



Дейниченко Г. В.

Постнов Г. М.

Чеканов М. А.

Червоний В. М.

*Харківський державний  
університет  
харчування та торгівлі*

Deinychenko G. V.

Postnov G. M.

Chekanov M. A.

Chervonyi V. M.

*Kharkiv State University  
of Food Technology and  
Trade*

**УДК 65.015.1:637.5.039**

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕНДЕРИЗАЦІЇ М'ЯСА ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ ТА ЙОГО АПАРАТУРНЕ ОФОРМЛЕННЯ**

*В статті розглянуто процес тендеризації м'яса за допомогою ультразвукових коливань. Наведено результати досліджень впливу тривалості ультразвукової обробки, параметрів ультразвукової коливальної системи, форми робочої камери, структурно-механічних властивостей сировини на ефективність проведення процесу тендеризації за допомогою ультразвукових коливань. Отримано залежності сили та роботи різання, граничного напруження зсуву відносної деформації тендеризованої м'ясної сировини від тривалості ультразвукової обробки.*

**Ключові слова:** м'ясна сировина, ультразвук, ультразвукова хвиля, структурно-механічні показники м'ясних фаршів.

**Постановка проблеми.** Одним із існуючих на сьогоднішній день підходів, яким найбільш ефективно вирішуються питання інтенсифікації технологічних процесів в харчових виробництвах, є використання нових видів енергії та її вискоелективного підведення до взаємодіючих речовин. Таким видом енергії є ультразвукові коливання високої інтенсивності (УЗКВІ), які дозволяють інтенсифікувати процеси хімічних, мікробіологічних і харчових технологій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженнями вітчизняних і закордонних учених І.Е. Ельпінера, І.О. Рогова, В.М. Горбатова, Ю.Ф. Заяса, В.М. Хмелева, присвяченими питанню використання ультразвуку (УЗ), заснованого на властивостях і специфічності дії ультразвукових коливань (УЗК) на біологічні об'єкти, доведено, що в основі ультразвукової обробки м'яса лежить енергетичний вплив УЗК на клітинну структуру м'яса, за якого відбувається порушення цілісності як м'язових волокон, так і елементів сполучної тканини. На теперішній час УЗК в м'ясній промисловості використовуються для інтенсифікації процесів соління, витоплювання жиру та покращення якості м'ясопродуктів.

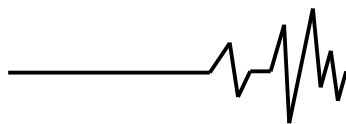
**Невирішені частини проблеми.** Перспективним напрямом розширення асортименту продукції високої якості під час виробництва м'ясопродуктів є використання

м'яса з великим вмістом сполучної тканини (ВВСТ) та його тендеризація за допомогою УЗК. Удосконалення процесу тендеризації м'яса з ВВСТ за допомогою УЗК дозволить більш раціонально використовувати ресурси яловичої туші та скоротити тривалість технологічних процесів за рахунок фізико-хімічних процесів, які відбуваються в сировині під час тендеризації і сприяють зміні її функціонально-технологічних властивостей, скороченню тривалості технологічних процесів, підвищенню харчової цінності м'ясопродуктів, поліпшенню їх засвоюваності та збільшенню термінів зберігання. Тобто доцільність використання УЗ-енергії під час переробки м'яса на теперішній час визначена досить чітко [1, 2].

**Метою дослідження** є удосконалення процесу тендеризації м'яса з великим вмістом сполучної тканини за допомогою ультразвукових коливань та його апаратне оформлення.

**Основні результати дослідження.** Під час дослідження значення корисної акустичної потужності джерела звуку, ультразвукового тиску УЗКС та амплітуди зсуву часток визначали експериментально за стандартними методиками міжнародної електротехнічної комісії (МЕК).

Розроблено оригінальну методику з оцінки ефективності процесу тендеризації за допомогою УЗ, що ґрунтується на визначенні



кількості розсіяння акустичної енергії УЗК, у робочій камері апарата та на зразках м'яса, залежно від частоти випромінювача, типу робочого органа, тривалості обробки.

Розрахунок енергії, яку випромінює перетворювач, проводили наступним чином:

$$E_{\text{вип}} = (1/2)\rho(2\pi f)^2 A^2 V_{\text{рк}}, \quad (1)$$

де  $E_{\text{вип}}$  – енергія випромінювача, Дж/м<sup>3</sup>;  $\rho$  – густина середовища, кг/м<sup>3</sup>;  $f$  – частота випромінювача, кГц;  $A$  – амплітуда коливань торця випромінювача, м;  $V_{\text{рк}}$  – об'єм робочої камери, м<sup>3</sup>.

