

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**



**НАУКОВИЙ ВІСНИК  
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ ВЕТЕРИНАРНОЇ  
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ  
імені С.З. ГЖИЦЬКОГО**  
заснований у 1998 році

*Серія "Харчові технології"*  
*Серія "Економічні науки"*

**Scientific Messenger  
of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies  
named after S. Z. Gzhytskyj**

*Series "Food technologies"*  
*Series "Economical sciences"*

**Том 18, № 1 (65)  
Частина 4**

**Львів – 2016**

- Syrohman, I. V., Zavgorodnya, V. M. (2009). *Tovarovnavstvo harchovykh produktiv funktsionalnogo pryznachennya*, Centr uchbovoyi literatury, 544. (in Ukrainian).
- Wright, A. J., Marangoni, A. G. (2006). Crystallization and rheological properties of milk fat. In *Advanced Dairy Chemistry Vol. 2: Lipids*, 3rd ed. Ed by Fox P. F. and McSweeney P. L. H., New York: Springer, 245–282.
- Bauman, D. E., Tyburczy, C., O'Donnel, A. M., Lock A. L. (2007). Production and use of high foods in human health. *J. Dairy Sci*, 429(Abstr.).
- Larsen, T. M., Toubro, S., Astrup, A. (2003). Efficiency and safety of dietary supplements containing CLA for the treatment of obesity: Evidence from animal and human studies. *Journal of lipid research*, 44, 2234–2241.
- Shultz, T. D., Chew, B. P., Seaman, W. R., Luedecke, L. O. (1992). Inhibitory effect of conjugated dienoic derivatives of linoleic acid and  $\beta$ -carotene on the in vitro growth of human cancer cells. *Cancer Lett*, 63, 2, 125–133.
- Yoon, C. S., Ha, T. Y., Rho, J. H., Sung, K. S., Cho, I. J. (1997). Inhibitory effect of conjugated linoleic acid on in vitro growth of human hepatoma. *The FASEB Journal*, 11, 578 (Abstract).
- Musij, L. Ya., Cisaryk, O. J., Pavlichenko, S. V. (2016). *Konsystenciya kyslovershkovogo masla, vygotovlenogo u osinno-zymovyj period roku*. Materialy III mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferenciyi «Aktualni problemy v sferax nauky ta shlyaxy yix vyrishennya», Odesa, 3, 28–33. (in Ukrainian).
- Skuryhyn, Y. M., Volgarev, M. N. (1987). *Hymycheskyj sostav pyshhevyh produktov*. Agropromyzzdat, 360.

Стаття надійшла до редакції 30.04.2016

УДК 637.514.5.037

**Чернюшок О. А.**, к. т. н. (olgachernyushok@list.ru)  
Національний університет харчових технологій, м. Київ  
**Федоров В. Г.**, д. т. н., професор, **Кепко О. І.**, к. т. н., доцент ©  
Уманський національний університет садівництва, м. Умань

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДРІБНОШМАТКОВИХ М'ЯСОПРОДУКТІВ

Важливою умовою при зберіганні м'ясних продуктів є збереження їх високої якості та харчової цінності. За рахунок використання холодильного оброблення воно можливе протягом тривалого часу. При цьому охолоджені продукти після зберігання незначною мірою відрізняються від свіжих. В статті подано результати досліджень щодо визначення інтенсифікації процесу охолодження м'ясних продуктів, що залежить від розмірів продукту, температури та швидкості повітря. Для підвищення тривалості зберігання м'ясних продуктів, їх необхідно заморозувати. У заморожених м'ясних продуктах швидкість перебігу процесів, що впливають на якість, у багато разів менша, ніж в охолоджених.

Досліджено динаміку густини теплового потоку під час охолодження зразків м'ясних продуктів. Встановлено, що сумарний коефіцієнт тепловіддачі змінюється від 12 до 10 Вт/(м<sup>2</sup>·К); для практичних розрахунків можна прийняти  $\alpha = 11$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

**Ключові слова:** охолодження, дрібношматкові м'ясні продукти, інтенсифікація, густина теплового потоку, швидкість холодоносія, коефіцієнт тепловіддачі.

