

Слід знати, що черствіння хліба обумовлюється складними процесами, які відбуваються в високополімерних речовинах м'якушки хліба і призводять до прогіршення її органолептичних показників якості і структурно-механічних властивостей.

Окремо слід розглянути роль крохмалю в процесі черствіння. Слід знати, що під час зберігання хліба відбувається ретроградація крохмалю, яку можна пояснити змінами його складових – амілози та амілопектину. При старінні розгалужені ланцюги молекули амілопектину притягуються, утворюють асоціати. Поряд з цим відбувається також агрегація лінійних ланцюгів молекул амілози внаслідок можливого утворення між ними водневих зв'язків по гідроксильних групах. При цьому утворюються агрегати у вигляді сітчастої структури. Це обумовлює зменшення об'єму крохмальних зерен, збільшення їх твердості, внаслідок чого м'якушка хліба стає твердою і крихкою.

Потім слід уяснити шляхи запобігання агрегації молекул амілози та амілопектину.

Наступним кроком в освоєнні теми є розгляд ролі білкової фракції у процесах черствіння хліба. Потрібно звернути увагу, що денатурована в процесі випікання клейковина при старінні віддає вологу, знижується її гідратаційна здатність, а це призводить до ущільнення структури, тобто при зберіганні хліба продовжується денатурація білка. Оскільки у хлібі клейковина утворює каркас з тонких плівок, в якому розміщені частково клейстеризовані зерна крохмалю, можна припустити, що втрата білками води впливає на жорсткість м'якушки.

Надалі розгляньте роль води і температури у процесах черствіння хліба. Слід знати, що у свіжовипеченому хлібі стінки пор – це набухла система, в якій частина молекул води зв'язана, друга – розподілена у міжмолекулярних просторах денатурованого білка і частково клейстеризованого крохмалю. При

оохолодженні та зберіганні хліба гнучкі ланцюги молекул крохмалю зближуються і утворюють механічно міцну сітку, яка утримується міжмолекулярними Ван-дер-Ваальсовими силами. Вода, яка міститься у мікро порожнинах, що утворилися, знаходиться в упорядкованому стані завдяки високій полярності її молекул і електростатичним силам поверхні мікро порожнин, стінки яких утворені молекулами крохмалю та білка. При освіжуванні хліба шляхом нагрівання структура води в мікро порожнинах руйнується і ланцюги високо полімерів можуть повернутись у стан, притаманний свіжовипеченому хлібу.

Встановлено, що черствіння уповільнюється при більш високій температурі та прискорюється при її зниженні – таблиця 8.

Наступним етапом навчання з теми є розгляд факторів, що обумовлюють черствіння хліба.

Таблиця 8 – Ступінь свіжості хліба при його зберіганні після випікання при різних температурах

Температура, °C	Стан виробу	Температура, °C	Стан виробу
85–92	Свіжий	0	Зовсім черствий
70	Свіжий	–2	Зовсім черствий
60	Свіжий	–6	Черствий
50	Майже свіжий	–7	Напівчерствий
40	Ознаки черствіння	–10	Напівчерствий
30	Напівчерствий	–20	Свіжий
17	Черствий	–30	Зовсім свіжий

Переходячи до вивчення процесів під час зберігання цукристих кондитерських виробів, треба звернути увагу на характерні процеси – намокання (сахароза в аморфному стані – карамель) або висихання (сахароза в кристалічному стані – помадні сорти цукерок).

Потрібно уяснити, що молекули сахарози та інших цукрів, що розташовані на поверхні карамелі, мають надлишкову вільну енергію, тому притягують молекули водяної пари з навколишнього повітря. Фізична адсорбція є результатом самовільного зменшення поверхневої енергії системи, яка виражається в компенсуванні поля поверхневих сил. Вона проявляється за рахунок сил Ван-Дер-Ваальса та водневих зв'язків. Ці дисперсійні сили і забезпечують протягування молекул. Якщо тиск водяної пари в навколишньому повітрі невисокий, то на поверхні виробів утворюється моно шар. В місцях тиску, що близький до тиску насиченої пари, адсорбція різко зростає і закінчується конденсацією пари. Гігроскопічність виробів. Тобто властивість тіла поглинати вологу повітря, значно збільшується.

Необхідно відзначити, що карамельна маса містить 2–3 % вологи, на поверхні її в перший момент зберігання існують вільні силові поля. В результаті цього молекули водяних парів навколишнього повітря зв'язуються з молекулами на поверхні маси, частина з них утворює адсорбційний шар.

Карамельна маса розчинна у воді, тому за адсорбцією буде відбуватись часткове розчинення її поверхневого шару в поглинутій волозі, в результаті чого на поверхні маси утворюється тонкий шар насиченого розчину з певною

пружністю пари. Тиск парів цього розчину завжди менший, ніж тиск парів води повітря. Через різницю парціальних тисків парів води в атмосфері і під поверхнею розчину відбувається подальше поглинання вологи до моменту рівноваги між пружністю парів розчину та повітря.

