

УДК 637.523:66.083  
DOI: 10.31866/2616-7468.2.1.2019.170412

## ВЛАСТИВОСТІ ВАРЕНИХ КОВБАС, ВИРОБЛЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОГО ТИСКУ

**Валерій Сукманов,**  
доктор технічних наук, професор,  
Полтавська державна аграрна академія,  
Полтава, Україна,  
suktanowaleri@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0003-1248-4068>  
© Сукманов В., 2019

**Ігор Кірік,**  
кандидат технічних наук, доцент,  
Заклад освіти «Могильовський державний  
університет продовольства»,  
Могильов, Республіка Білорусь,  
kirik.mapp@gmail.com  
© Кірік І., 2019

**Анатолій Палаш,**  
кандидат технічних наук,  
Полтавський коледж харчових технологій – НУХТ,  
Полтава, Україна,  
apalash48@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0003-2418-3588>  
© Палаш А., 2019

**Актуальність.** Стаття присвячена дослідженню споживчих властивостей варених ковбас (ВК), вироблених із використанням високого тиску (ВТ) без їх теплової обробки, що забезпечує високі споживчі властивості при тривалих термінах їх зберігання. **Мета і методи.** Мета статті – дослідження властивостей ВК, вироблених із використанням ВТ, як наукове обґрунтування технології ВК із використанням ВТ без їх теплової обробки. Зразки ВК обробляли тисками від 400 до 900 МПа з інтервалом у 100 МПа при початковій температурі процесу  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  при тривалості обробки 55 хвилин. **Результати.** При обробці ковбасного фаршу ВТ без його теплової обробки залишкова кількість кислої фосфатази досягає свого порогового значення – готовність продукту (6 мг фенолу на 100 г продукту) при тиску 700 МПа. Кулінарна готовність ВК при їх обробці ВТ досягається лише при тиску 850 МПа. Порівняльний аналіз перетравлюваності білків *in vitro* у зразків, що пройшли теплову обробку і обробку ВТ, показав, що динаміка перетравлюваності білків *in vitro* у зразків, оброблених тиском, більш сприятлива; через 6 годин показник перетравлюваності білків *in vitro* у зразків, оброблених тиском, становить 90 %, а зразків, що пройшли теплову обробку, – 80 %. Обробка ВК ВТ замість теплової обробки (варіння) не призводить до погіршення їх амінокислотного складу; має місце більш сприятливе значення незбалансованості амінокислотного складу продукту. Обробка ВТ покращує структуру ковбаси, підвищує її однорідність як за розміром частинок, так і за щільністю батона. Аналіз спектрів поглинання досліджуваних зразків ВК показав, що обробка ковбасного фаршу тиском 850 МПа, при температурі  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  і тривалості обробки 55 хвилин дозволяє отримати готовий продукт без його теплової обробки. **Висновки та обговорення.** Профілограми якості ВК показали, що вдосконалення процесу їх виробництва (заміна технологічного етапу варіння в термокамері на обробку ВТ) не тільки збільшує термін зберігання ковбас із 3 до 10 діб і покращує їх технологічні і структурно-механічні властивості, а й покращує їх органолептичні властивості (зовнішній вигляд, консистенція, колір, запах, смак). Наукова новизна одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні доцільності впровадження технології

ВК із використанням ВТ. Практичне значення одержаних результатів полягає в одержанні технологічних параметрів процесу обробки ВК ВТ.

**Ключові слова:** варені ковбаси, технологія, високий тиск, властивості, термін зберігання.

### Актуальність проблеми

*Постановка проблеми.* Варені ковбаси, сосиски і сардельки є найпоширенішими м'ясними продуктами. Обсяг їх виробництва становить приблизно 75 % від загальної кількості вироблюваних вітчизняною промисловістю м'ясних виробів.

Велике значення і поширення ковбасних виробів пояснюється їх високою харчовою цінністю, калорійністю, можливістю споживання без додаткової кулінарної обробки. Варені ковбаси (ВК) вищого ґатунку мають термін реалізації при температурі 0...8°C і відносній вологості повітря 75...85 % не більше 72 год, а ковбаси 1, 2 і 3 ґатунків – 48 год із моменту закінчення технологічного процесу при використанні звичайних ковбасних оболонки. Можливість зберігання ковбасних виробів забезпечується введенням консервантів, антисептиків, випуском їх зі зниженою вологістю, що зменшує харчову цінність і споживчі властивості продукту. В даний час відсутні технології виробництва ВК, що забезпечують стабільно високу їх якість при тривалому зберіганні.

Рішення даної проблеми може бути забезпечене використанням технології високого тиску (ВТ), яка є найбільш інноваційною, використовується провідними світовими виробниками.

*Стан вивчення проблеми.* Процес обробки харчових продуктів високим тиском включає наступні операції [1]:

1. Пакування продукту в м'яку герметичну упаковку.
2. Розташування продукту в упаковці в робочій камері установки ВТ.
3. Заповнення робочої камери проміжною робочою рідиною.
4. Обробку продукту високим гідростатичним або циклічним тиском.
5. Зменшення ВТ, витяг упакованого продукту з робочої камери.

Структурна сітка фаршу може бути віднесена до типу коагуляційних, коли взаємодія здійснюється за рахунок Ван дер Ваальсових сил зчеплення – через найтонші прошарки дисперсійного середовища – води.

Схематично будову ковбасного фаршу, що містить частинки м'яса, білкові молекули, частинки жиру і сполучної тканини, а також воду, можна представити таким чином. Вода утворює безперервну фазу – дисперсійне середовище. Частинки м'яса і сполучної тканини мають адсорбовані на поверхні молекули води (гідратна оболонка). У водному середовищі містяться білкові молекули, які також мають гідратну оболонку, і молекули солей. Частинки жиру оточені білковими молекулами з гідратною оболонкою. Безперервність водної фази забезпечує рівномірний розподіл солей і інших добавок у фарші. Оболонки гідратів на поверхні частинок м'яса перешкоджають осматичному тиску води з клітин у навколишнє середовище (завдяки різниці концентрації солі). Частинки між собою пов'язані через водний прошарок або через «білкові містки». У всіх випадках виявляються Ван дер Ваальсові сили зчеплення.

Обробка м'яса та м'ясопродуктів ВТ призводить до суттєвих змін їх технологічних та споживчих властивостей (Vajovic, Bolumar, & Heinz, 2012).

У діапазоні тисків від 10 до 100 МПа при різанні попередньо обробленого тиском замороженого м'яса відбувається зниження енерговитрат різання. Мікροструктурний аналіз показав (Buckow, Sikes, & Tume, 2013), що під дією тиску пресування відбувається часткове руйнування м'язових волокон і рекристалізація силовини по всьому об'єму з одночасним ущільненням структури м'язової тканини.

Обробка яловичини тиском 85 МПа протягом 3 хвилин забезпечує найбільше збільшення загального вмісту вільних амінокислот відразу після обробки тиском на будь-якій стадії зберігання (Aertsen, Meersman, Hendrickx, Vogel, & Michiels, 2009). Загальний вміст вільних амінокислот у зразках м'яса, обробленого тиском 85 МПа, зберігається протягом 7 діб і збільшується відповідно в 1,36 рази, тоді як контрольний зразок – у 1,26 рази.

Ефект збільшення сили зв'язування частинок подрібненого м'яса досягає максимуму при вмісті солі 3 % і впливі тиску 50 МПа (Orlien, 2017; Bak et al., 2012). У діапазоні тисків від 100 до 1000 МПа зміни, що виникають у м'язовій тканині під їх впливом, обумовлені змінами властивостей двох її основних компонентів: білків і води, що становлять 16,5÷20,9 % і 72÷80 % відповідно (Zhang, Yang, Tang, Chen, & You, (2015). Аналіз кінетики величини коефіцієнта об'ємного стиснення показав, що в зоні пружних деформацій фаршу вона має постійний характер. Зі збільшенням тиску вона зменшується і досягає величини, властивої воді, оскільки у м'ясному фарші її зміст доходить до 75 % (Bertram, Whittaker, Shorthose, Andersen, & Karlsson, 2004). Тому зміна властивостей води, яка є невід'ємною частиною харчових продуктів, представляє великий інтерес.

Узагальнення літературних даних про дослідження впливу тиску на білки, що становлять 80 % сухих речовин м'язової тканини і вирішальною мірою визначають харчову цінність, фізико-хімічні показники м'яса, а також особливості його зміни при технологічній обробці показали, що переважають відомості про основні білки: актин, міозин і актоміозин, у порівнянні з ізольованими структурними білками м'язів (Zhang, Yang, Tang, Chen, & You, 2015; Khan, 2014; Mandava, Fernandez, & Juillerat, 1994; Moller 2011).

