

## УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ТА ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ М'ЯСА ПТИЦІ

Шаповал С.Л., к.т.н.

(Київський національний торговельно-економічний університет)

*У статті описано конструкцію та принцип роботи вимірювального модуля для визначення структурно-механічних властивостей та теплопровідності м'яса птиці. Наведено схему розташування температурних датчиків та нагрівального елемента. Побудовано градувальні графіки пенетрометрів та наведено приклад фіксування температури індентора напівпровідниковим термометром.*

**Постановка задачі:** на сучасному етапі розвитку харчової промисловості з'являється велика кількість нових харчових продуктів з індивідуальними фізичними характеристиками, значення яких необхідно при розрахунку параметрів технологічного процесу, особливо для режимів термічної обробки.

У реальних процесах механізм передачі теплоти залежить від структури досліджуваного матеріалу, теплообмін часто неможливо відділити від масообміну і вологопровідності [1].

З метою вибору раціональних шляхів використання м'яса птиці, доцільним є визначення його структурно-механічних та теплофізичних властивостей.

Вплив біологічно-активних добавок, як під час вигодовування так і у процесі первинної обробки, також суттєво впливає на фізичні властивості напівфабрикатів з м'яса птиці [2].

Для дослідження структурно-механічних властивостей м'ясних напівфабрикатів використовують, переважно, пенетрометри. Це швидкий спосіб визначення консистенції сировини, яку, з певної причини, не можна дегустувати [3]. Проте, окрім визначення межі міцності, penetрація не дозволяє визначити інші структурно-механічні властивості м'ясної сировини, такі як релаксація. Також за допомогою penetрації складно встановити факт зміни структурно-механічних властивостей хімічними речовинами.

У процесі термічної обробки, внаслідок денатурації білків та

протікання інших біохімічних процесів, суттєво змінюються структурно-механічні та теплофізичні властивості натуральних м'ясних напівфабрикатів [4]. Інтенсивність цих змін залежать від частини тушки, віку, статі, раціону, вгодованості, часу та температури зберігання та інших параметрів. В більшості випадків, температурна залежність фізичних параметрів різниться не тільки у партіях м'ясної сировини, а й у окремих зразках.

В той же час, параметри режимів теплової обробки є важливим фактором, що впливає на втрати маси і на кінцеву якість готового продукту за рахунок випаровування води [5].

Відома динаміка змін фізико-хімічних властивостей напівфабрикатів з птиці дозволяє суттєво оптимізувати режими їх термічної обробки, та отримати продукцію з максимальним збереженням біологічно цінних речовин і мінімальними втратами вологи, раціональніше використовувати енергоресурси та виробниче обладнання [6].

**Мета дослідження:** розробка приладу для визначення динаміки змін консистенції натуральних напівфабрикатів з філе індика в процесі термічної обробки.

#### **Основні матеріали дослідження:**

Прилад МІГ 1.3 було розроблено науковцями кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету у співпраці з ТОВ «ІТМ» (м. Харків). Прилад складається з реєструючого блоку та набору датчиків, які, разом з допоміжним обладнанням, поєднуються в модулі.

МІГ 1.3 дозволяє виміряти фізичні параметри: структурно-механічні властивості вздовж і в поперек волокон, теплопровідність, електропровідність і теплоємність.

За співвідношенням вищезгаданих фізичних властивостей зразка м'яса, можна наближено визначити його жирність, вологість, структуру (походження, вік тварини або птаха), і дати рекомендації щодо оптимальної технологічної обробки.

Принципова схема модуля «Реологія» приладу МІГ 1.3 для визначення температурної залежності м'ясної сировини наведена на рис. 1.

Датчик складається із двох сталевих циліндрів (інденторів) із загостреним нижнім кінцем. Циліндри закріплені на динамометрах і можуть рухатися незалежно в межах  $\pm 3$ мм. В циліндрі 1 міститься плівковий нагрівальний елемент і напівпровідниковий термометр

невеликих розмірів [7]. Такі ж температурні датчики оригінальної конструкції розміщено на внутрішній поверхні циліндра 2.