Кількість енергії, яку випромінює перетворювач за одиницю часу, величина постійна та дорівнює 149,4 кДж. Середньооб'ємну температуру з 5 термопар визначали наступним чином:

$$t_v(\tau) = \frac{1}{V_{\text{зп}}} \left( \sum_{i=1}^n V_i \cdot t_i(\tau) \right), \quad (2)$$

де  $V_i$  – об'єм, в якому розташовувалася  $i$ -та термопара, м<sup>3</sup>;  $t_i$  – апроксимація сигналу, отриманого з  $i$ -тої термопари;  $V_{\text{зп}}$  – загальний об'єм зразка, м<sup>3</sup>;  $t_v$  – середньооб'ємна температура, °С.

Кількість енергії, яка розсіялася в зразках м'яса, визначалася наступним чином:

$$\Delta E = c_m \rho_m V_{\text{зр}} \Delta t_v, \quad (3)$$

де  $\Delta E$  – кількість теплоти, яка необхідна об'єкту для того, щоб його температура збільшилася на  $\Delta t$ , Дж/м<sup>3</sup>;  $c_m$  – теплоємність м'яса, Дж/(кг·К);  $\rho_m$  – густина м'яса, кг/м<sup>3</sup>;  $f$  – частота випромінювача, кГц;  $A$  – амплітуда коливань торця випромінювача, м;  $V$  – об'єм зразка, м<sup>3</sup>.

За результатами випробування трьох серійних магнітострикційних випромінювачів частотою 15, 22, 35 кГц визначено їх вплив на процес тендеризації м'яса за допомогою УЗК. Результати розрахунків та досліджень основних енергетичних параметрів УЗКС наведені в табл. 1 та на рис. 1. Видно, що УЗ-випромінювач частотою 22 кГц має найкращі енергетичні показники, оскільки величина середньооб'ємної температури за тієї ж тривалості обробки у нього більша. Це підтверджується даними табл. 1, де амплітуда зсуву часток та корисна акустична потужність джерела звуку у нього найбільша. Тому випромінювач частотою 22 кГц було визнано найефективнішим для проведення тендеризації м'яса за допомогою УЗК.

Таблиця 1

Основні параметри УЗКС

Показники	Частота випромінювачів, кГц		
	15	22	35
Амплітуда зсуву часток, $A \cdot 10^6$ , м	30	70	50
Довжина хвилі, $\lambda$ , м	0,102	0,07	0,044
Амплітуда коливальної швидкості, $U$ , м/с	2,82	9,67	10,99
Максимальна амплітуда прискорення, $B \cdot 10^6$ , м/с <sup>2</sup>	-0,26	-1,34	-2,41
Середня кінетична енергія в одиниці об'єму, $E_k \cdot 10^{-4}$ , Дж/м <sup>3</sup>	0,21	2,43	3,14
Густина енергії звукової хвилі в одиниці об'єму, $\bar{E} \cdot 10^{-4}$ , Дж/м <sup>3</sup>	0,41	4,87	6,28
Сила звуку, $F \cdot 10^{-6}$ , Вт/(м·с)	38,8	3,31	2,56
Акустична потужність джерела звуку, $E_{\text{вип}\Sigma} \cdot 10^{-4}$ , (Вт·м)/м <sup>2</sup>	68,5	5,85	4,53
Тиск звукової хвилі, $D \cdot 10^{-7}$ , Н/м <sup>2</sup>	2,48	1,56	2,48
Акустична твердість середовища, $Q_{\text{А.Т.}} \cdot 10^{-11}$ , Н/м	1,51	2,23	3,54
Тиск звуку на перешкоду, $\bar{S}$ , Н/м <sup>2</sup>	87	102	132
Коефіцієнт поглинання сумарний, $2\alpha \cdot 10^{-3}$	2,03	4,36	11,03
Коефіцієнт поглинання, зумовлений в'язкістю (рівняння Стокса), $\alpha_1 \cdot 10^{-3}$	2,03	4,36	11,03
Коефіцієнт поглинання, зумовлений теплопровідністю (рівняння Кірхгофа), $\alpha_2 \cdot 10^4$	4,5	6,6	10,5
Корисна акустична потужність джерела звуку, $P_{\text{ак}}$ , Вт	51	78	68