Швидкість дифузії парів води через нерухомий шар повітря виражається рівнянням:

$$\frac{G}{\tau F_{\delta}} = \frac{D_{\delta}}{h_{\delta} P_e} (P_{\delta} - P_i) \quad (1),$$

де  $G$  – маса парів води;  $\tau$  – час;  $F_{\delta}$  – площа, що вимірюється перпендикулярно напрямку дифузії;  $D_{\delta}$  – коефіцієнт швидкості дифузії;  $h_{\delta}$  – товщина шару повітря;  $P_e$  – середній парціальний тиск повітря;  $P_{\delta}$  – парціальний тиск парів води в зовнішньому шарі повітря;  $P_i$  – парціальний тиск пари води у поверхні речовини, тобто в нашому випадку тиск пари під поверхнею розчину речовини.

Розберіть, як впливають фактори – відносна вологість повітря, температура, хімічний склад карамелі, спосіб обробки карамельної маси на зміну гігроскопічності карамелі.

Необхідно відзначити, що на відміну від розглянутої вище властивості карамелі поглинати вологу з навколишнього середовища, помадна маса, а також цукерки на її основі, порівняно швидко висихають, тобто «черствіють». Це проявляється як поява білих плям і отвердіння. Висихання помади відбувається навіть при відносній вологості повітря більше 82,5%. В результаті випаровування вологи з рідкої фази помади вона стає пересиченим розчином сахарози і «черствіння» цукерок відбувається в результаті повільного процесу кристалізації. Утворення білих плям спочатку на ребрах корпусу, а потім на всій поверхні дає підставу припустити, що процес кристалізації з мі кристального сиропу протікає як в напрямку подальшого зростання існуючих кристалів сахарози, так і зародження нових. Висихання помадних цукерок буде тривати до встановлення рівноважної вологості, яка в свою чергу залежить від відносної вологості повітря (таблиця 9).

Таблиця 9 – Рівноважна вологість цукрової помади

Відносна вологість повітря, %	Початковий вміст		Вологість після зберігання	
	вологи	редуючих речовин	30 днів	40 днів
50	11,2	5,4	1,42	1,40
60	11,2	5,4	20,02	2,02
70	11,2	5,4	2,57	2,60
75	11,2	5,4	4,01	4,04

Якщо попередній матеріал засвоєний добре, переходьте до розгляду залежності швидкості висихання від початкової вологості цукрової маси, температури та відносної вологості повітря, хімічного складу рідкої фази помади.

Розібравшись з цим питанням, необхідно зупинитись на шляхах підвищення стійкості помадних цукерок до висихання. При цьому необхідно знати, що та як «черствіння» помади є наслідком втрати значної частини вологи

в результаті її випаровування та збільшення вмісту кристалічної фази, то одержання невисихаючої та малочерствіючої помади є можливим при введенні до її рецептури речовин, що здатні утримувати випаровування вологи. В якості таких речовин наступні: патокоутворюючі (крохмальна патока, глюкоза, мед, фруктоза, інвертний сироп), гідрофільних (агар, пектин) та поверхнево-активних (яєчний білок). Досліджено застосування моно гліцеридів, дистеарату сахарози, моностеарату сорбітину, ефіромонаопальмітину гліцерину, сорбіту та інших.

Вам необхідно ретельно розглянути процеси, що відбуваються під час зберігання шоколаду: жирове цвітіння та цукрове посидіння. Як відзначалось раніше, жирове посидіння пов'язано з поліморфізмом тригліцеридів, які входять до складу какао–масла. Поліморфне перетворення тригліцеридів какао–масла і стабільну  $\beta$ -форму відбувається під час інтенсивного перемішування і поступового охолодження до 30 °С розплавленого какао–масла.

Освоївши даний матеріал, приступайте до розгляду шляхів запобігання вказаних вад.



**Література:** [3, с. 220–226], [1, с. 365–380], [16, с. 37–41].

#### **Запитання для самоконтролю:**

1. Яку роль виграє крохмаль в процесі черствіння хліба?
2. Які процеси, що пов'язані з перетворенням білків, лежать в основі черствіння виробів?
3. Вкажіть роль води та температури в черствінні хліба.
4. Які фактори обумовлюють уповільнення процесу черствіння хліба?
5. Розкрийте поняття гігроскопічності карамелі та висихання помадної маси.
6. Вкажіть фактори, що впливають на зміну гігроскопічності карамелі.
7. Як підвищити стійкість помадних цукерок до висихання?
8. Які процеси відбуваються під час зберігання шоколаду?
9. Як запобігти жировому посидінню шоколаду?