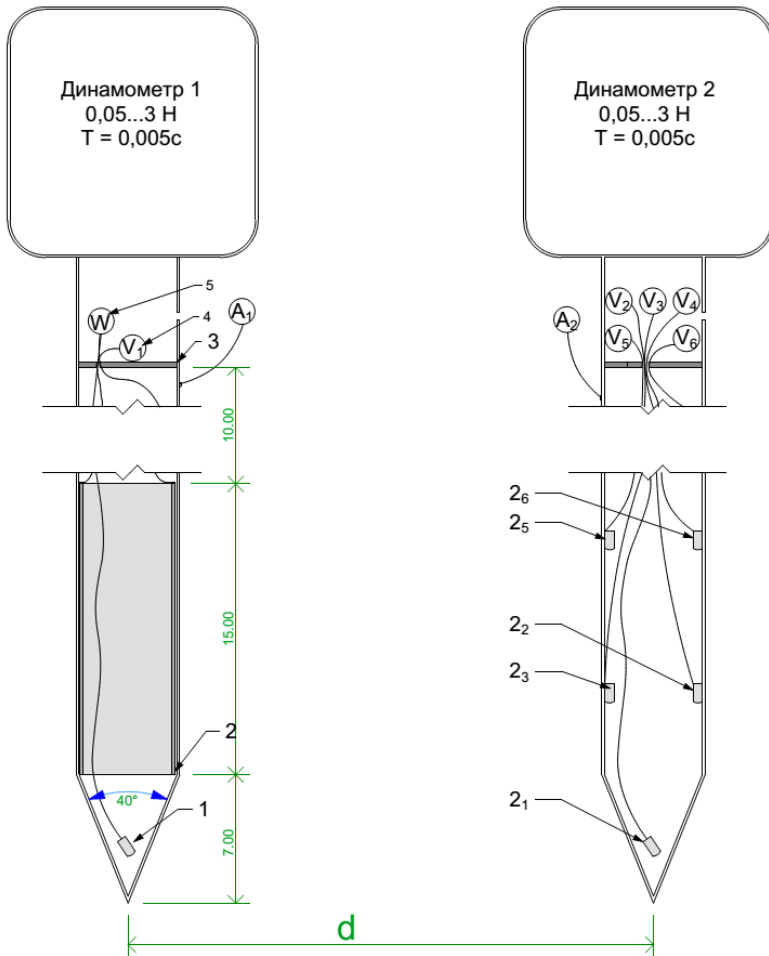


Рис. 1. Будова модуля «реологія» для комплексного визначення фізичних параметрів м'ясної сировини: 1 – температурний датчик; 2 – нагрівальний елемент (плівка); 2.1-2.6 – температурні датчики; 3 – поділка, що вказує на межу занурення інденторів; 4 – вольтметри; 5 – ватметр

Алгоритм вимірювання наступний: циліндри одночасно занурюють в кусок м'яса до певної глибини ( $22 \pm 1$  мм). Під час занурення визначається сила супротиву тканини. Швидкість занурення визначається по відношенню глибини занурення до часу

супротиву тканин і рахується автоматично. Таким чином, визначається консистенція м'яса.

Після занурення на циліндр 1 подається напруга в  $5 \pm 0,5V$ . Двома амперметрами (рис. 1.  $A_1$  та  $A_2$ ) фіксується сила вхідного і вихідного струму (на випадок витоків струмі із контуру). По відношенню сили струму до напруги визначається електропровідність м'яса.

На наступному етапі вмикається плівковий нагрівальний елемент (2), ватметр (5) вимірює кількість енергії, яка пішла на нагрівання зразка. Температура всередині першого динамометра фіксується термодатчиком (1).