УДК 637.514.5.037

**Чернюшок О. А.**, к. т. н.  
Національний університет пищевих технологій, г. Киев  
**Федоров В. Г.**, д. т. н., професор, **Кепко О. І.**, к. т. н., доцент  
Уманський національний університет садівництва, г. Умань

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

**МЕЛКОКУСКОВЫХ МЯСОПРОДУКТОВ**

Важным условием при хранении мясных продуктов является сохранение их высокого качества и пищевой ценности. За счет использования холодильной обработки оно возможно в течение длительного времени. При этом, охлажденные продукты после хранения незначительно отличаются от свежих. В статье представлены исследования по определению интенсификации процесса охлаждения мясных продуктов, которые зависят от размеров продукта, температуры и скорости воздуха. Для повышения продолжительности хранения мясных продуктов, их необходимо замораживать. В замороженных мясных продуктах скорость протекания процессов, влияющих на качество, во много раз меньше, чем в охлажденных.

Исследована динамика плотности теплового потока при охлаждении образцов мясных продуктов. Установлено, что суммарный коэффициент теплоотдачи изменяется от 12 до 10 Вт / (м<sup>2</sup> · К); для практических расчетов можно принять  $\alpha = 11 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

**Ключевые слова:** охлаждение, мелкокусковые мясные продукты, интенсификация, плотность теплового потока, скорость хладоносителя, коэффициент теплоотдачи.

UDC 637.514.5.037

**Chernyushok O. A., Ph.D**

*National University of Food Technologies, Kiev, Ukraine*

**Fedorov V. G., Professor, Kepko O. I., Ph.D associate professor**

*Uman National University of Horticulture, Ukraine*

**COLD TREATMENT INTENSIFICATION OF SMALL-SIZED MEAT PRODUCTS**

One of the important condition of meat products preservation is a maintenance of their high quality and nutritive value. Usage of cold treatment enables preservation over a long period of time. Cooled products after preservation insignificantly differ from the fresh ones. The article contains a research regarding determination of the cooling process intensification of meat products subject to their size, temperature and air velocity. Necessity of the meat products freezing will increase their preservation term. Velocity of the processes inside the frozen meat products, influencing their quality, is significantly lower than in the cooled products.

The Authors researched the dynamics of the heat flow density during the cooling of meat products. It is determined that total heat-transfer coefficient varies from 12 to 10 W/(m<sup>2</sup> · K); for the purposes of applied calculations one can use 11 W/(m<sup>2</sup> · K).

**Key words:** cooling, small-sized meat products, intensification, density of heat flow, velocity of coolant, heat-transfer coefficient.

**Вступ.** Основними завданнями для підприємств м'ясної промисловості є комплексна переробка сировини, розширення асортименту готової продукції, поліпшення її якості для забезпечення потреб споживачів та інтенсифікація виробництва продукції [1, 2]. У технології м'ясних продуктів однією з головних технологічних операцій є охолодження сировини [3].

В холодильній технології найбільш поширеними процесами є охолодження та заморожування харчових продуктів. Інтенсифікація цих процесів – дуже важливе завдання, оскільки його розв'язання спричиняє поліпшення якості продукції, енерго- та ресурсозбереження. Особливої ваги це набуває під час охолодження м'ясопродуктів, напівфабрикатів, ендокринно-ферментної сировини та інших видів біологічно цінної сировини.

Знизити температуру м'ясних продуктів можна шляхом зменшення їхньої внутрішньої енергії. Тому для штучного охолодження створюють такі умови, при яких тепла енергія відводиться від продукту і сприймається іншим, більш холодним тілом. Для тривалого охолодження необхідно, щоб сприйняття тепла охолоджуючим тілом

відбувалося без підвищення його температури, так як інакше температури обох тіл стануть однаковими та охолодження припиниться [4].

Інтенсивність відведення або підведення теплової енергії визначається поверхневою густиною теплового потоку  $q$ , Вт/м<sup>2</sup>, дорівнює кількості теплоти, Дж, що передається через одиницю теплообмінної поверхні, м<sup>2</sup>, за одиницю часу, с. Для технологічних розрахунків користуються рівнянням:

$$q = \alpha \Delta t, \quad (1)$$

яке прийнято називати законом або принципом Ньютона. Тут  $\Delta t$ , К – різниця температур між поверхнею продукту та холодоносієм за межами його пристінного шару  $\alpha$ , Вт/(м<sup>2</sup> К) – коефіцієнт конвективного теплообміну, або тепловіддачі.