#### **Завдання для закріплення знань з теми**

#### **Заповніть графи таблиці:**

<i>Поняття</i>	<i>Що позначає розглянуте поняття в цій темі</i>	<i>Де і в якому контексті зустрічається поняття</i>	<i>Який прикладний аспект має поняття</i>
Ретроградація крохмалю			
Ван-дер–Ваальсові сили			
Швидкість дифузії парів води			
Парційний тиск парів води			

### 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ

Підготовка і виконання лабораторних робіт, що передбачені робочою програмою дисципліни, здійснюються за використання методичних вказівок у вигляді Робочого зошиту [18]. Допуском до початку лабораторних занять для студентів є співбесіда з викладачем – атестація міри самостійної підготовки за окремими темами курсу.

План лабораторних робіт наведено в таблиці 11.

### 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Контрольні роботи складено на основі робочої програми дисципліни.

**Об'єктом розглядання в контрольній роботі є технології продукції галузі.**

**Предметом розглядання в контрольній роботі є властивості речовини, показники якості сировини та фізико-хімічні і біотехнологічні процеси, що лежать в основі технологій продукції галузі.**

Виконання контрольної роботи можливе за умов вивчення теоретичного матеріалу за програмою, виконанні лабораторного практикуму. Під час підготовки до виконання контрольної роботи необхідно використовувати не тільки конспект лекцій, а основну та додаткову довідкову літературу, що наводиться в цих методичних вказівках.

Таблиця 11 – План лабораторних робіт

Назва теми	Обсяг, годин	№ заняття	Зміст заняття	Форми поточного контролю	Оцінка за поточним контролем max-min балів
1	2	3	4	5	6
<b><i>І модульний контроль</i></b>					
Теоретичні основи одержання карамельних і помадних мас	4	1	Дослідження впливу концентрації антикристалізатора та температури уварювання сиропів на процес кристалоутворення, а також температури та концентрації цукрів на в'язкість розчинів цукрози.	Захист лаб. роб, тестування	5-3
Теоретичні основи одержання мармеладних виробів	4	2*	Дослідження впливу технологічних чинників (виду та концентрації драглеутворювача, кислоти, цукрів, буферних солей, температури) на процес драглеутворення.	Захит лаб. роб., тестування, колоквиум	10-6

1	2	3	4	5	6
Теоретичні основи одержання пастильних виробів	4	3	Дослідження впливу технологічних чинників (виду та концентрації піноутворювача, кислоти, цукрів, поверхнево-активних речовин, температури, способу збивання) на піноут-ворюючу здатність та піностійкість мас.	Захит лаб. роб., тестуван-ня, колоквиум	10-6
<b>II модульний контроль</b>					
Технологічні властивості борошна як сировини в технологіях галузі	4	4	Визначення хлібопекарських властивостей пшеничного борошна: за газоутворювальною здатністю; “силою борошна”; кольором та здатністю до потемніння в процесі приготування хліба.	Захист лаб. роб., тестуван-ня	12-9
	4	5	Характеристика хлібопекарських властивостей борошна за структурно-механічними та фізичними показниками якості тіста за допомогою фаринографу фірми Брабендер та альвеографу фірми Шопен.		
Технологічні властивості борошна як сировини в технологіях галузі	4	6*	Визначення властивостей крохмалю та протікання амілолізу в водно-борошняній суспензії за допомогою амілографа фірми Брабендер та приладу Амілотест.		
Фізіолого-біохімічні та біотехнологічні властивості бродильної мікрофлори	4	7*	Фізіолого-біохімічні та біотехнологічні властивості бродильної мікрофлори.	Захист лаб.роб., тестуван-ня	5-3
<b>Разом*</b>	<b>28</b>	<b>7</b>			<b>35-21</b>

*\*Примітка:* у студентів заочної форми навчання проводять 2-е, 6-е та 7-е заняття.

**Як завдання для написання контрольної роботи сформульовано таке:** «Розглянути теоретичні та практичні аспекти фізико-хімічних і біотехнологічних процесів, що відбуваються в об'єктах розглядання, згідно до варіанта та вихідних даних, що наводяться нижче».



Виконання завдання потрібно за таким планом:

**1. У теоретичній частині контрольної роботи потрібно:**

- охарактеризувати речовину за варіантом завдання, надаючи її будову, навести функціонально–технологічні властивості;
- описати позитивні і негативні боки дії вказаної речовини на протікання процесів в ході технологічних стадій виробництва продукції галузі;
- вказати, за допомогою яких заходів можна регулювати дію даних речовин для одержання високоякісної продукції галузі.

**2. У практичній частині контрольної роботи потрібно:**

- надати теоретичне та практичне тлумачення вказаного показника сировини; вказати межі показника для сировини нормальної якості;
- надати рекомендації щодо використання вказаної сировини у виробництві;
- надати характеристику процесу згідно до варіанта і який вплив на процес виявляють зміни технологічних факторів;
- описати умови протікання процесу, порівняти з процесами в інших варіантах завдань.