Дослідження тисків у діапазоні (120–140) МПа показали, що вони ефективно впливають на такі показники м'яса: зусилля різання, вологозв'язуючу здатність, рН, накопичення солі, вміст амінокислот. Зусилля різання м'яса, обробленого тиском 126 МПа після зберігання 3 доби, зменшується на 16–34 % (Mor-Mur, & Yuste, 2003; Sikes, Tobin, & Tume, 2009; Tintchev, 2013). У той же час, якщо м'ясо оброблене тиском до зберігання, то тривалість зберігання практично не впливає на зміну величини зусилля різання. Вологозв'язуюча здатність м'яса, обробленого ВТ у розсолі, в середньому збільшується на 6 %, тоді як рН різко знижується, але в процесі зберігання тримається на досить високому рівні. В цілому обробка тиском позитивно відбивається на властивостях м'яса та ковбасних виробів. Аналогічні дослідження, проведені для фаршу, показали, що його властивості також поліпшуються при обробці тиском (Tomaschunas, 2013; Bajovic, Bolumar, & Heinz, 2012; Chattong, Apichartsrangkoon, & Bell, 2007). Зокрема, збільшується вологозв'язуюча здатність на 4,2 %.

Після обробки ВТ змінюється здатність до окислення ліпідів. Так, у роботі (Bak, Thulstrup, & Orlien, 2014; Iwasaki, Noshiroya, Saitoh, Okano, & Yamamoto, 2006) було вивчено вплив тиску на окислюваність ліпідів у свинячому фарші. Фарш був підданий обробці до 800 МПа протягом 20 хвилин при 20°C і 80°C (контрольний

зразок обробці не піддавався). Зразки зберігалися 8 днів при 4°C. Виявлено, що оброблені зразки показали більш сильну здатність до окислення на повітрі, ніж контрольні, проте помітне збільшення швидкості окислення в фарші спостерігалося тільки після використання тисків обробки вище 300 МПа. Помітна денатурація міофібрил і саркоплазматичних протеїнів, відновлювальні перетворення в системі міоглобін/оксиміоглобін до окислених залізистих форм спостерігалися при тиску понад 400 МПа.

ВТ (100–800 МПа) впливає на різні компоненти і якісні атрибути м'яса: ензими, структуру, міофібрилярні протеїни, текстуру, желатинізацію, міоглобін, м'ясний жир, мікроорганізми та ін. (Carlez, Veciana-Nogues, & Cheftel, 1995; Chriki, 2013; Ma, 2012; Marchetti, Andres, & Califano, 2014; Shao, Zou, Xu, Wu, & Zhou, 2011). Прискорення змін, які відбуваються при дозріванні м'яса, поліпшення його ніжності (Tokifuji, Matsushima, Nachisuka, & Yoshioka, 2013; Stone, Bleibaum, & Thomas, 2004), коагуляція м'ясних суспензій (Shao, Zou, Xu, Wu, & Zhou 2011), зростання пружності, колір і зміст міоглобіну у м'ясному фарші (Tokifuji, Matsushima, Nachisuka, & Yoshioka, 2013), викликані ВТ, застосовуються у технологіях м'ясної промисловості. Інтенсивно проводяться дослідження з визначення оптимальних умов обробки м'ясних продуктів тиском разом зі зміною температури. Співвідношення і динаміка зміни тиску і температури обумовлюється типом м'яса, вмістом у ньому білків, величиною рН, вмістом вільних солей (іонна сила витяжок, яка визначає стан сольово-гелевих систем) тощо (Tokifuji, Matsushima, Nachisuka, & Yoshioka, 2013; Villamonte, Simonin, Duranton, Cheret, & Lamballerie, 2013; Rodrigues, 2016).

Обробка м'ясних продуктів при тиску 540 МПа (52°C протягом 1 години) забезпечує його збереження без будь-яких ознак мікробіологічного забруднення при зберіганні протягом 3 місяців (Rodrigues, 2016).

Зі ступенем стиснення речовини тісно пов'язані зміни її властивостей. Основні характеристики речовини нелінійно залежать від постійної зміни її складу. Основні переваги використання ВТ полягають у тому, що відсутні теплові пошкодження, зберігається свіжість, запах, текстура і колір, активність основних вітамінів тощо (Grossi, Soltoft-Jennsen, Knudsen, Christensen, & Orlien, 2011).

Механізм впливу ВТ на мікроорганізми заснований на явищі деструкції мембран і клітинних стінок (Garriga, & Aymerich, 2009). Деструкція, в свою чергу, пояснюється зміною в клітинному обсязі і денатурацією протеїнів. Насамперед впливу піддаються найбільш слабкі зв'язки, до яких відносяться різного типу Ван дер Ваальсові взаємодії. У цьому основна відмінність «паскалізаційної» обробки від теплової. На відміну від теплової денатурації, коагуляція білків під тиском частково оборотна. На підставі даних по FT-IR-спектроскопії (ІЧ спектроскопія з Фур'є-перетворенням) було зроблено висновок про різного ступеня денатурацію білків у цих двох методах (Smeller, Gooseens, & Rubens, 1995). Денатурація білків може відбуватися і при зміні рН, іонної сили розчину і донорно-акцепторних взаємодій (Yametti, Transidisco, & Bonomi, 1997), не кажучи вже про температуру. У цих умовах також можуть виникати ефекти переорієнтації зв'язків, і, зокрема, послаблюватися Ван дер Ваальсові взаємодії. Внаслідок цього відбуваються глибокі зміни в структурі білків на різних ступенях їх організації (Hong, Kwan-Pyo & Park, Ji-Yong, 1998).

Однією із характерних властивостей впливу ВТ на структурну організацію білкових молекул є збільшення ступеня їх денатурації при такій тепловій дії,

яка сама по собі не викликає ніяких змін у структурі білка (Sukmanov, Khazipov, & Harkusha, 1999). Виходячи із загального уявлення про теплову денатурацію як про структурну дезорганізацію білкової молекули (яка призводить до її менш щільної упаковки, тобто збільшення молярного об'єму), підвищення тиску при постійній температурі зрушує рівновагу в тому напрямку, в якому реакція пов'язана зі зменшенням обсягу (Smeller, & Heremans, 1999). При зменшенні початкового молярного об'єму білкового молекулярного комплексу збільшення тиску все більше сприяє його денатурації (Smeller, & Heremans, 1999).

Відсутність помітного руйнування ковалентних зв'язків вигідно відрізняє обробку тиском від інших методів. Так, за даними роботи (Hayashy, Kawamura, & Nakasa, 1989), при тиску до 1000 МПа утворення і розриву ковалентних зв'язків не відбувається, тоді як при використанні теплової обробки і опромінення харчових продуктів погіршується якість їх компонентів та поживні властивості, утворюються токсичні речовини.

Узагальнення літературних відомостей про вплив ВТ на білки, що становлять 80 % сухих речовин м'язової тканини і визначають харчову цінність, фізико-хімічні показники, а також особливості їх змін при технологічній обробці, показало, що переважають відомості про основні білки: актин, міозин і актоміозин. При частковій денатурації міозину, зумовленій підвищенням тиску (як і при теплової денатурації), відбувається агрегація його молекул (Cheah, & Ledward, 1997). Збільшення тиску впливає також на в'язкість розчинів білків. Найбільшою мірою в'язкість збільшується при тиску 350–400 МПа. Зворотна залежність спостерігається в розчинах активованого актину: при тиску 400 МПа його в'язкість (вміст 1,14 мг/кг) зменшилася в 4 рази. Для розчинів актиноміозину зі збільшенням тиску в'язкість різко знижується вже при тиску 100 МПа, що було пояснено частковим розпадом його міозину і деполяризованого актину (Smeller, Rubens, & Heremans, 1999).

Обробка ВТ свіжого обробленого м'яса та м'ясних виробів призводить до зміни їх кольору, аналогічній із тепловою обробкою (Bak, Bolumar, Karlsson, Lindahl, & Orlien, (2017).

*Невирішені питання.* На жаль, до теперішнього часу відсутні дослідження, спрямовані на вивчення впливу параметрів процесу обробки ВТ на властивості ВК: мікробіологічні показники та термін зберігання, перетравлюваність продукту, його амінокислотний склад, аналіз структури ковбас, спектральні характеристики та органолептичні показники.

## **Мета і методи дослідження**

*Мета статті* – дослідження властивостей ВК, вироблених із використанням ВТ, як наукове обґрунтування технології ВК із використанням ВТ без їх теплової обробки.

*Методи дослідження.*

*Організація досліджень та експериментальне обладнання.* Зразки вареної ковбаси «Докторська» протягом 2-х годин після її виробництва відповідно до «Керівництва по експлуатації» на установку ВТ (Sukmanov, Garkusha, & Savutsky, 2001). герметично пакували у плівку целюлозну (харчовий целофан) (ГОСТ 7730-2002) і занурювали в робочу камеру установки з проміжною рідиною (дистильована

вода). Після обробки зразки виймали з упаковки і транспортували в термоконтейнерах у лабораторію для подальшого аналізу.