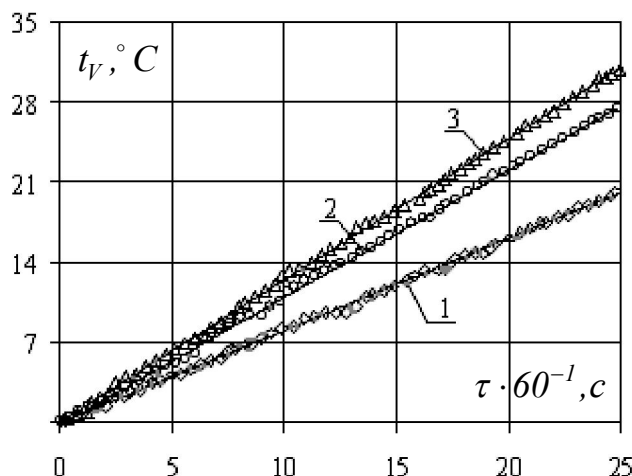
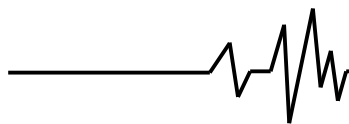


Рис. 1. Зміна середньооб'ємної температури рідини в робочій камері в процесі обробки випромінювачами різної частоти, кГц: 1 – 15; 2 – 35; 3 – 22

Коефіцієнти пропускання  $k_D$ , відбиття  $k_T$ , акустичний опір середовища  $R_A$  не залежать від частоти випромінювання, а змінюються лише від швидкості звуку та густини середовища,  $k_D = 0,93$ ,  $k_T = 0,06$ ,  $R_A = 1,61 \cdot 10^6$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>. Розрахунки проводилися для випромінювачів з діаметром  $15 \cdot 10^{-3}$  м, площею –  $1,7 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>.

Для перевірки та підтвердження розрахованих теоретично параметрів робочих органів УЗКС були виготовлені робочі органи наступних форм: конічний із вузьким дном, конічний із широким дном, циліндричний,

циліндричний основний із підведенням випромінювача в середину робочої камери. Величину розсіяння акустичної енергії знаходили як середньооб'ємну температуру зразків, з подальшим розрахунком за формулами (1–3), результати розрахунків наведено на рис. 2.

Встановлено, що найбільшу величину акустичної енергії, яка була поглинута у воді модельним тілом, демонструє циліндричний основний робочий орган. Це відбувається тому, що енергія УЗ-хвилі завдяки конструкції випромінювача потрапляє безпосередньо до внутрішнього об'єму робочої камери.

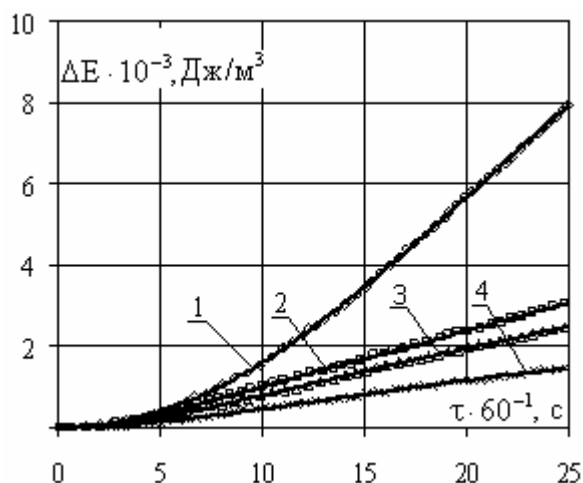


Рис. 2. Зміна розсіяння енергії УЗК під час УЗ-обробки в робочих органах різної форми: 1 – циліндричний основний; 2 – циліндричний; 3 – конічний із широким дном; 4 – конічний із вузьким дном

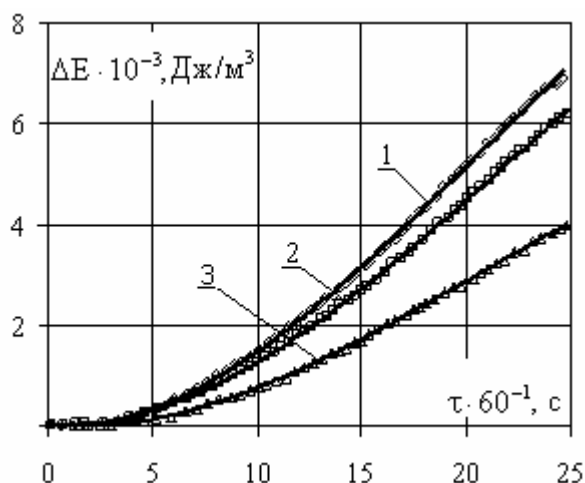
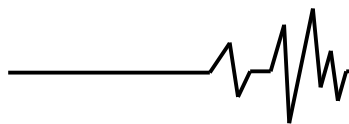