**Контрольну роботу слід виконувати за такими рекомендаціями:**

- Завдання для контрольної роботи потрібно взяти на початку сесії у викладача і згідно варіанту готувати відповіді на теоретичні питання.
- Оформляти контрольну роботу потрібно в зошитах синіми або чорними чорнилами, акуратно і розбірливо.
- Надавати відповідь потрібно своїми словами, користуючись довідковим матеріалом змістовно і лаконічно.
- В текстах відповідей мають бути посилання на використану літературу.
- В разі отримання оцінки “задовільно” або «незадовільно» необхідно переробити матеріал і знову віддати на перевірку викладачеві.

Рівень знань студентів оцінюється за 5-бальною системою. При цьому знання оцінюються за такими критеріями:

**“відмінно”** – всебічне і глибоке знання програмного матеріалу; засвоєння інформації з лекційного курсу, основної і додаткової літератури; чітке володіння понятійним апаратом, методами та інструментарієм, передбаченими програмою, вміння використовувати їх для розв’язування як типових, так і нетипових практичних завдань;

**“добре”** – повне знання програмного матеріалу; засвоєння інформації з лекційного курсу, основної та деякої додаткової літератури; володіння в цілому понятійним апаратом, методами та інструментарієм, передбаченими програмою; вміння використовувати їх для розв’язування типових практичних завдань, але з можливими окремими неточностями та неprincipовими помилками;

**“задовільно”** – достатні знання основного програмного матеріалу; засвоєння інформації тільки з лекційного курсу без залучення додаткової літератури; володіння основним понятійним апаратом, методами та інструментарієм, передбаченими програмою; вміння використовувати їх для розв’язування типових практичних завдань з окремими неprincipовими помилками;

**“незадовільно”** – наявність значних прогалин у знаннях основного програмного матеріалу; володіння тільки окремими поняттями, методами та інструментарієм, причому з можливими принципними помилками, що допущені за спроби їх практичного використання.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Загальні вказівки.....	3
2. Рекомендації до самостійного вивчення окремих тем дисципліни.....	5
Змістовий модуль № 1 Теоретичні основи одержання карамельних і помадних мас.....	5
1.1. Вступ до дисципліни. Фізико-хімічні властивості сахарози.....	5
1.2 Теоретичні основи одержання помадних мас.....	7
Змістовий модуль № 2 Фізико-хімічні процеси в технології мармеладопастильних виробів.....	8
2.1 Фізико-хімічні процеси в технології мармеладних мас.....	8
2.2 Фізико-хімічні процеси в технології одержання пастильних мас.....	10
Змістовий модуль № 3 Фізико-хімічні процеси в технології шоколаду....	11
3.1 Фізико-хімічні процеси в технології шоколаду.....	11
Змістовий модуль № 4 Технологічні властивості борошна як сировини в технологіях галузі.....	15
4.1 Властивості білково-протеїназного комплексу борошна різних видів та їх зміна під дією технологічних чинників.....	15
4.2 Властивості вуглеводно-амілазного та ліпідно-ліполітичного комплексів борошна та їх зміна під дією технологічних чинників.....	17
Змістовий модуль 5 Фізіолого-біохімічні та біотехнологічні властивості бродильної мікрофлори.....	20
5.1 Фізіолого-біохімічні та біотехнологічні властивості хлібопекарських дріжджів.....	20
5.1 Фізіолого-біохімічні та біотехнологічні властивості молочнокислих бактерій. Інші види бродіння.....	22
Змістовий модуль № 6 Теоретичні основи одержання і зберігання борошняних кондитерських та екструдованих мас.....	26
6.1 Теоретичні основи утворення і стійкості дисперсних систем.....	26
6.2 Сучасні теорії коагуляції колоїдних систем.....	29
6.3 Фізико-хімічні основи одержання борошняних кондитерських мас...	31
6.4 Теоретичні основи одержання екструдованих продуктів.....	36
6.5 Теоретичні основи зберігання продукції галузі.....	40
3. Рекомендації щодо виконання лабораторного практикуму.....	47
4. Рекомендації щодо виконання контрольних робіт.....	47
5. Рекомендована література з дисципліни.....	51
5.1 Основна література.....	51
5.2 Додаткова література.....	52
5.3 Методична література.....	52
Додаток А. Завдання для виконання контрольних робіт.....	53
Додаток Б. Залікові питання з дисципліни.....	61

## 5. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

### 5.1 Основна література

1. *Зубченко, А.В.* Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: Учебник.-2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Воронеж. гос. технол. акад.– Воронеж, 2001.– 389 с.
2. Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів: Навч. посібник / Г.М. Лисюк, О.В. Самохвалова, З.І. Кучерук, О.М. Постнова, С.Г. Олійник, М.В. Артамонова, О.В. Неміріч, П.О. Карпенко, О.Т. Старчаєнко; За ред. Г.М. Лисюк. – Суми: Університетська книга, 2008. – 412 с.
3. *Пащенко Л.П.* Технология хлебобулочных изделий [Текст] / Л.П. Пащенко, И.М. Жаркова. – М.: Колос, 2006. – 389 с.