*Методика визначення перетравлюваності білків in vitro.* Визначення перетравлюваності білків *in vitro* проводили за стандартними методиками, які полягали у послідовному впливі на білкові речовини вареної ковбаси протеаз, що складаються з пепсину і трипсину, при видаленні зі сфери реакції продуктів гідролізу діалізом. Це дозволяє уникати пригнічення травних ферментів низькомолекулярними пептидами і вільними амінокислотами. Про ступінь перетравлюваності білків продукту судили із різниці між кількістю білка, взятого на перетравлення, і рештою протеїну після послідовної обробки зразка продукту пепсином і трипсином.

*Аналіз амінокислотного складу ковбаси, обробленої ВТ.* Амінокислотний склад аналізувався методом іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т 339 виробництва «Мікротехна» (Чехія).

*Дослідження бактеріологічних показників* – згідно з методиками (ГОСТ 9958-81, ГОСТ 10444.2, ГОСТ 10444.15 ГОСТ 29185).

*Аналіз структури зразків ковбаси, обробленої ВТ.* Візуальний аналіз структури досліджуваних зразків був виконаний методом їх мікрофотографування на поляризаційному мікроскопі Полам-Р-112 із параметрами: збільшення об'єктива – 60 і збільшення окуляра – 6,3. Для отримання комп'ютерного зображення було використано пристрій для оцифровки отриманого аналогового зображення з перехідним пристроєм.

*Методика дослідження спектральних характеристик ВК.* Дослідження оптичної щільності (спектри поглинання у видимій ділянці спектра) зразків ковбасного фаршу, оброблених ВТ, а також зразків, які пройшли технологічну операцію смаження, ковбаси та зразків готової вареної ковбаси «Докторська», проводили на однопроменевому спектрофотометрі із плоскою дифракційною решіткою PGS-2 (фірма «Carl Zeiss»). Об'єктами дослідження були: ковбасний фарш, зразок після проходження технологічної операції смаження ковбаси і зразки готової ВК. Всі зразки досліджувалися «до» і «після» їх обробки ВТ 850 МПа при температурі  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  і тривалості обробки 55 хвилин. Дані значення параметрів дозволяють отримати готову ВК із сирого фаршу без її термообробки, що було підтверджено величиною залишкової кількості кислій фосфатази у досліджуваних зразках.

*Методика одержання кількісної оцінки органолептичних властивостей.* Для кількісної оцінки властивостей досліджуваних зразків ВК була прийнята кваліметрична оцінка, за якої реальна значимість кожного одиничного показника в загальній сукупності оцінюється через коефіцієнти вагомості, для визначення яких був використаний метод Дельфі. Для проведення експертного опитування була сформована група з 9 фахівців, ступінь компетентності яких у питаннях оцінки якості ВК є близьким: технологи м'ясокомбінату, працівники лабораторії м'ясокомбінату, товаровознавці.

*Методика термообробки ВК за традиційною технологією.* Згідно з діючими нормативними документами.

*Методика обробки ковбаси ВТ.* Батони ковбаси проводилися з 10 %-м переповненням і використанням бар'єрної оболонки АМІФЛЕКС тип Т калібру 40 мм. Зміну калібру було продиктовано діаметром робочої камери установки ВТ (42 мм), в якій оброблялися зразки ковбаси. Обробка ВТ здійснювалася на експериментальній установці.

Зразки ковбаси обробляли тисками від 400 до 900 МПа з інтервалом у 100 МПа при температурі процесу  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Тривалість обробки відповідно до раніше отриманих результатів становила 55 хвилин. Повторність проведення дослідів – триразова; при цьому похибка вимірювань не перевищила 4 %.

*Характеристика об'єкта дослідження.* Об'єктом дослідження прийнята ковбаса варена вищого ґатунку «Докторська», вироблена згідно із ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хлібці м'ясні. Загальні технічні умови», а також ковбаса, отримана з використанням ВТ (параметри процесу: тиск – 850 МПа, тривалість обробки – 55 хвилин, температура процесу –  $20^\circ\text{C}$ ) замість варіння.

*Інформаційна база дослідження:* монографії, наукові статті, матеріали міжнародних конгресів та симпозіумів, науково-практичних конференцій, нормативно-технічна документація, патенти, авторські свідоцтва, статистичні дані.

### **Результати дослідження**

*Визначення раціональних параметрів процесу виробництва ковбаси (використання ВТ замість варіння) з метою збільшення термінів її зберігання.* Механізм дії ВТ на білок аналогічний механізму теплової обробки (варіння).

Якість виробленої ковбаси визначали насамперед її готовністю, а згодом уже бактеріологічною забрудненістю і органолептичними показниками.

При виборі параметрів процесу керувалися такими міркуваннями. Температура процесу  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  відповідає температурі у виробничих приміщеннях, що виключає необхідність додаткових енерговитрат на підігрів або охолодження продукту, що має відмінну від даної температуру. Тривалість процесу 55–60 хвилин була прийнята меншою, ніж тривалість варіння ковбаси при традиційній технології (80 хвилин), з економічних міркувань.

*Оцінка готовності ковбаси, обробленої ВТ із використанням показника «залишкова активність кислої фосфатази».* Ступінь готовності ковбас визначали за величиною залишкової активності кислої фосфатази (ГОСТ 23231-90). Метод заснований на фотометричному визначенні у продукті інтенсивності розвитку забарвлення, що залежить від залишкової активності кислої фосфатази, вираженої масовою часткою фенолу.

Графіки залежності кількості кислої фосфатази від величини тиску (при обробці ВТ) і температури (при варінні ковбаси в термокамері) представлені на рисунку 1.

Результати досліджень підтвердили, що обробка ВТ має інактивуючу дію на даний вид ферментів. Порівняльна оцінка отриманих результатів показала, що у міру підвищення як тиску, так і температури відбувається зниження залишкової кількості кислої фосфатази. При термообробці продукту залишкова кількість кислої фосфатази досягає свого порогового значення – готовність продукту (6 мг фенолу на 100 г продукту) при температурі  $68^\circ\text{C}$ . При обробці продукту ВТ залишкова кількість кислої фосфатази досягає свого порогового значення – готовність продукту (6 мг фенолу на 100 г продукту) при тиску 700 МПа. Однак, як показали подальші дослідження, кулінарна готовність вареної ковбаси при її обробці ВТ досягається лише при тиску 850 МПа. При такому значенні тиску кількість кислої фосфатази становитиме 5,4 мг фенолу на 100 г продукту.

Використання ВТ дозволяє усунути такий дефект, як бульйонно-жирові набряки, які призводять до зниження споживчих властивостей варених ковбас: неоднорідність фаршу всередині батона ковбаси при візуальному огляді і неоднорідність за смаком всередині батона.

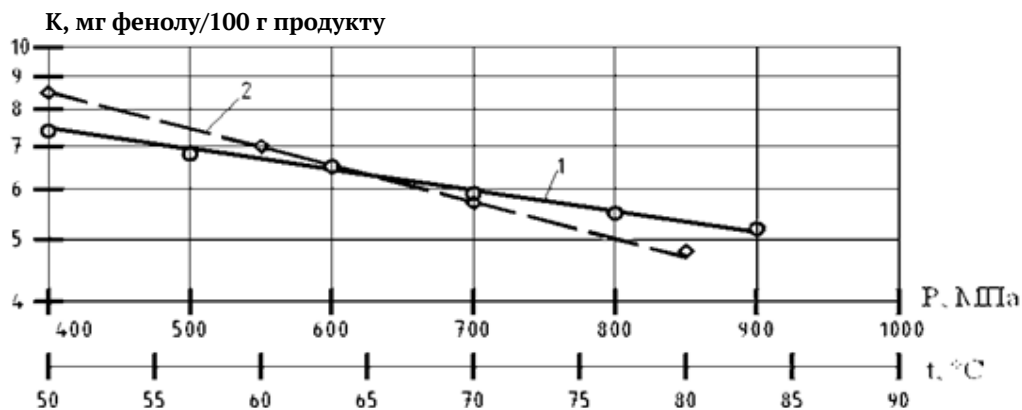


Рис. 1. Залежність кількості кислій фосфатази від величини тиску (1), від величини температури продукту (2)

Джерело: власна розробка

Fig. 1. Dependence of the amount of acid phosphatase on the value of pressure (1), on the value of product temperature (2)

Source: own development

При обробці ВТ він миттєво впливає на всі клітини продукту і не призводить до локальних незворотних змін харчових компонентів варених ковбас, що спостерігається при всіх видах традиційної теплової обробки.

Структура фаршу ВК є тонкодисперсною системою, в якій тверда дисперсна фаза складається з емульгованих частинок жиру, оточених розчинним міозимом, а також набряклих частинок м'язових і сполучних волокон різного розміру. Рідка фаза – дисперсне середовище – складається з розчинних білків, сполук органічного та неорганічного характеру і доданої при кутеруванні води. Вода, зв'язуючись із білками, утворює гель або матрицю, в якій утримуються частинки дисперсної фази. Після термообробки в результаті денатурації білків утворюється безперервний просторовий каркас, що надає твердість і монолітність продукту. У формуванні гелевої матриці і білково-жирової емульсії визначальну роль відіграють міофібрилярні білки.