Рис. 3. Зміна розсіяння енергії УЗК в процесі обробки м'ясної сировини випромінювачем з частотою 22 кГц: 1 – зразки з гомілки; 2 – пашини; 3 – шийної частини



Під час визначення загальної енергії УЗ-хвилі та кількості енергії УЗ-хвилі, що розсіялась під час процесу обробки УЗК різних видів м'ясної сировини, було встановлено (рис. 3), що основна частина УЗ-енергії розсіюється в поверхневих шарах м'яса, а саме: на відстані  $\lambda/2$  енергія хвилі зменшується на половину, а на відстані  $\lambda$  – повністю затухає. Для УЗ-випромінювача частотою 22 кГц довжина хвилі  $\lambda = 0,07$  м. Тобто геометричний розмір зразків м'яса не повинен перевищувати  $2d$  випромінювача (3 см) та має бути висотою не більше 5 см. Це підтверджується результатами розрахунків, наведеними у табл. 1.

Енергія, яка розсіюється на зразках яловичини, зі збільшенням тривалості УЗ-обробки збільшується за умови постійного підведення енергії. Причому розсіяння на зразках із гомілки більше, ніж на зразках з

пашини, а розсіяння на зразках із пашини більше, ніж на зразках із шийної частини. Розсіяння енергії УЗК відбувається більше в тих зразках м'ясної сировини, де сполучної тканини більше. Оскільки відомо, що ступінь нагрівання м'ясної і жирової тканини зумовлений характером поглинання, інтенсивністю і частотою УЗ, внаслідок неоднорідності структури м'язової тканини поглинання в ній більше, ніж у шарі жиру.

Під час реологічних досліджень фаршів із тендеризованого м'яса, стану та структури вологи в ньому та величини рН (табл. 2) було встановлено, що робота та сила різання, нормальне граничне напруження зсуву, відносна деформація, модуль миттєвої пружності, модуль еластичності, пластична в'язкість, в'язкість пружної післядії збільшенням тривалості обробки зменшуються [3, 4].

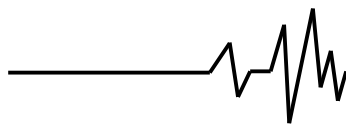
Таблиця 2

**Результати дослідження зміни реологічних властивостей м'ясної сировини, стану вологи та рН тендеризованого м'яса**

Показники	Контроль	Тривалість обробки зразків із гомілки, т-60 <sup>-1</sup> , с				
		5	10	15	20	25
Напруження зсуву нормальне, $\theta_0 \cdot 10^{-3}$ , Па	2,40	2,31	1,48	1,41	1,37	1,33
Відносна деформація, $\gamma \cdot 10^{-3}$ , м	0,15	0,21	0,25	0,29	0,32	0,33
Піддатливість системи, $I \cdot 10^4$ , Па <sup>-1</sup>	5,85	7,95	9,71	10,92	12,3	12,9
Напруження зсуву тангенційне, Т, Па	261	261	261	261	261	261
Модуль миттєвої пружності, $G_m \cdot 10^{-3}$ , Па	15,7	9,45	4,75	3,35	2,31	2,25
Модуль еластичності, $G_{ел} \cdot 10^{-3}$ , Па	2,39	2,29	1,84	1,84	1,47	1,43
Пластична в'язкість, $\eta_0^* \cdot 10^{-5}$ , Па·с	5,91	4,81	3,91	3,69	3,54	2,19
В'язкість пружної післядії, $\eta_{пр} \cdot 10^{-5}$ , Па·с	7,18	7,09	4,25	3,95	3,22	3,18
Робота різання, $A_{різ} \cdot 10^{-3}$ , Дж	2,55	1,54	1,23	1,09	0,94	0,83
Сила різання поперек волокон, $F_{різ}$ , Н	68,2	61,8	56,0	47,2	37,8	36,1
Кількість зв'язаної вологи за методом пресування, $W_{зв.мп}$ , %	35	37	44	48	45	44
Кількість зв'язаної вологи за калориметричним методом, $W_{зв.мк}$ , %	26	30	37	40	38	37
Активна кислотність, рН	6,01	5,75	5,71	5,69	5,67	5,64

Для контрольного зразка нормальне напруження зсуву складає 2400 Па, після УЗ-обробки його величина зменшувалась залежно від тривалості обробки до 45%. Дані зміни

свідчать про те, що УЗ-обробка яловичини з ВВСТ суттєво зменшує його жорсткість. Пояснюється це тим, що під дією УЗ-обробки збільшується проникність міжклітинних



мембран, кількість рідини в клітинах збільшується, що, в свою чергу, призводить до покращення консистенції м'яса. Крім того, під дією УЗ-обробки відбувається механічна дезагрегація колагену з одночасним утворенням глютину, який має більшу кількість гідрофільних груп, що призводить до збільшення здатності утримувати вологу та збільшення величини піддатливості системи.