### 5.2 Додаткова література

4. *Пучкова, Л.И.* Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Технология хлеба [Текст] / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. – С-Пб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.
5. *Ауэрман, Л.Я.* Технология хлебопекарного производства. - СПб: Профессия, 2003. – 550 с.
6. *Дробот, В.І.* Технологія хлібопекарського виробництва [Текст]. – К.: Логос, 2002.-365 с.
7. *Медведева, Г.М.* Технология макаронного производства [Текст]. – М.: Колос, 1998. – 272 с.
8. *Матвеева, И.В.* Биотехнологические основы приготовления хлеба [Текст] / И.В. Матвеева, И.Г. Белявская. - М.: ДеЛи принт, 2001. - С. 60-148.
9. *Касьянов, Г.И.* Технология производства сухих завтраков [Текст] / Г.И. Касьянов, А.В. Бурцев, В.А. Грицких. – Ростов н/Д: «Издательский центр Март», 2002. – 96 с.
10. *Остряков, А.Н.* Экструзия в пищевых технологиях [Текст] / А.Н. Остряков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб: ГИОРД, 2004. – 350 с.

11. *Пащенко, Л.П.* Биотехнологические основы производства хлебобулочных изделий [Текст]. – М.: Колос, 2002 – 368 с.
12. *Малютенкова, С.М.* Товароведение и экспертиза кондитерских товаров [Текст]. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
13. *Кругляков П.М., Ексерова Д.Р.* Пена и пенные пленки [Текст]. – М.: Химия, 1999. – 425 с.
14. *Пивоваров, П.П.* Использование метилцеллюлозы при производстве кулинарной продукции с пенной структурой [Текст] / ХИОП. – Харьков, 1990. – 120 с.
15. *Манк, В.В.* Колоїдна хімія: Підручник [Текст]. – Київ, 1999. – 128 с. ISBN 966-612-0000-3.

### **5.3. Методична література**

16. *Лисюк, Г.М.* Робоча програма з дисципліни «Фізико-хімічні і біотехнологічні основи технології галузі» з вибіркової дисципліни для спеціальностей напрямку підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» [Текст] / Г. М. Лисюк, О. В. Самохвалова, О. В. Неміріч, С. Г. Олійник, М. В. Артамонова. – Харків: ХДУХТ, 2009. – 28 с.
17. *Самохвалова, О.В.* Фізико-хімічні і біотехнологічні основи технології галузі. Збірник опорних конспектів лекцій для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня підготовки «бакалавр» спеціальності 7.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчо концентратів» [Текст] / О.В. Самохвалова, О.В. Неміріч, С.Г. Олійник. – Харків: ХДУХТ, 2006. – 45 с.
18. *Лисюк, Г.М.* Фізико-хімічні і біотехнологічні основи технології галузі. Методичні рекомендації та завдання для виконання лабораторного практикуму для спеціальності 7.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» [Текст] / Г.М. Лисюк, О.В. Самохвалова, С.Г. Олійник, О.В. Неміріч, М.В. Артамонова. – Харків: ХДУХТ, 2006. – 78 с.
19. *Неміріч, О.В.* Фізико-хімічні і біотехнологічні основи технології галузі. Збірник тестів для контролю знань студентів спеціальностей напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» [Текст] / О.В. Неміріч, О.С. Луньова. – Харків: ХДУХТ, 2012. – 52 с.

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

## Варіант № 1

Розглянути теоретичні та практичні аспекти фізико-хімічних і біотехнологічних процесів, що відбуваються в об'єктах розглядання, згідно до варіанта та вихідних даних:

Вихідні дані: Речовина, сировина та процес розглядання	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Ферменти пшеничного борошна	Ліпоксигеназа	о- Дифенолоксидаза	α-амілаза
<b>2. Сировина</b>			
Борошно пшеничне	Автолітична активність 45% на суху речовину	Автолітична активність 50% на суху речовину	Автолітична активність 30% на суху речовину
<b>3. Процеси</b>			
Драглеут- ворення	Агару	Пектину	Желатину

**Частина 1 (теоретична)**

- 1.1. Надати загальну характеристику вказаних речовин, пояснити їх властивості у прикладному аспекті.
- 1.2. Пояснити сутність процесів за участю вказаних речовин та можливі шляхи їх регулювання для одержання високоякісної продукції галузі.