Треба відмітити, що рівняння (1) не є ні законом, ні принципом, оскільки  $\alpha$  може залежати від  $\Delta t$ ,  $q$ , а також від швидкості холодоносія  $W$  та інших незалежних факторів. Наприклад, під час вільної конвекції холодоносія в залежності  $\alpha = f(\Delta t)^n$ , показник  $n$  змінюється від нуля для так званого плівкового режиму руху рідини до  $n = 1/3$  – для вихрового руху. Ще помітнішою є залежність  $\alpha = f(q)^n$ , якщо холодоносієм забрав теплоту з поверхні продукту, кипить. За умови найбільш розповсюдженого бульбашкового кипіння  $n = 0,7$  [5].

Найбільш розповсюдженими термічними обробками м'ясопродуктів є охолодження та заморожування. Температура на поверхні продукту після охолодження, не має бути нижче за криоскопічну (це температура початку утворення льоду без переохолодження, для м'ясопродуктів це  $-1,2 \dots -2$  °С), а в термічному центрі, тобто в точці з експериментальною температурою, не вищою за  $+4$  °С. Охолоджений продукт допускає лише короткострокове зберігання при температурі  $+4$  °С. Так за даними [4], на поверхні охолодженої тушки курчати, за час зберігання при  $+4$  °С кількість бактерій може зрости в 10000 разів.

Заморожуванням можна довести вміст мікроорганізмів до нуля. Відомий вплив кристалів льоду, що зростають під час заморожування, на цілісність клітин та витікання з них розчину солей та інших рідких компонентів, не знижує терміну зберігання, тобто часу від закінчення заморожування до моменту, коли за якісними показниками стає непридатним для реалізації або промислової переробки.

Відомо, що чим інтенсивніший процес заморожування, тобто більша  $q$  в (1), тим меншого розміру кристали льоду, менші втрати білкових і екстрактивних речовин з м'ясним соком. Але може виникнути небезпека появи мікроорганізмів на поверхні м'яса, що може призвести до погіршення якості розмороженого продукту.

Суттєво обмежувати інтенсивність заморожування може також «загар» поверхні продукту – зміна кольору та якості його поверхні внаслідок сублімації поверхневої вологи до газуватого холодоносія [6]. Уникнути «загару» можна за допомогою пакувальних матеріалів. Але якщо між упаковкою та продуктом залишиться повітря, сублімація буде відбуватися на внутрішній поверхні. Цієї проблеми можна уникнути пакуванням під вакуумом.

Розроблені основи проміжного методу холодильного оброблення харчових продуктів – підморожування, коли їхня температура стає нижчою за криоскопічну, так, що відбувається часткова кристалізація вологи в поверхневому шарі [3].

**Матеріали і методи досліджень.** Об'єктом досліджень виступали процеси охолодження та заморожування м'ясних продуктів.

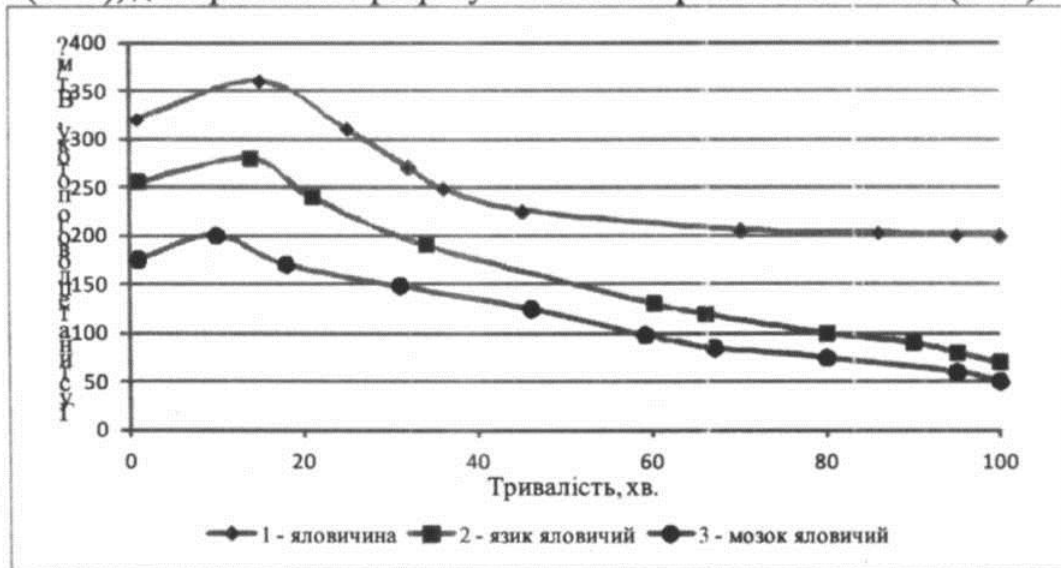
Предмет досліджень: дрібношматкові м'ясні продукти: яловичина, язик яловичий та мозок яловичий.

