

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет технологій тваринництва та продовольства**  
**Кафедра харчових технологій**



**ПРЕЗЕНТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

# **ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОГО ТИСКУ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

**РОЗРОБНИК**

**д.т.н., професор Валерій СУКМАНОВ**

**Полтава – 2023 рік**



## Короткий опис дисципліни

Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр

Загальна кількість годин – 120 годин (4,0 кредити)

лекцій – 16 годин,

практичних – 14 години

Самостійна робота – 90 годин

Вид контролю – залік



- символіка, що використовується світовою спільнотою для позначення технології високого тиску, як найбезпечнішої нетермічної технології обробки харчових продуктів

## *Тема 1. Мета, завдання та зміст курсу «Використання високого тиску в харчових технологіях»*

### **Розуміння терміну «високий тиск»:**

- тиск у Маріанській западині Тихого океану - 100 МПа;
- 1000 МПа - це вага п'яти слонів, зосереджених на площі розміром у 10-ти копійчану монету;
- при 1100 МПа суттєво підвищується в'язкість води, вона стискається на 30% і більшість її властивостей змінюються;
- під дією високого тиску відбуваються зміни на молекулярному і міжмолекулярному рівнях: при стисненні речовини, придбаної нею енергії виявляється достатньої, щоб привести до порушення її атомів; це призводить до зміни реакційної здатності речовини, перетворення одних молекулярних структур в інші, зміни функціональних властивостей білків і ін.;
- під дією високого тиску наближені закони, що характеризують поведінку і властивості систем та їх компонентів в умовах низьких тисків, або виявляються зовсім непридатними, або вимагають дуже істотних поправок;
- під дією високого тиску знищується патогенна мікрофлора, віруси, паразити.

**Харчові продукти та харчову сировину обробляють високим тиском в діапазоні значень 300 – 800 МПа**

## **Історичний аспект розвитку технології високого тиску**

Технологія використання високого тиску для знищення бактерій вперше була описана у 1895 році та у 1899 році вперше обробка тиском 450 МПа дозволила збільшити термін зберігання молока до 4 діб.

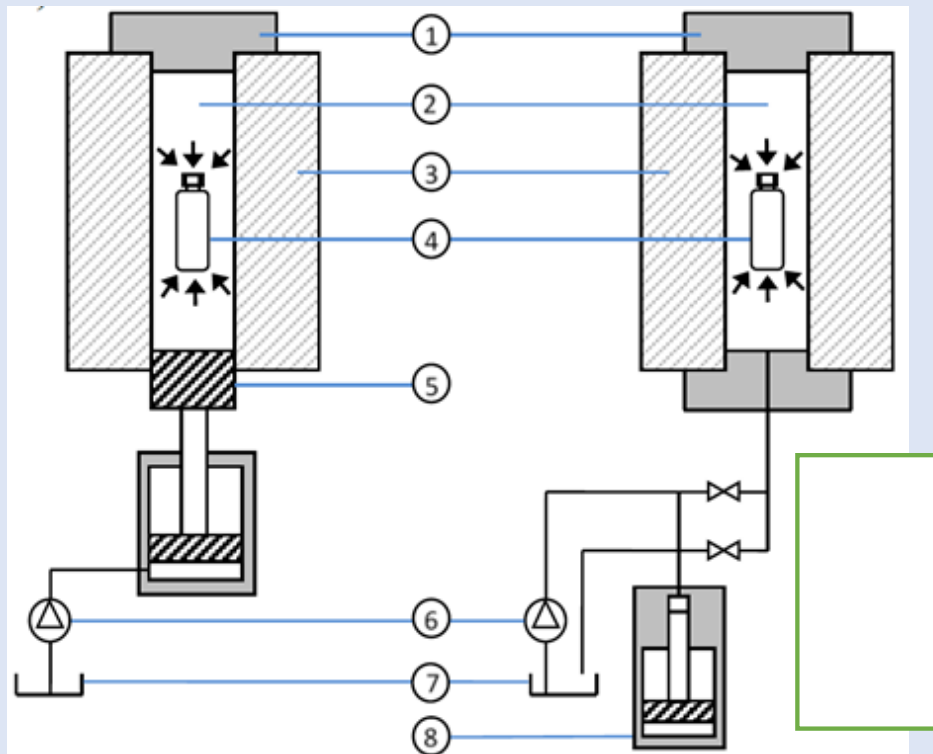
Починаючи з 2000 року практично всі харчові галузі провідних країн світу використовують високий тиск у харчових технологіях. У 2009 році технологія ВТ схвалена як найбезпечніший метод обробки харчових продуктів Міністерством сільського господарства (USDA) і Службою безпеки і контролю за продуктами харчування (FSIS) США.