**Частина 2 (практична)**

- 2.1 Надати загальну характеристику показника сировини. Вказати межі показника для сировини нормальної якості.
- 2.2 Надати рекомендації щодо використання вказаної сировини у виробництві.
- 2.3. Надати характеристику процесу згідно до варіанта. Вказати, який вплив на процес виявляють зміни технологічних факторів.
- 2.4. Описати умови протікання процесу, порівняти з процесами в інших варіантах завдань.

## Варіант № 2

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Вуглеводи	Каррагенани	Агароїд	Пектин
<b>2. Сировина</b>			
Дріжджі хлібопекарські пресовані	Підйомна сила 40 хв.	Підйомна сила 90 хв.	Підйомна сила 130 хв.
<b>3. Процеси</b>			
3.2. Бродіння хлібопекарських дріжджів	У глюкозному середовищі	У водно- борошняному середовищі	У мальтозному середовищі

## Варіант № 3

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Ферменти житнього борошна	Протеїназа	$\beta$ -амілаза	Пентозаназа
<b>2. Сировина</b>			
Борошно житнє сіяне	Число падіння 160 с	Число падіння 100 с	Число падіння 140 с
<b>3. Процеси</b>			
Протеоліз	В пшеничному борошні зі зерна, ушкодженого клопом– черепашкою	В пшеничному борошні нормальної якості	В пшеничному борошні з морозобійного та пророслого зерна

## Варіант № 4

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Вуглеводи житнього борошна	Крохмаль	Розчинні пентозани	Нерозчинні пентозани
<b>2. Сировина</b>			
Дріжджі хлібо- пекарські пресовані	Мальтозна активність 100 хв.	Мальтазна активність 170 хв.	Мальтазна активність 111 хв.
<b>3. Процеси</b>			
Піноутворення яєчних білків	За підвищення температури маси до 30 °С	За додавання ПАР	За збільшення масової частки цукру

## Варіант № 5

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Вуглеводи	Крохмаль	Сахароза	Целюлоза
<b>2. Сировина</b>			
Борошно пшеничне	Гідратаційна здатність клейковини 320 %	Гідратаційна здатність клейковини 120%	Гідратаційна здатність клейковини 250 %
<b>3. Процеси</b>			
Коншування шоколадної маси	Протягом 1 години при 20 °С	Потягом 50 годин при 65-70 °С	Потягом 50 годин при 20 °С

## Варіант № 6

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Речовини какао-бобів	Фенольні сполуки	Дубільні речовини	Органічні кислоти
<b>2. Сировина</b>			
Борошно пшеничне першого сорту	Кількість клейковини 15 %	Кількість клейковини 28%	Кількість клейковини 35%
<b>3. Процеси</b>			
Протеоліз	При додаванні аскорбінової кислоти	Без додавання речовин окислювальної дії	Тіосульфат натрію

## Варіант № 7

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Білки пшеничного борошна	Глобуліни	Проламіни	Глютеліни
<b>2. Сировина</b>			
Борошно пшеничне	Розтяжність клейковини над лінійкою 7 см	Розтяжність клейковини над лінійкою 15 см	Розтяжність клейковини над лінійкою 35 см
<b>3. Процеси</b>			
Кристалізація цукрози пересиченого розчину	При підвищенні концентрації сахарози	При підвищенні температури розчину	При інтенсивному перемішуванні розчину



## Варіант № 8

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Білки пшеничного борошна	Гліадин	Глютенін	Глютенін II
<b>2. Сировина</b>			
Борошно пшеничне	Цукроутворювальна здатність 100 мг мальтози на 10 г борошна	Цукроутворювальна здатність 280 мг мальтози на 10 г борошна	Цукроутворювальна здатність 370 мг мальтози на 10 г борошна
<b>3. Процеси</b>			
Желатин	Розчинення	Драглеутворення	Піноутворення

## Варіант № 9

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Ферменти борошна	Ліпаза	Целюлаза	Аскорбинат-оксидаза
<b>2. Сировина</b>			
Борошно житнє сіяне	Автолітична активність 60%	Автолітична активність 70%	Автолітична активність 50%
<b>3. Процеси</b>			
3.1. Протеоліз білків пшеничного борошна під дією кислих протеїназ	При зниженні температури субстрату	При підвищенні рН	При зниженні рН

## Варіант № 10

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Ферменти дріжджової клітини	$\beta$ -фруктофуранозидаза	Мальтопермеаза	$\alpha$ -глюкозидаза
<b>2. Сировина</b>			
Борошно пшеничне вищого сорту	Білизна, 54 ум. од. приладу РЗ-БПЛ	Білизна, 34 ум. од. приладу РЗ-БПЛ	Білизна, 60 ум. од. приладу РЗ-БПЛ
<b>3. Процеси</b>			
Бродіння, що впливає на якість продукції галузі	Пропіоновокисле	Бутіленгліколеве	Ацетоноетилове