Дослідженнями стану вологи встановлено, що під дією енергії УЗК відбувається перерозподіл структури вологи в м'ясі, що підтверджується даними, отриманими калориметричним методом та методом пресування.

Це пояснюється тим, що УЗ-обробка призводить до деформації тривимірної структури колагену за рахунок послаблення та розривів водневих зв'язків, які утримують поліпептидні ланки, які руйнуються, і, як наслідок, збільшується питома поверхня молекул з гідрофільними групами, здатними утримувати вологу. Зменшення величини рН є ознакою механічного руйнування між білками сарколеми, внаслідок чого збільшується активна поверхня білкових молекул. За результатами гістологічних досліджень було встановлено, у тендеризованому м'ясі після УЗ-обробки протягом 5-60 с набухають м'язові волокна і частково руйнуються контакти колагенових волокон ендомізію і перемізію з сарколемою м'язових волокон [5, 6]. Під час морфометричних досліджень було встановлено збільшення товщини м'язових волокон на 19,3...20,5% та товщини прошарків ендомізію на 21,4...25,3%. Такі зміни зумовлені підвищенням гідратації білків саркоплазми та основної речовини пухкої сполучної тканини ендомізію та перемізію. Зміни в тендеризованому м'ясі після УЗ-обробки протягом 10-60 с подібні до попередніх, але при цьому набухання м'язових волокон і рівень гідратації основної речовини ендомізію та перемізію збільшується. Товщина м'язових волокон збільшується на 7,1...9,2%, а товщина прошарків ендомізію зменшується на 1,5...2,6%.

Збільшення тривалості УЗ-обробки до 15-60 с призводить до суттєвих структурних змін усіх структурних компонентів м'язової тканини. Колагенові волокна ендомізію, перемізію втрачають чіткий контур, набухають. Відмічені численні їх розриви, а також повна дезінтеграція як із сарколемою м'язових волокон, так і з сухожиллями. Серед м'язових волокон збільшується кількість волокон з хвилястою конфігурацією і локальними розривами. Встановлено, що рівень гідратації білків саркоплазми і колагенових волокон ендомізію та перемізію збільшується. На це вказують збільшення товщини м'язових волокон на 1,3...2,5% і товщини прошарків ендомізію на 14,7...16,1%. Обробка протягом 20-60 с призводить до глибоких деструктивних змін в усіх компонентах м'язової тканини. У м'язових волокнах мають місце розриви сарколеми, дезінтеграції міофібрил на саркомери, вихід компонентів саркоплазми за межі волокон. Елементи сполучної тканини втрачають здатність до гідратації і виявляють ознаки дегідратації. Встановлено, що в результаті таких процесів товщина м'язових волокон зменшується на 21,2...24,1%, товщина прошарків ендомізію зменшується на 28,6...30,4%, що свідчить про втрату здатності основної речовини підтримувати стан гелю.

Після УЗ-обробки протягом 25-60 с на гістозрізах виявляються численні ділянки лізису колагенових волокон, що є ознакою дезагрегації колагену і зміни його фізико-хімічних властивостей. При цьому товщина м'язових волокон в експериментальних зразках зменшується на 15,3...17,1%, а товщина прошарків ендомізію зменшується на 21,8...26,4%.