Обробка ВТ ВК призводить до рівномірного розподілу білково-жирової емульсії всередині батона ковбаси, що усуває бульйонно-жировий набряк. Залежно від сорту ВК параметри процесу, що забезпечують усунення бульйонно-жирового набряку, такі: температура 20–22°C, тиск 800–850 МПа.

Визначення мікробіологічних і органолептичних показників ковбаси, виробленої із застосуванням ВТ. Мікробіологічному аналізу були піддані зразки ковбаси, виробленої із застосуванням ВТ (тиск – 850 МПа, температура – 20°C, тривалість обробки – 55 хвилин) без її варіння.



Контрольними бактеріологічними показниками, згідно із ДСТУ 4436:2005 і ГОСТ 9958-81, прийняті: кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів; сульфїтредукуючі клостридії; бактерії групи кишкових паличок (коліформи); патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Сальмонела; *S. aureus*. Параметри процесу обробки і результати бактеріологічних аналізів наведені в таблиці 1.

Табл. 1. Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО, в 1 г продукту при його обробці ВТ (\* 10<sup>3</sup>)

Tabl. 1. The number of mesophilic aerobic and extra-anaerobic microorganisms, CFU, in 1g. product at its processing HP (\* 10<sup>3</sup>)

Тривалість збереження	Контроль	Тиск обробки ковбас ВТ при тривалості обробки 55 хвилин			
		P = 700 МПа	P = 750 МПа	P = 800 МПа	P = 850 МПа
2 доби	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
4 доби	3,0	1,5	1,0	0,5	0,5
6 діб	8,5	1,5	1,0	0,8	0,8
8 діб	Ползучий ріст	1,5	1,5	1,0	0,8
10 діб	Ползучий ріст	2,0	1,5	1,0	1,0

Джерело: власна розробка  
 Source: own development

Аналіз результатів свідчить, що кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО, в 1 г продукту при його обробці ВТ 700 МПа забезпечує мікробіологічну стерильність до 4 діб; при тиску 750 МПа забезпечується стерильність до 8 діб; при тиску 800 і 850 МПа продукт придатний до вживання до 10 діб.

Аналіз результатів органолептичної оцінки досліджуваних зразків згідно із ДСТУ 4436:2005, наведених у таблиці 2.2, показує, що зразки, оброблені тиском 700 і 750 МПа, не придатні до вживання вже на 4 і 6 добу відповідно; зразки, оброблені тиском 800 і 850 МПа, на 10 добу їх зберігання отримали досить високі показники.

Лабораторні дослідження інших бактеріологічних показників, які регламентуються ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хлібці м'ясні. Загальні технічні умови», показали, що у всіх зразках, оброблених ВТ, вони не виявлені на 10 добу; в контрольному зразку вони були зареєстровані на 8 добу їх зберігання.

Незважаючи на те, що обробка ковбаси ВТ 700 МПа забезпечує її готовність за показником «залишкова активність кислої фосфатази», не забезпечується так звана «кулінарна готовність» продукту, яка досягається тільки після обробки ковбаси ВТ 850 МПа.

Таким чином, комплексний аналіз готовності ковбаси, обробленої ВТ, із використанням показника «залишкова активність кислої фосфатази», бактеріологічних і органолептичних досліджень дозволяє зробити висновок, що обробка ВТ тиском 850 МПа при тривалості обробки 55 хв і температурі процесу 20°C доз-

воляє виключити з технологічного процесу такий етап, як її варіння. При цьому збільшити термін її зберігання до 10 діб; усувається бульйонно-жировий набряк, поліпшуються органолептичні показники ковбаси.

Табл. 2. Результати органолептичної оцінки зразків ВК, обробленої ВТ  
Tabl. 2. Results of organoleptic assessment of samples of boiled sausage processed by HP

Термін зберігання	Контроль	Параметри процесу обробки ковбас ВТ при тривалості обробки 55 хвилин			
		P = 700 МПа	P = 750 МПа	P = 800 МПа	P = 850 МПа
2 доби	4,8	2,9	3,9	4,8	5,0
4 доби	4,0	Не придатна до споживання	2,6	4,6	4,8
6 діб	3,5		Не придатна до споживання	4,4	4,6
8 діб	Не придатна до споживання			4,1	4,4
10 діб				4,0	4,2

Джерело: власна розробка  
Source: own development

Результати дослідження перетравлюваності білків *in vitro*. Порівняльна оцінка перетравлюваності білків ВК, отриманої як за класичною технологією з використанням теплової її обробки (варіння), так і з використанням ВТ, є важливою характеристикою харчової цінності продукту.

Аналіз результатів дослідження перетравлюваності білків *in vitro* ВК, що пройшла теплову обробку, і обробленої тиском свідчить (рис. 2) у початковий момент часу перетравлюваність білків у зразків, що пройшли теплову обробку, становить 25 %, тоді як у зразків, оброблених тиском, даний показник 30 %; динаміка перетравлюваності білків *in vitro* у зразків, оброблених ВТ, більш сприятлива, продукт не застоюється, процес перетравлення йде рівномірно; динаміка перетравлюваності білків *in vitro* у зразків, що пройшли теплову обробку, має більш застійний характер; інтенсивне перетравлення настає через 5 годин після прийому їжі; через 6 годин показник перетравлюваності білків *in vitro* у зразків, оброблених ВТ, становить 90 %, а зразків, що пройшли теплову обробку, – 80 %. Таким чином, вдосконалення технологічного процесу виробництва ВК – заміна етапу варіння ковбас (теплова обробка) на обробку ВТ – сприяє підвищенню перетравлюваності білків *in vitro*.

Амінокислотний склад ВК, обробленої ВТ. Якість білка ВК, як і інших продуктів харчування, визначається насамперед набором і кількістю утилізованих амінокислот. Практично всі амінокислоти, які всмоктуються і утилізуються організмом, можуть бути позначені як «доступні». На доступність амінокислот впливає ряд факторів, головним чином завдяки їх неповній перетравлюваності. Існує багато причин неповного перетравлення білка. Головною причиною всіх видів зниження доступності амінокислот є надмірна теплова обробка білків у процесі приготування. Помірна теплова обробка покращує перетравлюваність шляхом денатура-

ції нативних білків і інактивації деяких інгібіторів протеаз. Сильне пошкодження виникає при більш високих температурах, особливо при їх тривалому впливі, коли може спостерігатися взаємодія між функціональними групами білка та іншими компонентами, редуруючими цукрами, жирами тощо. Аналіз отриманих результатів (табл. 3) показує, що теплова обробка призводить до суттєвих змін як за кількістю окремих видів замісних і незамінних амінокислот, так і за їх сумарною величиною. При цьому сумарна кількість замісних амінокислот більшою мірою змінюється в порівнянні із сумарним вмістом незамінних амінокислот. Дана обставина пов'язана з гідролізом білків до низькомолекулярних сполук.

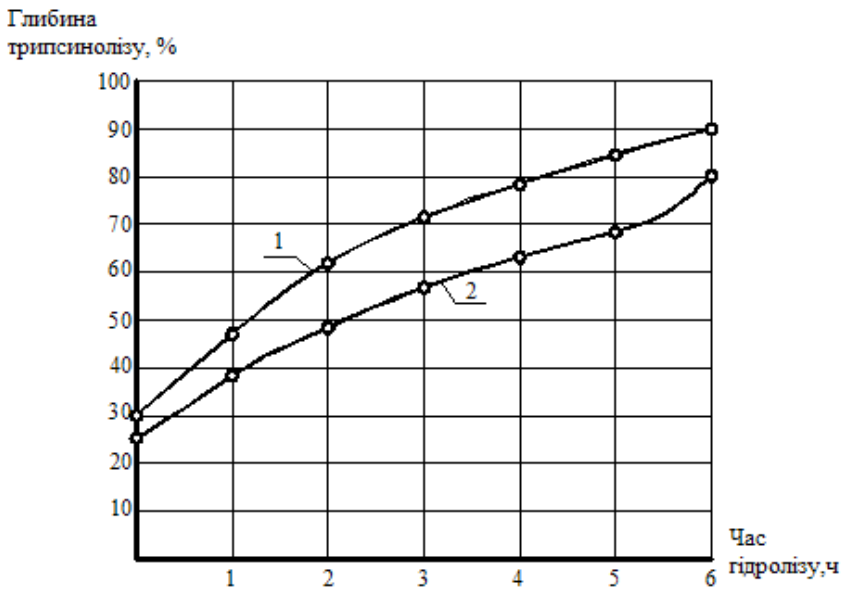


Рис. 2. Перетравлюваність *in vitro* у зразків, оброблених ВТ (1), і зразків, що пройшли теплову обробку (2)  
Джерело: власна розробка

Fig. 2. *In vitro* transformation in samples treated with HP (1) and heat-treated specimens (2)  
Source: own development

Порівняння результатів амінокислотного складу сирого фаршу і зразків ковбаси, обробленої ВТ, показує, що ВТ не робить істотного впливу на кількість окремих амінокислот і їх сумарне значення. Дана обставина може бути пояснена тим, що при обробці тиском, можливо, не спостерігається розриву ковалентних зв'язків білкових структур.