**Результати досліджень.** Для розрахунків процесів і апаратів холодильного оброблення дрібношматкових м'ясопродуктів необхідно мати інформацію про величину коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha = q/\Delta t$  для кожної пари «продукт – теплоносіє» з врахуванням залежностей  $\alpha = f(\Delta t, q, W \dots)$ . Якщо різницю температур та швидкість холодоносія вимірюють досить давно з великою точністю, то густину теплового потоку через будь-яку поверхню продукту, локально в просторі і в часі – лише останні 50 років [7, 8]. За допомогою тепломірів розроблених в НУХТ, була одержана інформація

щодо динаміки  $q$  та  $\Delta t$  під час дослідження різних способів інтенсифікації холодильного оброблення м'ясних продуктів.

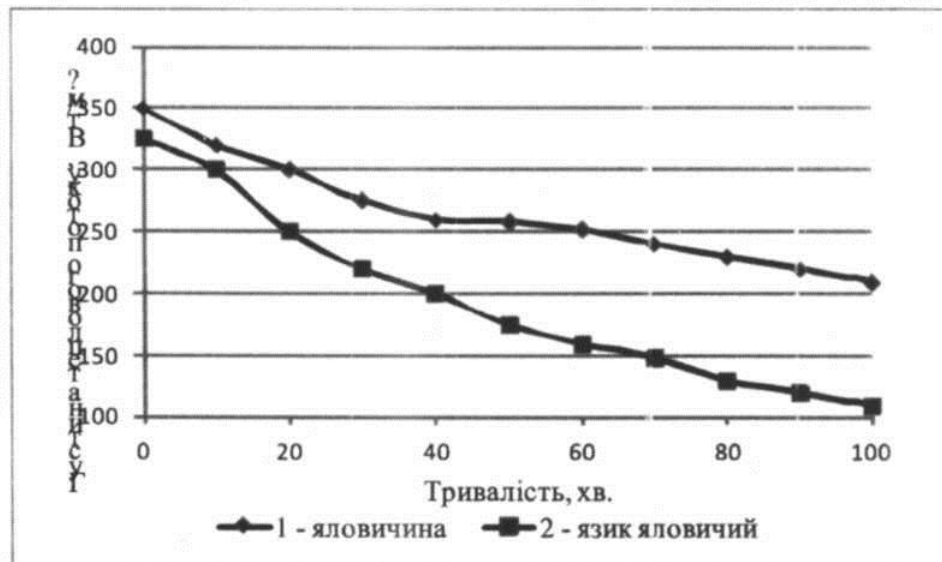
Метою даної статті є узагальнення інформації, визначення коефіцієнтів тепловіддачі від поверхні м'ясних продуктів до різних теплоносіїв та отримання практичних рекомендацій.

Теплометрия продуктів в умовах охолодження за умов вільної конвекції повітря показала, що інтенсивність відведення теплоти залежить також від розмірів зразка та стану його поверхні (зволоженість, жорсткість тощо). На рис 1 наведено динаміку  $q$  під час охолодження зразка яловичини розміром  $10 \times 10 \times 8 \text{ см}^3$  (1), яловичого язика (2) та яловичого мозку (3). Сумарний коефіцієнт тепловіддачі (частина теплової енергії відводиться від зразка випромінюванням та випаровуванням вологи) змінюється від 12 до 10  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ; для практичних розрахунків можна прийняти  $\alpha = 11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .



**Рис. 1. Теплові потоки при охолодженні**

Заморожування зразків в аналогічних умовах збільшує середній рівень  $q$  пропорційно збільшенню  $\Delta t$ , при цьому  $\alpha$  майже не збільшується і в середньому  $\alpha = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Кінетика відведення теплоти під час заморожування яловичини наведено на рис. 2.