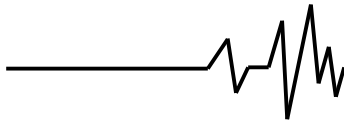
Ефективність процесу тендеризації розглядали як зміну величин кількості зв'язаної вологи, роботи різання й сили різання. В результаті проведених досліджень отримані рівняння, що дозволяють описати процес тендеризації м'яса за допомогою УЗ відносно роботи різання  $A_{\text{різ}}$ , сили різання  $F_{\text{різ}}$ , кількості зв'язаної вологи  $W_{\text{зв}}$ :

$$A_{\text{різ}}(\tau) = 0,72 + 1,84 \cdot e^{-0,112\tau}, \quad (4)$$

$$F_{\text{різ}}(\tau) = -18,76 + 89,96 \cdot e^{-0,018\tau}, \quad (5)$$

$$W_{\text{зв.мн}}(\tau) = (5,33 \cdot 10^{-5} \tau^2 - 1,61 \cdot 10^{-3} \tau + 0,03)^{-1}, \quad (6)$$

$$W_{\text{зв.мк}}(\tau) = (4,07 \cdot 10^{-5} \tau^2 - 1,22 \cdot 10^{-3} \tau + 0,03)^{-1}. \quad (7)$$

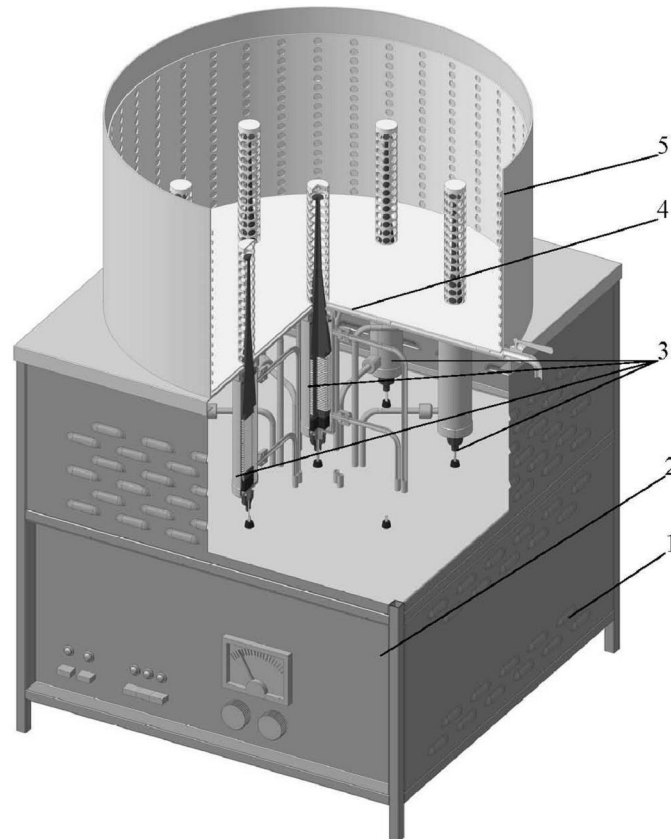


Завдяки одержаним закономірностям (4-7) визначено раціональні параметри процесу тендеризації м'яса за допомогою УЗК, а саме: коефіцієнт завантаження робочої камери –  $\leq 0,7$ ; частота – 22 кГц; тривалість процесу – (12...16)·60 с; об'єм робочої камери –  $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ; маса шматочків м'яса –  $\leq 0,15 \text{ кг}$ .

Проведено інженерні розрахунки із визначення основних характеристик та параметрів апарата для тендеризації м'яса з

ВВСТ за допомогою УЗК, розрахунок на міцність магнітострикційного перетворювача та моделювання електричних процесів на прикладі еквівалентної схеми коливального контуру.

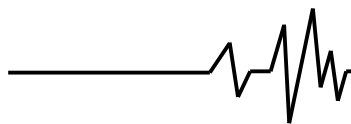
Загальний вигляд запропонованого апарата для тендеризації м'яса з ВВСТ за допомогою УЗК, спроектованого з використанням програми SolidWorks, наведено на рис. 4. [7]



**Рис. 4. Загальний вигляд апарата для тендеризації м'яса за допомогою УЗК:**  
1 – корпус; 2 – УЗ-генератор; 3 – магнітострикційні випромінювачі;  
4 – сітчастий кошик; 5 – робоча камера апарата

Принцип дії апарата полягає в наступному. У разі підключення генератора УЗК до електричної мережі на обмотку трансформатора перетворювача подається живлення з частотою 22 кГц. У магнітострикційному перетворювачі відбувається перетворення електричної енергії в енергію механічних коливань трансформатора, які підсилює концентратор. Випромінювачі 3 передають пружні УЗ-коливання в рідину широким фронтом хвилі. Рідина обирається таким чином, щоб її акустичний імпеданс наближався до акустичного імпедансу м'яса, яке розміщується в цій рідині. Після подачі