**На сьогоднішній день у світовій практиці обробка високим тиском розглядається як технологічний щабель процесу виробництва продуктів харчування, який може включати в себе консервування, модифікацію або екстракцію харчової сировини або продуктів, створення їх нових форм і технологій.**

У світовій практиці промислового використання технології високого тиску обробляють практично **всі харчові продукти, сировину, напівфабрикати та готові продукти харчування.**

## Спрощене уявлення процесу обробки ХП ВТ складається з наступних етапів:

1. упаковка продукту в м'яку герметичну упаковку;
2. розміщення упакованого ХП в робочій камері установки високого тиску;
3. заповнення робочої камери проміжною робочою рідиною (водою) і обробка продукту високим гідростатичним або циклічним тиском із заданими параметрами процесу - тиск, температура, тривалість обробки;
4. скидання ВТ і витяг упакованого продукту з робочою камер.



**Принципові схеми установок для обробки продуктів харчування високим тиском прямого (ліворуч) та непрямого (праворуч) стиснення**

1 – заглушка; 2 – робоча рідина під тиском; 3 – корпус робочої камери; 4 – продукт, що обробляється; 5 – поршень; 6 – насос низького тиску; 7 – ємність з робочою рідиною; 8 – підсилюючий насос.

## ***Тема 2. Загальна характеристика процесу обробки харчових продуктів високим тиском.***

**При обробці ХП ВТ слід враховувати наступні параметри процесу, деякі характеристики обладнання і фактори, що характеризують оброблюваний продукт:**

- $P$  - максимальний тиск;
- $t$  - початкова температура оброблюваного продукту;
- $\tau$  - тривалість обробки;

(Перші 2 параметра,  $P$  і  $t$ , взаємно впливають один на одного: більш висока початкова температура продукту дозволяє знизити величину тиску і навпаки - при більш високому тиску обробки початкова температура може бути знижена).

- швидкість підйому і скидання тиску;
- конструктивні особливості робочої камери (співвідношення «довжина-діаметр» камери, наявність теплоізоляції і ін.);
- орієнтація розташування робочої камери (вертикальне - горизонтальне);
- характеристика упаковки;
- коефіцієнт заповнення об'єму камери оброблюваним продуктом.
- рН - кислотність оброблюваного продукту;
- $a_w$  - активність води в оброблюваному продукті;
- характеристика патогенної мікрофлори (тип мікрофлори, умови зростання, вік).

### Тема 3. Фізико-хімічні аспекти методу обробки харчових продуктів високим тиском.

Уявлення про деякі механізми впливу високого тиску на біологічні структури. Енергетичні показники технологічного процесу обробки харчових продуктів високим тиском. Динаміка реологічних показників харчових продуктів під дією високого тиску.

Високий тиск є інноваційною нетермічною технологією, що дозволяє отримувати харчові продукти з поліпшеною функціональністю.

Фізико-хімічні аспекти методу обробки харчових продуктів високим тиском базуються на використанні типової еліптичної кривої фазового переходу білків у системі «температура-тиск-температура», використанні принципу Ле-Шательє та рівнянні Ареніуса.

Завдяки низькій стисливості води кількість енергії, необхідне для стиснення харчового продукту в 3-4 рази менше, порівняно з енергією для температурної стерилізації. До того ж, для даного методу вимагає тільки електроенергія та вода, у зв'язку з чим він є екологічно чистішим, оскільки істотно знижує відходи виробництва.



