

М. І. Семенов

студент I курсу ОР Магістр

спеціальність **G2** «Технології захисту навколишнього середовища»

науковий керівник: **В. В. Курятников**

канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри екології та охорони довкілля

СИНЕРГЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОБРОБКИ І ПРИГОТУВАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Актуальність дослідження: Вітчизняна харчова промисловість має забезпечувати споживача якісним і безпечним продуктом, що не містить шкідливих домішок і речовин, зокрема, бути радіаційно безпечними.

Якість харчової продукції перш за все обумовлена технологіями її приготування. У будь якій харчовій технології використовується теплова обробка напівфабрикатів. Приготування їжі в кулінарії є достатньо складним процесом, який складається перш за все з тепло-масо обмінних фізичних процесів, які при тепловій обробці харчових продуктів мають нелінійний, нерівноважний характер. Вивчення фізики складних процесів сьогодні є дуже актуальним. Фізичні дослідження стосуються також контролю радіаційного стану і регулюванню якості продукції харчової промисловості. Тому тематика досліджень актуальна і має сучасний прикладний характер.

Мета роботи: в рамках дисципліни «Технології контролю якості харчової та промислової продукції» автори ставлять за мету зробити спробу пояснити математичними законами синергетики складні технологічні процеси обробки і приготування харчових продуктів. Основні задачі роботи:

- поєднати традиційні уявлення про якість та безпечність харчових продуктів із сучасними уявленнями про нелінійні фізико-хімічні процеси, що відбуваються під час приготування їжі;
- в рамках досліджень з «Технологій захисту навколишнього середовища» проаналізувати також досвід контролю радіаційного стану і регулюванню якості продукції харчової промисловості.

Результати досліджень та їх аналіз: Вивчаючи нелінійні, нерівноважні процеси в рамках дисциплін «Методи нелінійної динаміки та аналізу систем навколишнього середовища», а також «Фізика складних, нелінійних нерівноважних систем довкілля», «Основи радіаційної безпеки» [1 – 3], які описуються поняттями: невідновлюваність систем, гідродинамічні нестійкості, дисипація, біфуркації, можна зрозуміти, що складні структури речовини можуть утворюватися без зовнішнього втручання. Однозначно можна стверджувати, що структура та властивості кінцевої харчової продукції залежатиме від термодинаміки її приготування.

Термодинамічне спряження процесів, зміна ентропії відкритої системи, умови кінетичної необерненості хімічної реакції, співвідношення Озагера, критерії еволюції Пригожина – поняття, які мають описати процеси технологічної обробки харчової продукції.

Кулінарні продукти, продукти їжі в процесах їх приготування є нерівноважними системами з ізотропними і постійними в часі температурою і тиском, являють собою найпростіший випадок реальних нерівноважних систем. Це можуть бути системи, де протікають неінтенсивні хімічні реакції, в яких молекули вихідних реагентів, продуктів і проміжних сполук – інтермедіатів. Вони можуть розглядатися в якості термалізованих.

Фізичні та хімічні процеси, які відбуваються при цьому мають складний характер. Вони описуються нелінійними диференціальними рівняннями сучасної фізико-математичної науки синергетики[4].

Складні тривимірні структури утворюють молекули та білки продуктів кулінарії. Молекули мають здатність з'єднуватися між собою, утворюючи стабільні структури, що дозволяє системам функціонувати. Білки, як основні одиниці живих організмів виконують численні функції в клітинах. Клітини утворюють більш складні організми. Кожен тип клітин виконує свою специфічну функцію в межах тканин або органів. Клітини об'єднуються в багатоклітинні організми, де кожен елемент підтримує загальний баланс і функціонування всього організму.

В процесах технологічної обробки харчової продукції спостерігаються особливі явища та процеси. Це перш за все особливі структури, зокрема комірки Бенара, які утворюються самочинно завдяки одночасній дії тепло-масообмінних процесів у відкритих дисипативних системах. Це також структури у розподілі речовин, що утворюються в хімічній реакції Білоусова-Жаботинського.

Структурні зміни в продуктах під час їх термічної або технологічної обробки. Саме в цей під час термічної або технологічної обробки харчової продукції починаються і проходять нелінійні фізико-хімічні процеси, які змінюють не лише хімічний склад, а й текстуру, смак, зовнішній вигляд і навіть поживну цінність продукту. Наприклад:

- при варінні м'яса чи овочів відбувається теплопровідність (теплообмін) і масообмін (виділення соку, жирів, всмоктування води);
- при солінні — дифузія солей у тканини продукту;
- при копченні — складні окисно-відновні реакції й зневоднення;
- при випіканні тіста — розпушування, створення пористої структури внаслідок бродіння або використання розпушувачів.

Ці процеси — нелінійні. Це означає, що навіть незначна зміна температури, вологості чи складу продукту може призвести до зовсім іншого

результату. Саме тому іноді хліб не підходить, або тушковане м'ясо виходить жорстким. І навпаки — при дотриманні оптимальних умов відбуваються синергетичні ефекти, коли структура продукту “організовується” у стійкі патерни.

Один із яскравих прикладів — комірки Бенара, структура, яка виникає при нагріванні рідини знизу. В'язка рідина починає рухатися, утворюючи багатокутні або круглі комірки, які видно навіть в киплячому супі чи олії. Це і є приклад самоорганізації в нерівноважній термодинамічній системі. Комірки Бенара демонструють нелінійні конвекційні процеси. Вони демонструють складні фізичні явища у харчових технологіях.

Такі процеси моделюються через рівняння Фур'є (теплопровідність) і Нав'є–Стокса (рух рідин). Але в реальних продуктах ми маємо справу з нелінійностями - тому важливо враховувати їх синергетичними рівняннями » [4].

Контроль радіаційного стану продукції харчової промисловості. Основними джерелами радіоактивного забруднення харчової продукції можуть бути: забруднені ґрунти або водні ресурси (наприклад, після аварії на ЧАЕС); вторинні джерела — неправильне зберігання, транспортування. Контроль здійснюється за допомогою методів спектрометрії — перевіряється наявність ізотопів цезію-137, стронцію-90. Встановлено гранично допустимі рівні (ГДР) радіоактивності для різних типів продуктів, і вони суворо регламентовані.

Висновки:

Таким чином, контроль якості харчової продукції повинен базуватись не лише на стандартах, але й на розумінні того, як саме продукт змінюється на рівні структури. Це знання допомагає:

- оптимізувати рецепти;
- запобігти втратам поживної цінності;
- досягати стабільної якості при великих обсягах виробництва.
- і головне, забезпечити споживача смачним, якісним і безпечним продуктом.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями. Підручник. Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
2. Герасимов О.І. Технології захисту навколишнього середовища. Підручник. ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2019. 268 с.
3. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища. Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228 с.
4. Анісімов І. О. Синергетика. Навчальний посібник. Київ, КНУ ім. Т.Г. Шевченко, 2006. 159 с.