живлення над торцем випромінювача виникає зона кавітації. Під час виникнення кавітації у рідині створюються зони тиску і розрядження, оскільки у рідині тиск передається рівномірно та одночасно на всі боки. УЗК при поширенні у рідині відбиваються від стінок сітчастого кошика, стінок циліндричного корпусу та від поверхні рідини (межа поділу фаз «рідина-повітря») практично повністю та поглинаються середовищем і дослідними зразками. За цих умов у середовищі виникають УЗ-мікропотоки, які на межі поділу фаз «рідина-тверде тіло» (м'ясо) інтенсифікують масообмінні процеси шляхом зміни проникливості оболонок клітин



білків сполучної тканини. У табл. 3 наведено основні технічні характеристики апарату для тендеризації м'яса за допомогою УЗК, порівняння його енергетичних показників із вакуум-масажем Inject Star MC 400 – у табл. 4. За результатами аналізу табл. 2-5 доведено,

що використання апарату для тендеризації м'яса за допомогою УЗК характеризується низькими енерговитратами та високою якістю отриманої продукції у порівнянні з вакуум-масажем Inject Star MC 400.

Таблиця 3

Технічні характеристики апарату для тендеризації м'яса за допомогою УЗК

Показники	Величина
Номінальна напруга живлення від мережі однофазного змінного струму частотою 50 Гц, U, В	220
Номінальна споживана електрична потужність, P, Вт	Не більше 3500
Регулювання вихідної потужності	Плавне
Номінальна робоча частота генератора й випромінювачів, f, Гц	22000
Межі плавного регулювання частоти генератора, f, Гц	1660
Амплітуда звукового тиску під час поширення в рідині, $p_0 \cdot 10^5$ , Па	168
Тривалість одного циклу озвучування, $t \cdot 60^{-1}$ , с	12...16
Напруга в коливальному контурі під час випромінювання в рідину, U, В	83
Сила струму в коливальному контурі під час випромінювання в рідину, I, А	7
Кількість випромінювачів, шт.	7
Об'єм робочої камери, V, м <sup>3</sup>	0,14
Одноразове завантаження робочої камери, m <sub>з</sub> , кг	60...80
Витрата води для охолодження випромінювачів, Q <sub>об</sub> , м <sup>3</sup> /год	Не менше 0,03
Продуктивність установки, Q, кг/год	240...320
Габаритні розміри, м	0,58×0,64×0,88
Маса, m, кг	120

Таблиця 4

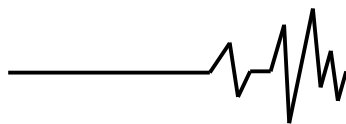
Порівняльна характеристика апарату для тендеризації м'яса за допомогою УЗК

Показники	Апарат для тендеризації м'яса за допомогою УЗК	Вакуум-масажер Inject Star MC 400
Спожита потужність, P, Вт	3500	4600
Продуктивність, Q, кг/год	240...320	200...280
Питома енергоємність, ΔP, Вт/кг	10,93...14,58	16,42...23,00
Величина річного енергоспоживання, $\sum E_{сп}$ , кВт·год	6720	8800

Проведені економічні розрахунки показали, що застосування апарату для тендеризації м'яса за допомогою УЗК на м'ясопереробному виробництві є доцільним та ефективним інвестиційним проектом, який може бути реалізований як у новостворених лініях з виробництва м'ясних продуктів, так і на вже діючих підприємствах. У першій ситуації виконуються усі умови, що висуваються до критеріїв економічної ефективності інвестицій: чистий приведений прибуток є позитивним і у порівнянні з вакуум-масажем Inject Star MC 400 складає 2896,34 тис. грн на рік, термін окупності проекту складає 3,6 місяця.

**Висновки.** Отримано рівняння регресії, що дозволяють описати кількість зв'язаної

вологи, силу та роботу різання м'яса відносно тривалості процесу тендеризації м'яса за допомогою УЗК. Визначено ефективні параметри процесу тендеризації м'яса за допомогою УЗК. Розроблено конструкцію апарату для тендеризації м'яса за допомогою УЗК, розраховано його основні характеристики та параметри. Доведено перспективність використання способу тендеризації м'яса за допомогою УЗК, який характеризується низькими енерговитратами та високою якістю отриманої продукції. Економічні розрахунки показали, що застосування апарату для тендеризації м'яса за допомогою УЗК на м'ясопереробному виробництві є доцільним та ефективним інвестиційним проектом.