## Варіант № 11

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Білки житнього борошна	Гліадин	Глютенін	Альбуміни
<b>2. Сировина</b>			
Борошно пшеничне першого сорту	60 ум. од. приладу ІДК	110 ум. од. приладу ІДК	80 ум. од. приладу ІДК
<b>3. Процеси</b>			
Зберігання борошняних кондитерських виробів	Черствіння	Кристалізація сахарози	Згіркнення жирів

## Варіант № 12

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Вуглеводи	Низькоетерифікований пектин	Протопектин	Високоетерифікований пектин
<b>2. Сировина</b>			
Борошно житнє сіяне	Білизна, 50 ум. од. приладу РЗ-БПЛ	Білизна, 34 ум. од. приладу РЗ-БПЛ	Білизна, 62 ум. од. приладу РЗ-БПЛ
<b>3. Процеси</b>			
Молочнокисле бродіння	В присутності хлібопекарських дріжджів	Гомоферментативне	Гетероферментативне

## Варіант № 13

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Ліпіди пшеничного борошна	Гліколіпіди	Фосфоліпіди	Ліпопротеїди
<b>2. Сировина</b>			
Макаронне борошно вищого і першого сортів	75 ум. од. приладу ІДК	110 ум. од. приладу ІДК	82 ум. од. приладу ІДК
<b>3. Процеси</b>			
Екструзія	Холодна	Тепла	Гаряча

## Варіант № 14

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Ферменти борошна	Фітаза	Геміцелюлаза	Пептид аза
<b>2. Сировина</b>			
Борошно пшеничне вищого сорту	Газо-утворювальна здатність 1600 см <sup>3</sup> СО <sub>2</sub> /100 г борошна	Газо-утворювальна здатність 1900 см <sup>3</sup> СО <sub>2</sub> /100 г борошна	Газо-утворювальна здатність 1000 см <sup>3</sup> СО <sub>2</sub> /100 г борошна
<b>3. Процеси</b>			
Зброджування цукрів хлібопекарськими дріжджами	Глюкози	Сахарози	Мальтози

## Варіант № 15

Вихідні дані	Варіанти завдань		
	1	2	3
<b>1. Речовини</b>			
Борошно пшеничне	Глютатіон	Цистін	Каталаза
<b>2. Сировина</b>			
Дріжджі хлібопекарські пресовані	Мальтазна активність 110 хв.	Мальтана активність 160 хв.	Мальтазна активність 200 хв.
<b>3. Процеси</b>			
Кристалотворення молекул сахарози з пересиченого розчину	За використання масової частки патоки 5% до маси цукру	За використання масової частки патоки 15% до маси цукру	За використання масової частки патоки 25% до маси цукру

**ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ  
ЗНАТЬ З ДИСЦИПЛІНИ**

1. Охарактеризуйте механізм гідратації молекул сахарози.
2. Що таке трикутники Гібса–Розебума і як вони використовуються в кондитерській практиці?
3. Як одержують і які властивості ненасичених, насичених та пересичених розчинів сахарози?
4. Що таке флуктуація концентрацій?
5. Охарактеризуйте механізм кристалоутворення молекул сахарози з пересичених розчинів.
6. Розкрийте сутність дифузійної моделі зростання кристалів сахарози.
7. Що таке затравки, шляхи надходження під час виробництва помадних мас.
9. Який вплив чинників технологічного процесу на кінетику кристалізації молекул сахарози?
10. Охарактеризуйте драглеутворюючі речовини, що використовуються в кондитерській практиці.
11. Опишіть модель драглеутворення за Рисом.
12. Як впливають технологічні чинники і рецептурні інгредієнти на процес драглеутворення?
13. Які види пін існують в харчових технологіях?
14. Дайте характеристику механізму піноутворення.
15. Вкажіть як впливають технологічні чинники та рецептурні інгредієнти на процесі ціноутворення.
16. Надайте характеристику основної сировини для виробництва шоколаду та шоколадних виробів.
17. Дайте характеристику основної сировини для виробництва шоколадних мас.
18. Вкажіть основні фізико-хімічні властивості какао–масла.
19. Вкажіть сутність операцій коншування та темперування.
20. Назвіть показники хлібопекарських властивостей борошна.
21. Що таке «сила борошна»?
22. Як характеризують борошно за силою?
23. Які речовини входять до білково–протеїназного комплексу борошна?
24. Вкажіть роль клейковини у формуванні сили борошна.
25. За допомогою яких внутрішньомолекулярних зв'язків формуються структурно-механічні властивості клейковини?
26. Що таке активатори та інгібітори протеолізу і який вони мають прикладний аспект?
27. Як впливають вуглеводна і ліпідна фракції на силу борошна?
28. Вкажіть особливості білків житнього борошна.
29. Назвіть шляхи регулювання протеолізу.
30. За яким показниками і за допомогою яких приладів оцінюють силу борошна?
31. За якими показниками характеризують макаронні властивості борошна?
32. Які складові входять до вуглеводно-амілазного комплексу борошна?
33. Вкажіть механізм дії  $\alpha$ -,  $\beta$ -амілази та глюкоамілази на крохмаль борошна.
34. Як оцінити газоутворювальну здатність борошна?
35. Що таке автолітична активність борошна?
36. Вкажіть методи визначення газоутворювальної здатності і автолітичної активності борошна.
37. Надайте характеристику ліпідно-ліполітичного комплексу борошна.
38. Розкрийте механізм дії ліпази і ліпоксигенази на ліпіди борошна.
39. Яку роль виявляє ліпоксигеназа в формуванні хлібопекарських властивостей пшеничного борошна?