( $\Delta H$  - зміни теплової енергії,  
 $\Delta V$  – зміна об'єму продукту)

## Тема 4. Використання високого тиску для забезпечення мікробіологічної безпеки харових продуктів.

Теоретичні передумови стерилізуючого ефекту високого тиску у харчових продуктах та сировині. Моделювання впливу високого тиску на клітинну структуру мікрофлори. Особливості впливу високого тиску на мікроорганізми і ферменти: бактерії і їх спори (неспороутворюючі бактерії і бактеріальні спори), дріжджові і цвілеві клітини, віруси, ферменти, паразити.

Механізм знищення мікроорганізмів за допомогою високого тиску ґрунтується на деструкції мікробіальних клітинних мембран в результаті зміни об'єму клітини.

На сьогодні визначені параметри технології високого тиску, що забезпечують мікробіологічну безпеку практично всіх харчових продуктів в залежності від типи мікроорганізмів, складу і водної активності в харчових продуктах, рН і т.д.

### Інактивація мікроорганізмів в фосфатному буфері (початкова концентрація $10^6$ - $10^7$ клітин/мл)

Мікроорганізми	Тиск, МПа	Температура, °C	Час, хв
Грамм(-)			
<i>Salmonella</i>	500	20	10
<i>Escherichia coli</i>	500	20	10
<i>Proteus mirabilis</i>	500	20	10
Грамм(+)			
<i>Staphylococcus aureus</i>	600	10	10
<i>Staphylococcus aureus</i>	800	20	10
Спори			
<i>Bacillus cereus</i>	800	50	10
Дріжджі			
<i>Candida albicans</i>	400	20	10
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	500	20	10
Пліснява			
<i>Aspergillus flavus</i>	400	20	10



## ***Тема 5. Використання високого тиску у технологіях м'яса та м'ясопродуктів***

Вплив високого тиску на мікробіологічну безпеку м'ясної сировини та м'ясних харчових продуктів. Зміни білкової структури м'яса під дією високого тиску. Вплив високого тиску на споживчі та технологічні показники м'яса та м'ясопродуктів. Технологія високого тиску як альтернатива термічним методам приготування м'ясопродуктів.

- забезпечення мікробіологічної безпеки;
- обробка свіжого м'яса високим тиском призводить до затримки освіти метміоглобін, що позитивно впливає на збереження кольору зразків і сприяє вирішенню проблеми погіршення кольоровості м'ясних натуральних продуктів при зберіганні;
- високий тиск (100-800 МПа) позитивно впливає на різні компоненти і якісні атрибути м'яса: м'ясні ензими, структуру, міофібрілярні протеїни, текстуру, желатинизації, міоглобін, м'ясний жир;
- прискорення змін, які відбуваються при дозріванні м'яса, поліпшення його ніжності, коагуляція м'ясних суспензій, зростання пружності і вміст міоглобіну в м'ясному фарші;
- при різанні попередньо обробленого високим тиском замороженого м'яса знижуються питомі енерговитрати;
- обробка тиском 85-100 МПа протягом 3 хвилин забезпечує збільшення загального вмісту вільних амінокислот відразу після обробки тиском і на будь-якій стадії зберігання;
- збільшення вологосв'язуюча здатність м'яса, обробленого тиском в розсолі, в середньому збільшується на 6%;
- зменшення міцності сполучної тканини і скорочення втрат м'язової тканини при варінні;
- нейтралізація наслідків м'язового задубіння;
- дія високого тиску на гомогенати м'яса в сольовому розчині викликає набухання м'язових тканин і часткове розчинення м'язових білків;
- поліпшується когезія між частинками м'яса в реструктурованих областях навіть при малих іонних силах.

## **Тема 6. Використання високого тиску у технологіях молока та молокопродуктів**

Використання високого тиску в технологіях молока. Використання високого тиску в технологіях вершкового масла. Використання високого тиску в технологіях сирів. Використання високого тиску в технологіях йогуртів.