**Список використаних джерел**

1. Technology and functional property of dietary supplements made of secondary meat raw materials / A. Cherevko, N. Pogozhykh, V. Kovalenko, V. Yevlash // Journal of EcoAgriTourism. – 2010. – Vol. 6, № 1 (18). – P. 114–117.
2. Винникова Л. Г. Технология мяса и мясных продуктов / Л. Г. Винникова. – К. : Инкос, 2006. – 600 с.
3. Дейниченко Г. В. Вдосконалення процесів переробки м'ясної сировини в підприємствах харчування : монографія / Г. В. Дейниченко, О. О. Простаков, В. В. Дуб. – Х. : ХДУХТ, 2003. – 349 с.
4. Справочник технолога колбасного производства / [Рогов И. А. и др.]. – М. : Колос, 2003. – 432 с.
5. Husband P. M. Beef tenderness the influence of animal age and postmortem treatment / P. M. Husband, B. V. Jahnsen // CSJRO Food Res. Quart. – 2004. Vol. 45, №1. – P. 1–4.
6. Справочник. Физико-химические и биохимические основы технологии мяса и мясopодуктов / [под общ. ред. А. А. Соколова]. – М. : Пищевая пром.-сть, 1973. – 496 с.
7. Безвідходна переробка м'яса з високим вмістом сполучної ткани з використанням ультразвуку / Г. В. Дейниченко, Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний, Д. А. Нечипоренко. – Харків : ФАКТ, 2012. – 210 с.

**Список джерел в транслітерації**

1. Technology and functional property of dietary supplements made of secondary meat raw materials / A. Cherevko, N. Pogozhykh, V. Kovalenko, V. Yevlash // Journal of EcoAgriTourism. – 2010. – Vol. 6, № 1 (18). – P. 114–117.
2. Vynnykova L. H. Tekhnolohyya myasa y myasnykh produktov / L. H. Vynnykova. – K. : Ynkos, 2006. – 600 s.
3. Deynychenko H. V. Vdoskonalennya protsesiv pererobky m'yasnoyi syrovyny v pidpryyemstvakh kharchuvannya : monohrafiya / H. V. Deynychenko, O. O. Prostakov, V. V. Dub. – Kh. : KhDUKhT, 2003. – 349 s.
4. Spravochnyk tekhnoloha kolbasnoho proyzvodstva / [Rohov Y. A. y dr.]. – M. : Kolos, 2003. – 432 s.
5. Husband P. M. Beef tenderness the influence of animal age and postmortem treatment / P. M. Husband, B. V. Jahnsen // CSJRO Food Res. Quart. – 2004. Vol. 45, № 1. – P. 1–4.

6. Spravochnyk. Fyzyko-khymycheskye y byokhymycheskye osnovy tekhnolohyy myasa y myasoproduktov / [pod obshch. red. A. A. Sokolova]. – M. : Pyshchevaya prom.-st, 1973. – 496 s.

7. Bezvidkhodna pererobka m'yasa z vysokym vmistom spoluchnoyi tkany z vykorystannyam ul'trazvuku/ H.V. Deynychenko, H.M. Postnov, M.A. Chekanov, V.M. Chervonyu, D.A. Nechyporenko. – Kharkiv : FAKT, 2012. – 210 s.

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ТЕНДЕРИЗАЦИИ МЯСА С ПОМОЩЬЮ  
УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ И ЕГО  
АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ**

**Аннотация.** В статье рассмотрен процесс тендеризации мяса с помощью ультразвуковых колебаний. Приведены результаты исследований влияния продолжительности ультразвуковой обработки, параметров ультразвуковой колебательной системы, формы рабочей камеры, структурно-механических свойств сырья на эффективность проведения процесса тендеризации с помощью ультразвуковых колебаний. Получены зависимости силы и работы резки, предельного напряжения сдвига относительной деформации тендеризованого мясного сырья от продолжительности ультразвуковой обработки.

**Ключевые слова:** мясное сырье, ультразвук, ультразвуковая волна, структурно-механические показатели мясных фаршей.

**IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF A  
SOFTENING OF MEAT BY MEANS OF  
ULTRASONIC FLUCTUATIONS AND HIS  
HARDWARE REGISTRATION**

**Annotation.** In the article the process tenderyzatsiyi meat by means of ultrasonic vibrations. The results of the study of the effect duration of ultrasonic processing, ultrasonic oscillatory system parameters, forms the working chamber, structural and mechanical properties of materials on the efficiency of the process tenderyzatsiyi using ultrasonic vibrations. The dependencies work force and cutting, limiting stress shear strain tenderyzovanoyi raw meat on the duration of ultrasonic treatment.

**Key words:** raw meat, ultrasound, ultrasound wave, structural and mechanical properties of minced meat.