**Рис. 2. Теплові потоки при заморожуванні**

Крива має експоненціальний характер, в системі координат  $\tau - \lg q$  ( $\tau$  - час процесу) вона стає прямою, що підтверджує змінення  $q$ , і  $\Delta t$  продукту, і порядкується закону, так званого регулярного режиму. Це значно спрощує розрахунок часу

технологічного процесу. З рис. 2 видно, що на сотій хвилині зразок промерз до термічного центру, отже процес можна закінчувати.

Вплив температури і швидкості руху повітря  $q$  та  $t$  досліджували під час розробки раціональних режимів заморожування продуктів з м'ясною начинкою. За умови зниження температури повітря від  $-20$  до  $-60$  °С та швидкості  $5$  м/с.  $t$  знижується від  $52$  до  $8$  хв,  $\alpha$  зростає від  $48$  до  $52$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Зміна швидкості повітря від  $3$  до  $10$  м/с привела до зростання  $\alpha$  від  $36$  до  $74$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Для одержання достатньо мілких кристалів льоду в продуктах, цих значень  $\alpha$  явно недостатньо, тому актуальним є нові способи інтенсифікації процесу заморожування. Підвищення тиску повітря під час заморожування курячих тушок до  $0,8...1,0$  МПа привело до скорочення  $t$  в  $2...3$  рази, але, як відомо, зі зростанням тиску зростають швидкості хімічних реакцій, включно із тими, що можуть привести до псування продукту.

Дослідження впливу вібрації продукту на  $t$  під час заморожування пластин яловичини товщиною  $7,5$  см при  $W = 3$  м/с та температури повітря  $-25$  °С показало скорочення  $t$  на  $12...25$  %, якщо пластина вібує з частотою  $12...25$  Гц та амплітудою  $3...5$ .

Наближено такий ефект дає накладання магнітного поля на продукт, очевидно, за рахунок переорієнтації саркоплазматичних білків і структурних елементів в напрямку вектора напруженості поля. Це збільшує теплопровідність продукту та інтенсифікує зростання кристалів.

Значно більший ефект дає накладання електричного поля. За  $t = -40$  °С та  $W = 3$  м/с заморожували брикети яловичого фаршу розміром  $6 \times 6 \times 2,8$  см<sup>3</sup>. Електричне поле створювали за допомогою коронуючого та заземленого електродів, встановлених паралельно напрямку повітря потоку. Напруженість поля змінювали від  $2,5 \cdot 10^5$  до  $5,5 \cdot 10^5$  В/м. Під дією поля в повітрі та на поверхні продукту утворюються частинки, внаслідок кулонівської взаємодії між ними утворюється «електричний вітер», що може переміщувати повітря біля поверхні та інтенсифікувати тепловідведення. За кілька хвилин поверхня продукту замерзає, розряджається, «вітер» зникає.

#### **Висновки.**

За результатами проведених досліджень зроблено такі висновки:

1. Засоби теплотерії дозволяють одержувати корисну інформацію для розрахунків дослідження, налагодження та інтенсифікації технологічних процесів.
2. Можливості повітряного холодильного оброблення є недостатнім для замороження продуктів високої якості й тому потребують удосконалення.
3. Накладання магнітних, електричних полів та механічної вібрації суттєво збільшує інтенсивність холодильного оброблення, але може бути небезпечним та нерентабельним.

**Перспективи подальших досліджень.** Дослідження процесів охолодження та заморожування харчових продуктів, зокрема й м'ясних, завжди було і є актуальною темою досліджень. Визначення теплофізичних коефіцієнтів дає змогу проектувати та оптимізувати обладнання для виробничих потреб, а також оптимізувати витрати енергоносіїв та використовувати енергоощадні технології.

#### **Література**

1. Власенко В. В. Вплив інтенсифікації теплової обробки молока на фізико-хімічні і технологічні властивості / В. В. Власенко, Т. В. Семко, С. А. Король // Збірник наукових праць ВНАУ. – 2010. – № 3(42). – С.89 – 91.
2. Палаш А. А. Інтенсифікація тепло- і масообмінних процесів / А. А. Палаш, С. А. Бут // Харчова промисловість. – 2008. – № 7. – С.53 – 56.
3. Масліков М. М. Оптимізаційне моделювання процесу зберігання м'яса / М. М. Масліков, М. В. Мезенцев // Харчова промисловість. – 2004. – Додаток до № 3. – С. 150–151.
4. Масліков М. М. Холодильна технологія харчових продуктів: навч. посібн. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2007. – 335 с.