Зміни температури зразка фіксуються термодатчиками (2.1 – 2.6), причому датчики (2.2) та (2.6) знаходяться з протилежної сторони і різниця їх показників та значень термометрів (2.3) та (2.5) вказує на швидкість розповсюдження тепла.

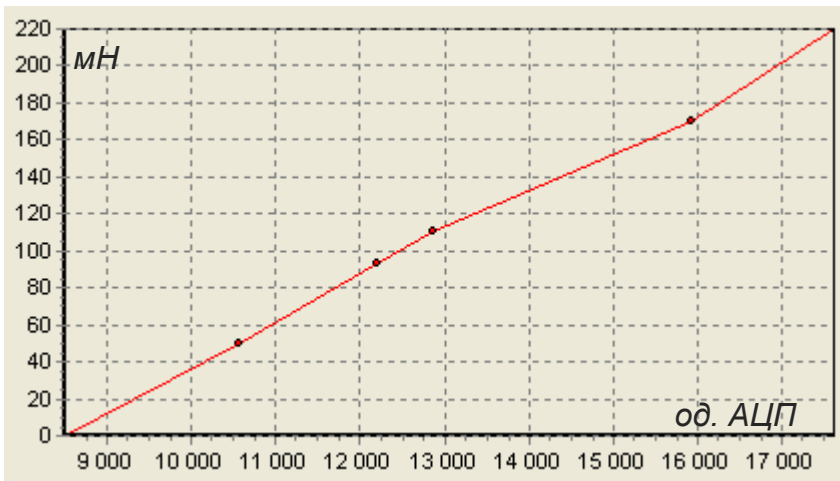
Оскільки розміри зразка м'яса значно перевищують розміри датчика, то, вважатимемо, що тепло розповсюджується нерівномірно лише за рахунок нерівномірної структури м'яса. Отже, зафіксувавши швидкість зміни температури поверхні циліндра 2 відносно температури всередині циліндра 1, можна визначити теплопровідність зразка.

Після визначення теплопровідності, автоматично визначається електропровідність, що пов'язано із зміною електрофізичних властивостей після часткової денатурації білків.

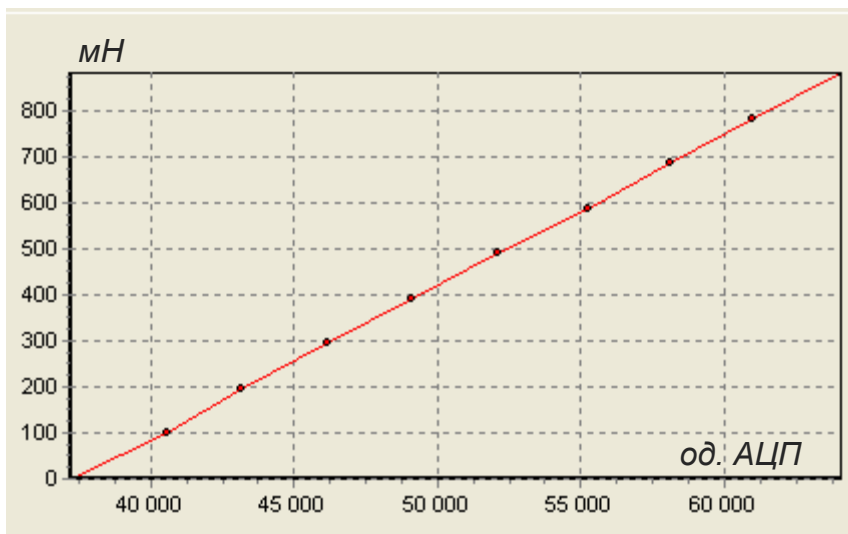
Під час витягування інденторів, знаючи площу їх зануреної поверхні і силу супротиву, визначається коефіцієнт тертя м'яса до нержавіючої сталі.