Інтерес представляє порівняння біологічної цінності ВК, отриманих як за традиційною технологією (теплова обробка), так і з використанням ВТ, із використанням амінокислотного (хімічного) скору. Визначення лімітуючих амінокислот і ступінь їх нестачі полягали в порівнянні процентного вмісту амінокислот у досліджуваному білку і в такій же кількості умовного «ідеального» білка, тобто білка, що повністю задовольняє потреби організму.

Табл. 3. Амінокислотний склад досліджуваних зразків ВК  
Tabl. 3. Amino acid composition of the studied samples of boiled sausage

Найменування амінокислоти	Вміст амінокислот у досліджуваних зразках, г на 100 г продукту					
	Ковбасний фарш	Ковбаса після смаження	Варена ковбаса	Ковбаса, оброблена тиском		
				300 МПа	600 МПа	900 МПа
<i>Незамінні амінокислоти</i>						
Валін	6,15±0,05	6,30±0,04	6,72±0,05	6,29±0,04	6,19±0,04	6,07±0,06
Ізолейцин	4,81±0,04	4,91±0,03	5,47±0,04	4,79±0,03	4,89±0,05	4,65±0,04
Лейцин	8,39±0,02	8,51±0,04	9,13±0,04	8,37±0,03	8,49±0,04	8,34±0,06
Лізин	8,40±0,05	8,42±0,04	9,45±0,06	8,47±0,04	8,39±0,03	8,49±0,03
Метіонін	1,41±0,03	1,43±0,02	1,77±0,03	1,67±0,01	1,57±0,03	1,77±0,02
Треонін	4,62±0,04	4,70±0,03	5,29±0,04	4,58±0,03	4,61±0,02	4,63±0,02
Триптофан	1,33±0,02	1,36±0,02	1,51±0,02	1,20±0,02	1,32±0,01	1,31±0,01
Фенілаланін	4,32±0,03	4,35±0,03	5,08±0,04	4,31±0,03	4,38±0,02	3,29±0,02
Сумарне значення	39,43	39,98	44,42	39,68	39,84	38,55
<i>Замінні амінокислоти</i>						
Аланін	8,04±0,03	8,05±0,03	8,08±0,02	8,03±0,03	8,11±0,02	8,04±0,03
Аргінін	6,11±0,03	6,52±0,02	7,05±0,02	6,12±0,03	6,09±0,02	6,06±0,03
Аспарагінова кислота	9,67±0,05	9,87±0,05	10,18±0,06	8,35±0,06	8,29±0,05	8,25±0,05
Гістидин	3,31±0,04	2,79±0,04	3,18±0,05	3,40±0,04	3,51±0,03	3,43±0,04
Гліцин	6,87±0,05	7,31±0,05	7,68±0,06	7,67±0,05	7,77±0,05	7,65±0,06
Глутамінова кислота	15,49±0,12	16,59±0,13	20,66±0,12	16,38±0,13	16,57±0,11	16,19±0,11
Оксипролін	1,45±0,03	1,70±0,03	1,83±0,02	1,64±0,03	1,69±0,04	1,66±0,02
Пролін	5,43±0,05	5,64±0,05	5,95±0,04	5,48±0,05	5,51±0,04	5,49±0,04
Серин	3,89±0,03	4,22±0,04	4,74±0,03	4,08±0,03	4,09±0,03	4,10±0,03
Тирозин	3,29±0,04	3,39±0,03	3,73±0,03	3,31±0,04	3,34±0,04	3,30±0,02
Цистин	0,70±0,02	0,73±0,02	0,79±0,02	0,71±0,02	0,73±0,03	0,79±0,01
Сумарне значення	64,25	66,87	73,87	65,17	65,70	65,16
Загальна кількість амінокислот	103,68	106,85	118,29	104,85	105,54	103,55

Джерело: власна розробка  
Source: own development

Лімітуючою амінокислотою є метіонін + цистин, скор дорівнює 73 %. Слід зазначити, що скор як у ковбаси, обробленої ВТ, так і у контрольного зразка (теплова обробка) не змінюється, однак незбалансованість визначаючої амінокислоти нижче, ніж у контрольного зразка. Результати досліджень представлені в таблиці 4.

Табл. 4. Визначення амінокислотного скору зразків  
Tabl. 4. Determination of amino acid samples

Незамінні амінокислоти	В ідеальному білку, г/100 г	У ВК		У ковбасі, обробленій ВТ (900 МПа, 50 хв)	
		К-ть	Скор	К-ть	Скор
Ізолейцин	4,0	547	122	465	116
Лейцин	7,0	913	130	834	119
Лізин	5,5	842	153	849	154
Метіонін + цистин	3,5	256	73	216	73
Фенілаланін + Тирозин	6,0	761	126	659	109
Треонін	4,0	529	132	463	115
Триптофан	1,0	151	151	131	131
Валін	5,0	672	134	607	121

Джерело: власна розробка  
Source: own development

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлено, що обробка ковбаси ВТ замість теплової обробки (варіння) не призводить до погіршення амінокислотного складу варених ковбас; у ковбас, отриманих із використанням ВТ, має місце більш сприятливе значення незбалансованості амінокислотного складу продукту.

*Мікроскопічний аналіз структури зразків ковбаси, обробленої ВТ.* Однією з найважливіших структурно-механічних характеристик ковбасного фаршу і готових варених ковбас є розмір і взаємне розташування частинок, що визначають структуру фаршу.

Ковбасний фарш має багатокомпонентний склад і значну деструкцію інгредієнтів сировини, що обумовлюють високу чутливість процесу формування структури за технологічними параметрами процесу обробки.

Фарш ВК отримують у результаті повного руйнування м'язової тканини. Ковбасний фарш є трифазною системою, в агрегатному стані фаз він має рідке дисперсне середовище і тверду дисперсну фазу, а також насичений бульбашками повітря. Фарш належить до пов'язано-дисперсних структур, в яких дисперсне середовище структурно закріплене і не може вільно переміщатися. Розмір частинок є основною кількісною характеристикою дисперсності, оскільки значення їх величин тісно пов'язане з показниками якості продукту. Навіть при постійній концентрації фази розміри частинок впливають на стан системи, її міцність і в'язкість. Обробка ковбасного фаршу і ковбас ВТ призводить до зміцнення зв'язків між частинками, тобто енергія тиску збільшує міцність структури продукту.

Структура фаршу ВК є тонкодисперсною системою, в якій тверда дисперсна фаза складається з емульгованих частинок жиру, оточених розчинним міозимом, а також набряклих частинок м'язових і сполучних волокон різного розміру. Рідка фаза – дисперсне середовище – складається з розчинних білків, сполук органічного та неорганічного характеру і доданої при кутеруванні води. Вода, зв'язуючись із білками, утворює гель або матрицю, в якій утримуються частинки дисперсної фази. Після термообробки в результаті денатурації білків утворюється безперервний просторовий каркас, що надає твердість і монолітність продукту. У формуванні гелевої матриці і білково-жирової емульсії визначальну роль відіграють міофібрилярні білки. Порушення конформаційного стану білків, а також

їх дефіцит у фаршеві системі призводять до появи бульйонно-жирових патьоків – стікання і застигання бульйонно-жирової суміші під ковбасною оболонкою в певному місці.

Даний дефект призводить до зниження споживчих властивостей ВК: неоднорідність фаршу всередині батона ковбаси при візуальному огляді і неоднорідність за смаком всередині батона.

Мікрофотографії зрізів зразків ковбаси (рис. 3) показали, що ВТ покращує структуру ковбаси на всіх стадіях її виробництва (обробка сирого ковбасного фаршу; фаршу після стадії смаження; готової ВК), підвищує її однорідність як за розміром частинок, так і за щільністю батона, усуває бульйонно-жирові набряки.