40. Розкрийте механізм дії інших ферментів борошна: о-дифенолоксидази, аскорбинатоксидази, целюлази, геміцелюлази, пентозанази.
41. Вкажіть будову цитоплазматичної мембрани дріжджової клітини.
42. Які існують види транспорту живильних речовин в клітину мікроорганізмів?
43. Які види обмінів речовин дріжджової клітини?
44. Надайте пріоритетність зброджування цукрів дріжджовою клітиною.
45. Назвіть показники і дайте характеристику функціонально–технологічних властивостей дріжджів.
46. Надайте характеристику видів молочнокислого бродіння.
47. Назвіть технологічне значення видів молочнокислого бродіння.
48. Від яких чинників залежить інтенсивність кислотонакопичення в напівфабрикатах хлібопекарського виробництва?
49. Назвіть показники функціонально–технологічних властивостей молочнокислих бактерій і методи їх оцінки.
50. Охарактеризуйте інші види бродіння і їх роль в технології галузі.
51. Що розуміють під стійкістю дисперсних систем?
52. Що таке коагуляція?
53. Дайте характеристику ліофобних і ліофільних дисперсних систем.
54. Які існують види стійкості дисперсних систем?
55. Які є чинник стійкості дисперсних систем?
56. Що таке подвійний електричний шар (ПЕШ)? Які має властивості?
57. Надайте характеристику теорій коагуляції Г.Фрейндліха, Г.Мюллера, ДЛФО.
58. Назвіть особливості ПЕШ.
59. Вкажіть вплив умов середовища на товщину дифузійного шару.
60. Розкрийте поняття розклинюючий тиск.
61. Дайте аналіз результатууючої кривої.
62. Розкрийте поняття швидкість коагуляції.
63. Вкажіть класифікацію борошняних кондитерських виробів за реологічними властивостями.
64. Які колоїдні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні процеси відбуваються під час утворення тіста?
65. Як впливає вода на утворення тіста?
66. Який вплив чинить температура на перебіг процесів тісто утворення?
67. Як спосіб замішування впливає на властивості тіста?
68. Охарактеризуйте вплив інгредієнтів рецептури на процеси тістоутворення.
69. Розкрийте поняття екструзія.
70. Який основний принцип екструдкування?
71. Охарактеризуйте види екструзії.
72. Які зміни властивостей сировини відбуваються за екструзії?
73. Що таке текстура? Якими органолептичним показниками вона характеризується?
74. Приведіть класифікацію екструдованих продуктів.
75. Як впливають технологічні чинник та інгредієнти рецептури на якість екструдованих продуктів?
76. Яку роль грає крохмаль та вода в процесі черствіння хліба?
77. Які процеси, що пов'язані з перетворенням білків, лежать в основі черствіння виробів?
78. Які фактори обумовлюють уповільнення процесу черствіння хліба?
79. Розкрийте поняття гігроскопічності карамелі та висихання помадної маси.
80. Вкажіть фактори, що впливають на зміну гігроскопічності карамелі.
81. Як підвищити стійкість помадних цукерок до висихання?
82. Які процеси відбуваються під час зберігання шоколаду?
83. Які технологічні вимоги для запобігання жировому посидінню шоколаду?

## **НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ**

У к л а д а ч і:

НЄМІРІЧ Олександра Володимирівна  
САМОХВАЛОВА Ольга Володимирівна  
ОЛІЙНИК Світлана Георгіївна

# **“ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ”**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для самостійного вивчення дисципліни  
для студентів професійного рівня бакалавр  
за напрямом підготовки 6.051701  
«Харчові технології та інженерія»

Підп. до друку . Формат 60 x 84 1/16. Папір газет. Друк офсет. умов.  
друк. арк.0, 9. Обл.-вид. арк. 0,8 Умов. фабр.-відб. 1,9. Тираж прим. Зам.

---

Харківський державний університет харчування та торгівлі  
61051, Харків - 51, вул. Клочківська, 333.

---

ДОД ХДУХТ. Харків-51, вул. Клочківська, 333.