Градуювання датчиків приладу МІГ 1.3 здійснювалося шляхом встановлення залежності показників аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) вимірювального блоку від значень деформуючої сили або температури. Залежність показників АЦП від значень сили для динамометрів відображена на градуювальних графіках (рис.2).

Градуювальний графік динамометра без нагрівача (рис. 2 б) є прямою з рівнем достовірності апроксимації  $R^2=0,999$ . Оскільки дані динамометра передаються до вимірювального блоку через аналоговий сигнал, який легше спотворюється, то градуювальний графік динамометра 1 з вбудованим плівковим нагрівачем мав суттєві відхилення від прямої. Це пов'язано із впливом нагрівального елемента на показники АЦП.



а)



б)

Рис. 2. Вікно програми «Лабораторія МІГ 1.3». Градувальний графік модуля «Структуро-механічні властивості» а) динамометра з нагрівачем, б) динамометра без нагрівача

З метою зменшення впливу плівкового нагрівача на градувальний графік було обрано співвідношення значень одиниць АЦП та мН, які мали найменше відхилення від прямої. Внаслідок

такого корегування рівень достовірності апроксимації градувального графіка динамометра 1 склав  $R^2=0,992$ .

Для апробації модуля «реологія» було проведено серію експериментів з визначення межі міцності та теплопровідності філе індика різного часу зберігання.

У процесі роботи приладу, дані реєструються у десяти незалежних вікнах програми «Лабораторія МІГ 1.3», з можливістю подальшого експорту їх до табличного процесора (наприклад MS Excel). Синхронізовано лише період вимірювання (0,05с) та час експерименту (75с).

Приклад реєстрації змін температури термометром 2.3 під час нагрівання філе індика наведено на рис 3.

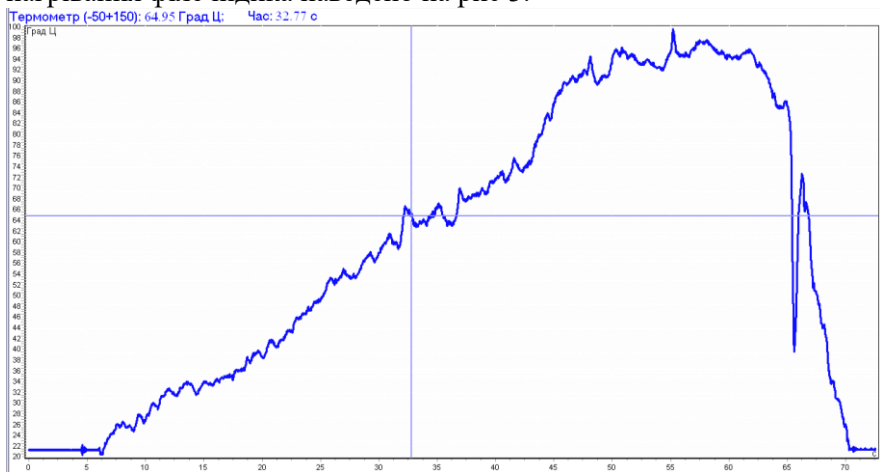


Рис. 3. Вікно програми «Лабораторія МІГ 1.3». Динаміка температури стінки індентора.

Дрібні нерівності графіка (до  $1^{\circ}\text{C}$ ) пояснюються електромагнітними перешкодами, стрибки значень температури понад  $1^{\circ}\text{C}$ , вказують на зміни інтенсивності процесів тепло- і масопереносу в продукті. Так нерівномірності нагріву в діапазоні  $60\dots70^{\circ}\text{C}$ , можна пояснити денатурацією білків та супутніми процесами [8]. Стрибок температури до  $100^{\circ}\text{C}$  викликаний, ймовірно, закипанням води на поверхні індентора 1, і проходженням перегрітої рідини через неоднорідності структури філе індика, що викликало короточасний нагрів локальної ділянки поверхні індентора 2.