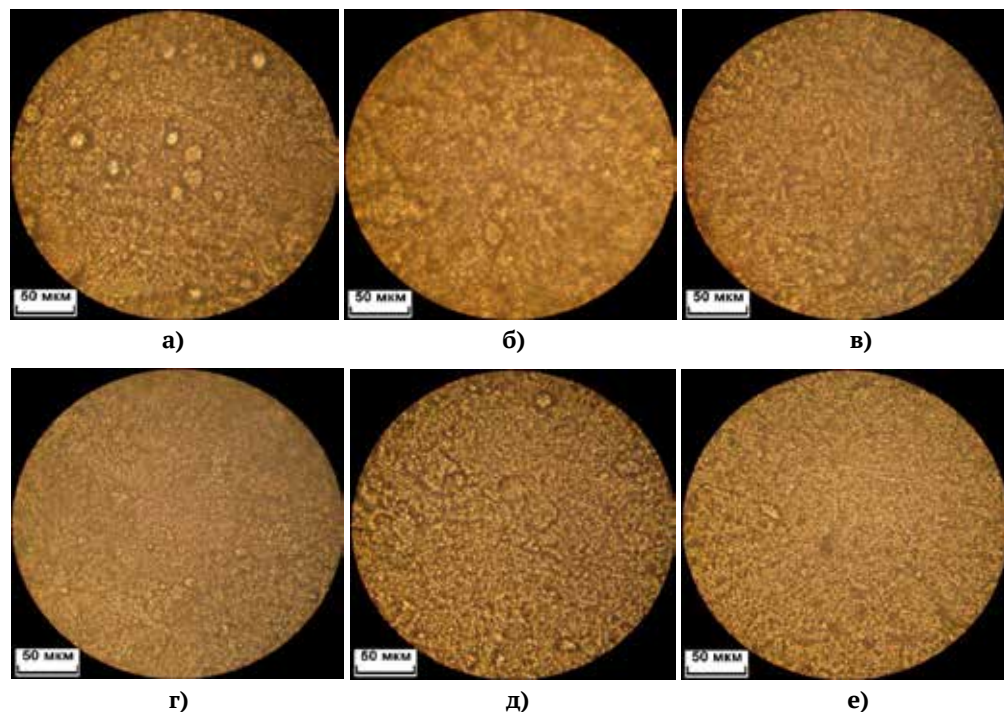


Рис. 3. Мікрофотографії зрізів зразків ковбаси:

а – сирий ковбасний фарш до обробки ВТ; б – сирий ковбасний фарш після обробки ВТ;  
в – смажений ковбасний фарш до обробки ВТ; г – смажений ковбасний фарш після  
обробки ВТ; д – ВК до обробки ВТ; е – ВК після її обробки ВТ

Джерело: власна розробка

Fig. 3. Microphotographs of sections of sausages samples:

а – raw sausage minced meat before processing HP; б – raw sausage minced meat after  
processing of HP; в – roasted sausage minced meat before processing of HP; г – roasted  
sausage minced meat after processing of HP; д – sausages before processing HP; е – cooked  
sausage after it is processed by HP

Source: own development

Спектральні характеристики ВК, оброблених ВТ. Оптична щільність сирого ковбасного фаршу, обробленого тиском 850 МПа, і контрольного зразка наведе-

ні на рис. 4; оптична щільність смаженого ковбасного фаршу, обробленого тиском 850 МПа, і контрольного зразка наведені на рис. 5 та оптична щільність вареного ковбасного фаршу, обробленого тиском 850 МПа, і контрольного зразка – на рис. 6.

У результаті опису спектрів поглинання ковбасного фаршу, смаженої і вареної ковбаси встановлено, що у спектрі необробленого сирого ковбасного фаршу (контрольний зразок) видно 4 смуги поглинання з довжинами хвиль 366, 418, 542 і 578 нм. Після обробки тиском 850 МПа у спектрі обробленого сирого ковбасного фаршу спостерігаються смуги 372, 408, 516 і 630 нм.

У спектрі необробленого смаженого ковбасного фаршу (контрольний зразок) видно 3 смуги поглинання з довжиною хвиль 410, 542 і 578 нм. Після обробки тиском 850 МПа у спектрі обробленого смаженого ковбасного фаршу спостерігаються смуги 408, 516 і 630 нм.

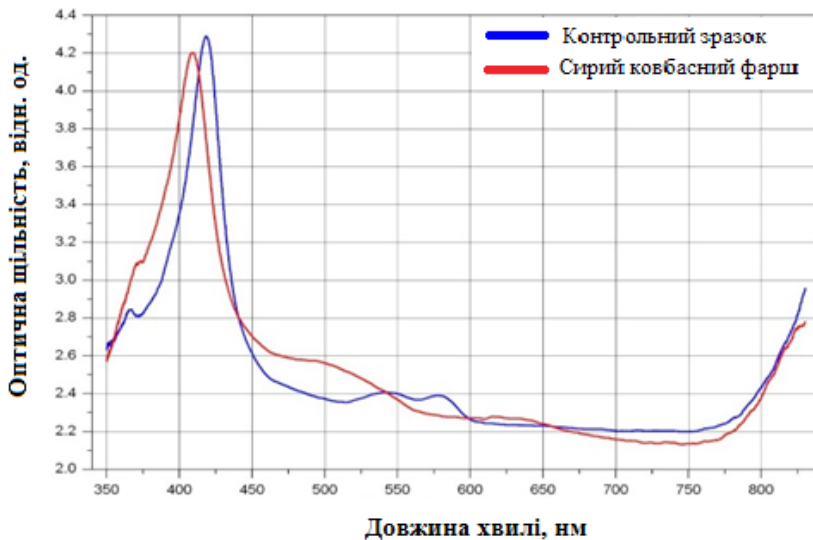


Рис. 4. Оптична щільність сирого ковбасного фаршу, обробленого тиском 850 МПа, і контрольного зразка  
Джерело: власна розробка

Fig. 4. Optical density of raw sausage stuffed with pressure of 850 MPa and control sample  
Source: own development

У спектрі необробленого вареного ковбасного фаршу (контрольний зразок) видно 3 смуги поглинання з довжиною хвиль 408, 516 і 630 нм. Після обробки тиском 850 МПа у спектрі обробленого вареного ковбасного фаршу спостерігаються смуги 408, 516 і 630 нм.

Аналіз спектрів поглинання досліджуваних зразків дозволив нам прийти до наступних висновків: оброблений тиском 850 МПа сирий ковбасний фарш переходить у стан вареного ковбасного фаршу; оброблений тиском 850 МПа смажений ковбасний фарш так само переходить у стан вареного ковбасного фаршу; обробка вареного ковбасного фаршу тиском 850 МПа практично не змінює його спектральних властивостей; смажений ковбасний фарш є перехідним станом від сирого до вареного.

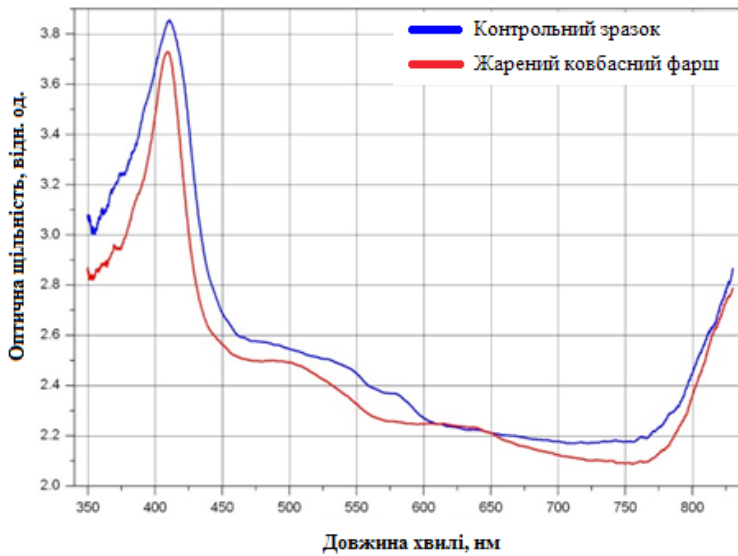


Рис. 5. Оптична щільність смаженого ковбасного фаршу, обробленого тиском 850 МПа, і контрольного зразка  
Джерело: власна розробка

Fig. 5. Optical density of fried sausage stuffed with 850 MPa and control sample  
Source: own development

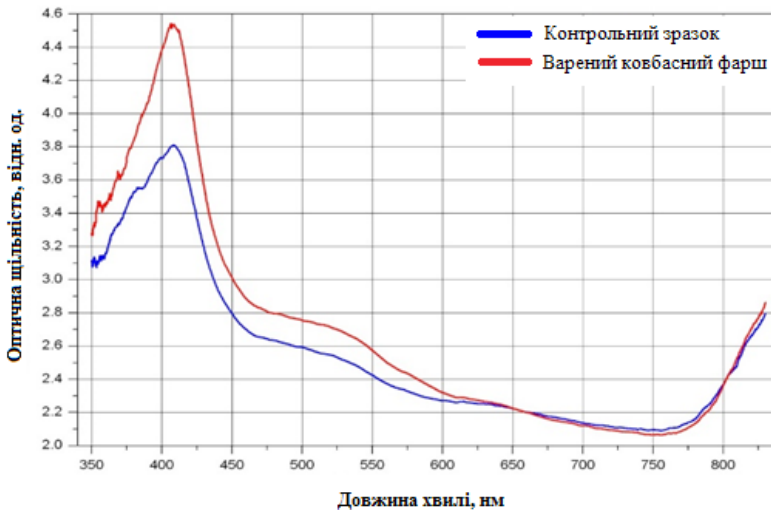


Рис. 6. Оптична щільність вареного ковбасного фаршу, обробленого тиском 850 МПа, і контрольного зразка  
Джерело: власна розробка

Fig. 6. Optical density of boiled sausage stuffed with the pressure of 850 MPa and the control sample  
Source: own development



Таким чином, згідно зі спектральними характеристиками досліджуваних зразків, обробка ковбасного фаршу тиском 850 МПа при температурі  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  і тривалістю 55 хвилин дозволяє отримати готовий продукт без його теплової обробки.