- збільшення терміну зберігання в результаті знищення патогенних бактерій (*Listeria*, *Salmonella*, *Staphi*, *Butirricia*, *Coli* і ін.); в молоці, обробленому тиском до 800 МПа, вміст бактерій зменшується більш ніж на 90 - 95%, незалежно від початкової концентрації мікроорганізмів; при тиску вище 100 МПа в молоці стають помітними зміни в протеїновому компоненті - казеїне: колоїдні казеїнові міцели розщеплюються на дрібні частинки, що веде до помітного зниження каламутності молока;
- при високому тиску у багатьох харчових протеїнів (молока, яєць, риби, м'яса та ін.), як і при високих температурах, змінюється третинна структура, тобто вони денатурують, проте доведено, що термічно індуковані реакції і зміни в структурі мають принципово інший тип, ніж ті, що відбуваються при високому тиску; при тиску близько 100-300 МПа часткова деградація  $\beta$  - лактоглобуліну молока прискорюється стабільним в цих умовах ферментом термолізіном; активність ферменту термолізіна при цьому тиску дещо зростає;
- при високому тиску у багатьох харчових протеїнів (молока, яєць, риби, м'яса та ін.), як і при високих температурах, змінюється третинна структура, тобто вони денатурують, проте доведено, що термічно індуковані реакції і зміни в структурі мають принципово інший тип, ніж ті, що відбуваються при високому тиску; при тиску близько 100-300 МПа часткова деградація  $\beta$  - лактоглобуліну молока прискорюється стабільним в цих умовах ферментом термолізіном; активність ферменту термолізіна при цьому тиску дещо зростає;
- вплив високого тиску на молочний жир призводить до підвищення його точки плавлення (15 °С на кожні 100 МПа); зсув температур фазового переходу під тиском впливає не тільки на власні жири (тригліцириди), але і на інші ліпіди, наприклад, фосфоліпіди в біомембрані; при впливі на емульгований жир (наприклад, збиті вершки) тиску 100-400 МПа в жирових кульках відбувається процес кристалізації, який веде до швидкого переходу жиру з рідкого в твердий агрегатний стан.

## ***Тема 7. Використання високого тиску у технологіях овочів, фруктів та желеподібних харчових продуктів***

Обробка високим тиском свіжих фруктів та овочів: органолептичні властивості та харчова цінність. Вплив високого тиску на гелеві структури та желеподібні харчові продукти.

- обробка фруктових та овочевих соків високим тиском 400 МПа при 20-25 °С забезпечує мікробіологічну безпеку при їх тривалому зберіганні (до 6 мінімальних термінів);
- забезпечується збереження кольору, смаку, запаху натурального продукту протягом тривалого терміну зберігання;
- забезпечується стабільність значень кислотності продукту в процесі тривалого зберігання.
- обробка тиском **ЖЕЛЕПОДІБНІ ПРОДУКТИ КОНДИТЕРСЬКОГО СПРЯМУВАННЯ** 200-600 МПа (10-30 хвилин) викликає зміни в консистенції різних гелів, ступінь коагуляції гелю при використанні тиску понад 400 МПа пропорційно зростає;
- відзначаються значні відмінності з білковими гелями, отриманими за допомогою термічної обробки: гелеві продукти, отримані за допомогою високого тиску, зберігають аромат і натуральний колір, велику еластичність;
- ці відмінності відбуваються внаслідок того, що при денатурації і геліфікації при високому тиску руйнуються іонні і гідрофобні зв'язки, але не ковалентні, як це відбувається при термічній обробці.

## ***Тема 8. Технологічне обладнання та апаратурне забезпечення технологій харчових продуктів з використанням високого тиску***

Різновиди технологічних процесів обробки харчових продуктів високим тиском: безперервні, напівбезперервні, пакетні (періодичні), пульсаційні. Наукове обладнання для дослідження процесів обробки харчових продуктів високим тиском. Промислове технологічне обладнання обробки харчових продуктів високого тиску.



**QFP 320L-400  
High Pressure Seafood Processing System**