В цілому, динаміка різниці температур поверхні інденторів,

вказує на швидкість розповсюдження тепла всередині зразка, що дозволяє визначити теплопровідність.

**Висновки:** створений модуль «Реологія» приладу Міг 1.3, дозволяє визначати основні структурно-механічні та теплофізичні параметри м'яса птиці. Похибки окремих датчиків не перевищують  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє зафіксувати неоднорідності нагріву, які вказують на перебіг біохімічних процесів під час термічної обробки.

Таким чином, за визначеними реологічними та теплофізичними параметрами можна вибрати оптимальні способи обробки філе індика(запікання, тушкування, маринування, тощо) а також визначити режим його термічної обробки (температуру, час, швидкість руху повітря, вологість), що буде метою подальших досліджень.

### Список літератури

1. Никифоров Ю.Б.; Эффективная теплопроводность пищевых материалов и продуктов различной структуры / Никифоров Ю.Б.; Светлов Ю.В.; Калосин Ю.А. // Технологии XXI века в пищевой, перерабатывающей и легкой промышленности №19 2015р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.mgutm.ru/jurnal/tehnologii\\_21veka/eni9\\_chat1/section1/10.pdf](http://www.mgutm.ru/jurnal/tehnologii_21veka/eni9_chat1/section1/10.pdf)

2. Bou R., Dietary strategies to improve nutritional value, oxidative stability, and sensory properties of poultry products / Bou R., Codony R., Tres A., Decker E.A., Guardiola F. // Critical reviews in food science and nutrition. – 2009. – 49(9). – P.800-822.

3. Притульська Н.В. Сучасні проблеми продовольчої безпеки України в умовах глобалізації // Товари і ринки. – 2006. – №1. С.119-127.

4. Wattanachant, S. Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle / Wattanachant, S., Benjakul, S., & Ledward, D.A. // *Food chemistry*. – 2005. – 93(2). – P.337-348.

5. Гурський П.В., Дослідження впливу рецептурних компонентів на температуру теплової обробки пасти закусочної / Гурський П.В., Перцевий Ф.В., Бідюк Д.О., Обозна М.В. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – №152. – С. 256-260.

6. Рудацька Г.Б. Наукові підходи та практичні аспекти оптимізації асортименту продуктів спеціального призначення: / Г.Б. Рудацька., Є.В. Тищенко, Н.В. Притульська. Моногр. К.: Київ.

нац. торг.-екон. ун-т. – 2002р. – 170с.

7. Шаповал С.Л. Датчик для дослідження теплофізичних властивостей харчових продуктів // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – №1.4 (21). – С.45-49.

### **Аннотация**

#### **УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЯСА ПТИЦЫ**

*Описано конструкцию и принцип работы измерительного модуля для определения физических свойств мяса птицы. Приведена схема расположения температурных датчиков и нагревательного элемента. Построено градуировочные графики пенетрометры и приведен пример фиксирования температуры индентора полупроводниковым термометром.*

### **Abstract**

#### **THE SYSTEM FOR STUDYING STRUCTURAL, MECHANICAL AND THERMAL CHARACTERISTICS OF POULTRY MEAT**

*The article describes the construction and operating principle of measuring module which is used for determining the structural, mechanical characteristics and thermal conductivity of poultry meat. This article gives the information about allocation chart of temperature sensors and heating element. We constructed the graphs of penetrometers and gave an example of temperature recording by thermistor thermometer.*

**УДК 664.66:664.641.4**

#### **РОЗРОБКА ПРОФІЛАКТИЧНИХ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СУМІШІ**

**Колісниченко Т.О., к.т.н., доц., Северин О.А., к.т.н., доц.,  
Чорненко В.Г., студент**

*(Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара)*

*У даній статті розглянуті проблеми збагачення хлібобулочних виробів функціональними сумішами з метою профілактичного впливу на населення, а також для продовження термінів зберігання*