Обробка ВТ 850 МПа сирого і смаженого ковбасного фаршу переводить їх у стан вареного ковбасного фаршу; обробка вареного ковбасного фаршу тиском 850 МПа практично не змінює його спектральних властивостей.

У спектрі необробленого вареного ковбасного фаршу (контрольний зразок) спостерігаються 3 смуги поглинання із довжиною хвилі 408, 516 та 630 нм. Після обробки тиском 850 МПа у спектрі обробленого вареного ковбасного фаршу спостерігаються смуги 408, 516 та 630 нм.

*Органолептична оцінка якості ВК, вироблених із використанням ВТ.* Використання нових технологій, таких як ВТ, у виробництві варених ковбас призводить до зміни цілого ряду показників, що характеризують їх якість. Заміна такого технологічного етапу в процесі виробництва ВК, як варіння в термокамері, на обробку ВТ дозволило отримати готову продукцію з меншими енерговитратами на її виробництво і поліпшеними якісними показниками: термін зберігання варених ковбас збільшений із 72 годин до 10 діб; поліпшена консистенція продукту; усунуті бульйонно-жирові набряки; підвищене значення перетравлюваності білків *in vitro*, тобто ВК, оброблена ВТ, більшою мірою піддається впливу травних ферментів, ніж термооброблена ковбаса.

*Кількісна оцінка якості.* З метою проведення порівняльної кількісної оцінки якості ВК, виробленої як за традиційною технологією (варіння), так і з використанням ВТ без теплової обробки (варіння), був проведений комплекс заходів, що включають органолептичну оцінку показників якості ВК, вироблених як із використанням ВТ, так і за традиційною технологією (контрольний зразок), і побудову профілограми якості для досліджуваних зразків ковбас.

Для проведення опитування була сформована ієрархічна структура оцінюваних органолептичних властивостей та коефіцієнтів вагомості одиничних органолептичних показників якості ВК, які були внесені в анкету експерта.

Виконаний статистичний аналіз результатів анкетування з використанням коефіцієнта конкордації *W* показав, що оцінки експертів підпорядковуються нормальному розподілу, та підтвердив достовірність даних значень коефіцієнтів вагомості.

Як еталонний об'єкт для порівняння була використана варена ковбаса «Докторська», вироблена відповідно до ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хлібці м'ясні. Загальні технічні умови» через 2 години після її виробництва.

З огляду на ту обставину, що термін придатності ВК, оброблених ВТ, може бути збільшений до 10 діб, представляло інтерес дослідження зміни у вигляді як окремих, так і узагальнених показників якості в процесі зберігання. З цією метою експертні оцінки органолептичних показників проводили безпосередньо після її виробництва; через 72 години (3 доби), що передбачено вимогами ГОСТ 23670 і відповідає рекомендованому терміну зберігання ВК, виробленої за традиційною технологією, і через 144 години (6 діб), і через 8 діб. Всі оцінювані зразки зберігалися при температурі  $4 \pm 0,5^\circ\text{C}$  і відносній вологості повітря 75–78 %.

За результатами експертних опитувань були побудовані органолептичні профілі показників (профілограми) якості ВК, обробленої ВТ (зразки Б, Г, Е), і виробленої за традиційною технологією (зразки А, В, Г) у процесі їх зберігання. Кількіс-

ною оцінкою у вигляді окремих і узагальнених показників якості досліджуваних зразків був прийнятий відносний коефіцієнт використання площі профілограм:

$$K = \sum S_{ij} / S_{\text{повн.}} \quad (1)$$

де  $\sum S_{ij}$  – сума площин профілограм, відповідних середньоарифметичній оцінці  $i$ -го показника, що має  $j$ -й коефіцієнт вагомості;  $S_{\text{повн.}}$  – повна площа профілограми.

Аналіз результатів експертного опитування і профілограм на рис. 7 показує, що зразки ковбаси, виробленої за традиційною технологією, через 144 години (зразки Д,  $K = 69,152$ ) після її виробництва вже непридатні до вживання: спостерігаються істотні зміни смаку, запаху і кольору. Зразки ВК, виробленої з використанням ВТ, при тій же тривалості зберігання отримали у експертів досить високу оцінку ( $K = 84,036$ ), що практично відповідає якості свіжої ВК ( $K = 85,898$ ).

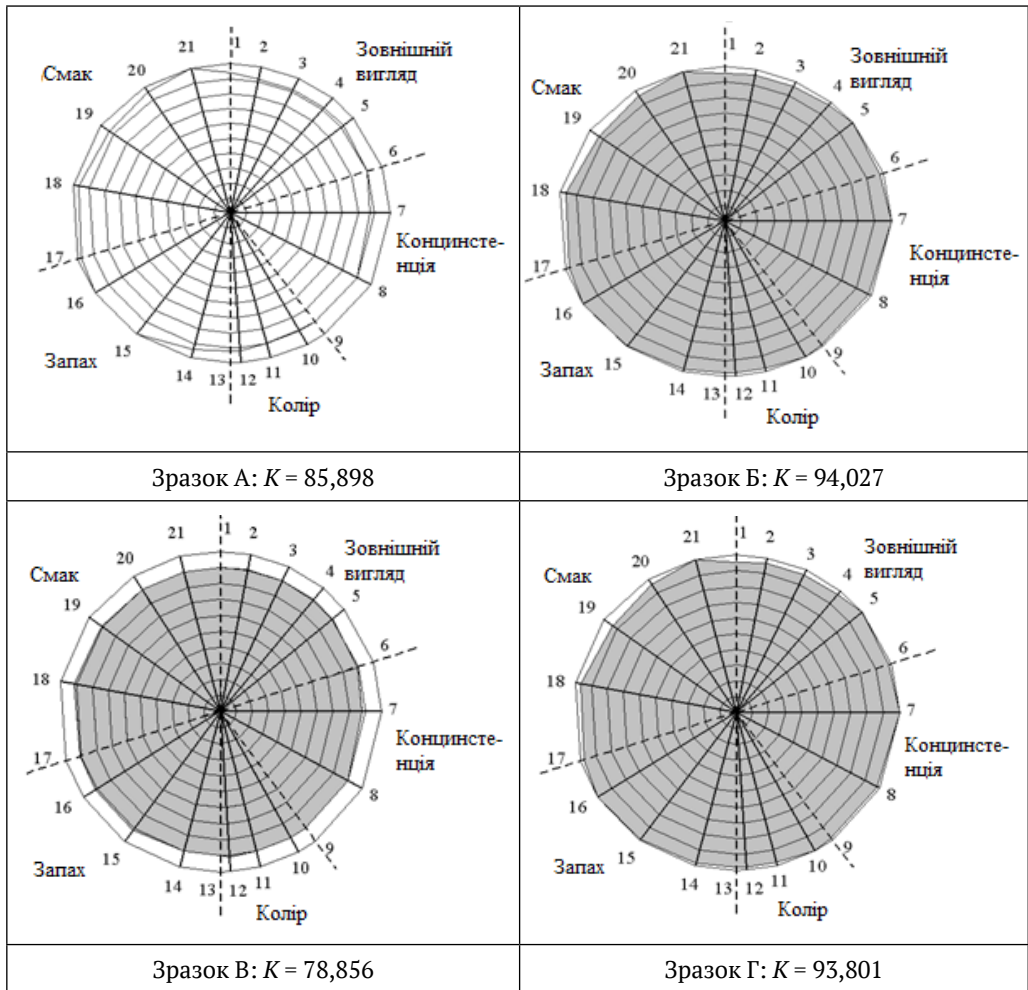


Рис. 7.

Fig. 7.

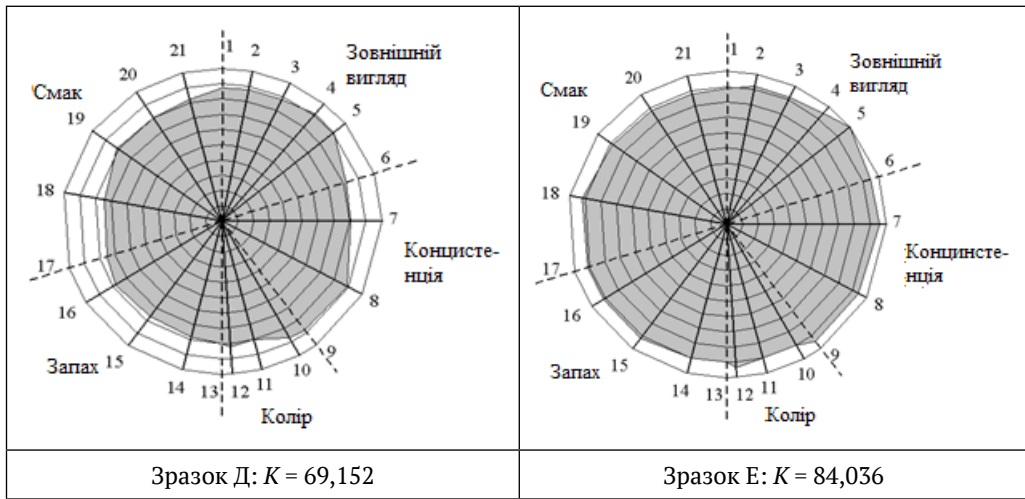


Рис. 7. Органолептичні профілі показників (профілограми) якості вареної ковбаси, обробленої ВТ (Б, Г, Е), і виробленої за традиційною технологією (А, В, Д) у процесі її зберігання: А, Б – через 2 години після її виробництва, В, Г – через 72 години і Д, Е – через 144 години після її виробництва  
 Джерело: власна розробка

Fig. 7. Organoleptic profiles of the characteristics (profilograms) of cooked sausage processed by HP (B, G, E) and produced by traditional technology (A, B, D) during storage: A, B – 2 hours after their production, B, G – after 72 hours and D, E – in 144 hours after their production  
 Source: own development

Обробка ВК ВТ замість теплової обробки (варіння) не призводить до погіршення їх амінокислотного складу; у ВК, отриманої із використанням ВТ, має місце більш сприятливе значення незбалансованості амінокислотного складу продукту.

Мікрофотографії зрізів зразків ковбаси, виробленої за традиційною технологією і за технологією з використанням ВТ, показали, що ВТ покращує структуру ковбаси на всіх стадіях її виробництва (обробка сирого ковбасного фаршу; фаршу після стадії смаження; готової ВК), підвищує її однорідність як за розміром частинок, так і за щільністю батона, усуває бульйонно-жирові набряки.

Аналіз спектрів поглинання досліджуваних зразків ВК показав, що оброблений тиском 850 МПа сирий ковбасний фарш і смажений ковбасний фарш переходять у стан вареного ковбасного фаршу; обробка вареного ковбасного фаршу тиском 850 МПа практично не змінює його спектральних властивостей. Таким чином, згідно зі спектральними характеристиками досліджуваних зразків, обробка ковбасного фаршу тиском 850 МПа при температурі  $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  і тривалості обробки 55 хвилин дозволяє отримати готовий продукт без його теплової обробки.

Профілограми якості ВК показали, що вдосконалення процесу їх виробництва (заміна технологічного етапу варіння в термокамері на обробку ВТ) не тільки збільшує термін зберігання ковбас із 3 до 10 діб і покращує їх технологічні

і структурно-механічні властивості, але і покращує їх органолептичні властивості (зовнішній вигляд, консистенція, колір, запах, смак).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні доцільності впровадження технології ВК із використанням ВТ.

Практичне значення одержаних результатів полягає в одержанні технологічних параметрів процесу обробки ВК ВТ.

Перспективи подальших наукових досліджень полягають у вивченні процесу обробки ВК ВТ при виробництві інших видів ковбасної продукції.

## REFERENCES

---

- Aertsen, A., Meersman, F., Hendrickx, M.E.G., Vogel, R.F., & Michiels, C.W. (2009). Biotechnology under high pressure: applications and implications. *Trends in Biotechnology*, 27 (7), 434-441 [in English].
- Atsushi, S., Ken, K., Hiroyuki, T., Tadayuki, N., & Yoshihide, I. (2006). Application of high hydrostatic pressure to meat and meat processing. In Nollet, L.M.L., & Toldra, F. (Eds.), *Advanced technologies for meat processing*. Boca Raton: CRC Press [in English].
- Bajovic, B., Bolumar, T., & Heinz, V. (2012). Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Science*, 92, 280-289 [in English].
- Bak, K.H., Bolumar, T., Karlsson, A.H., Lindahl, G., & Orlien, V. (2017, August 28). Effect of high pressure treatment on the color of fresh and processed meats. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-25 [in English].
- Bak, K.H., Lindahl, G., Karlsson, A.H., Lloret, E., Ferrini, G., Arnau, J., & Orlien, V. (2012). High pressure effect on the color of minced cured restructured ham at different levels of drying, pH, and NaCl. *Meat Science*, 90(3), 690-696 [in English].
- Bak, K.H., Thulstrup, P.W., & Orlien, V. (2014). Spectroscopic studies on the effect of high pressure treatment on the soluble protein fraction of porcine longissimus dorsi. *Food Chemistry*, 148(1), 120-123 [in English].
- Bertram, H.C., Whittaker, A.K., Shorthose, W.R., Andersen, H.J., & Karlsson, A.H. (2004). Water characteristics in cooked beef as influenced by ageing and high-pressure treatment-an NMR micro imaging study. *Meat Science*, 66(2), 301-306 [in English].
- Buckow, R., Sikes, A., & Tume, R. (2013). Effect of high pressure on physicochemical properties of meat. *Food Science and Nutrition*, 53, 770-786 [in English].
- Carlez, A., Veciana-Nogues, T., & Cheftel, J.-C. (1995). Changes in colour and myoglobin of minced beef meat due to high pressure processing. *Lebensmittelwissenschaft und Technologie*, 28(5), 528-538 [in English].
- Chatton, U., Apichartsrangkoon, A., & Bell, A. (2007). Effects of hydrocolloid addition and high pressure processing on the rheological properties and microstructure of a commercial ostrich meat product "Yor" Thai sausage. *Meat Science*, 76(3), 548-554 [in English].
- Cheah, P.B., & Ledward, D.A. (1997). High pressure effects on lipid oxidation in minced pork. *Meat Science*, 45, 411-418 [in English].
- Chriki, S., Renand, G., Picard, B., Micol, D., Journaux, L., & Hocquette, J.F. (2013). Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science*. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.04.009> [in English].
- Garriga, M., & Aymerich, T. (2009). Advanced decontamination technologies: High hydrostatic pressure on meat products. In F. Toldra (Ed.), *Safety of meat and processed meat* (pp. 183-208). New York: Springer [in English].

- Grossi, A., Soltoft-Jennsen, J., Knudsen, J.C., Christensen, M., & Orlien, V. (2011). Synergistic co-operation of high pressure and carrot dietary fibre on texture and colour of pork sausages. *Meat Science*, 89, 195-201 [in English].
- Hayashy, R., Kawamura, Y., & Nakasa, T. (1989). Application of high pressure to food processing: pressurization of egg white and yolk, and properties of gels formed. *Agricultural and Biological Chemistry*, 53, 2935-2939 [in English].
- Hong, Kwan-Pyo & Park, Ji-Yong. (1998). Changes in microorganisms, enzymes and texture of dongchimi by high hydrostatic pressure treatment. *The Korean Journal of Food Science and Technology*, 30, 3, 596-601 [in English].
- Iwasaki, T., Noshiroya, K., Saitoh, N., Okano, K., & Yamamoto, K. (2006). Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty. *Food Chemistry*, 95(3), 474-483 [in English].
- Khan, M.A., Ali, S., Abid, M., Cao, J.X., Jabbar, S., Tume, R.K., & Zhou, G.H. (2014). Improved duck meat quality by application of high pressure and heat: A study of water mobility and compartmentalization, protein denaturation and textural properties. *Food Research International*, 62, 926-933 [in English].
- Ma, F., Chen, C.G., Sun, G.J., Wang, W., Fang, H.M., & Han, Z. (2012). Effects of high pressure and CaCl<sub>2</sub> on properties of salt-soluble meat protein gels containing locust bean gum. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 14, 31-37 [in English].
- Mandava, R., Fernandez, L., & Juillerat, M. (1994). Effect of high hydrostatic pressure on sausage batters. In *40th International Congress of Meat Science Technology* (pp. 14-16). The Hague, Netherlands [in English].
- Marchetti, L., Andres, S.C., & Califano, A.N. (2014). Low-fat meat sausages with fish oil: Optimization of milk proteins and carrageenan contents using response surface methodology. *Meat Science*, 96, 1297-1303 [in English].
- Moller, S.M., Grossi, A., Christensen, M., Orlien, V., Soltoft-Jensen, J., Straadt, I.K. ... Bertram, H.C. (2011). Water properties and structure of pork sausages as affected by high-pressure processing and addition of carrot fiber. *Meat Science*, 87(4), 387-393 [in English].
- Mor-Mur, M., & Yuste, J. (2003). High pressure processing applied to cooked sausage manufacturer: physical properties and sensory analysis. *Meat Science*, 65(3), 1187-1191 [in English].
- Orlien, V. (2017). High pressure treatment and the effects on meat proteins. *Medical Research Archives*, 5, 8, 1-10 [in English].
- Rodrigues, I., Trindade, M.A., Caramit, F.R., Candoğan, K., Pokhrel, P.R., Barbosa-Cánovas, G.V. (2016). Effect of high pressure processing on physicochemical and microbiological properties of marinated beef with reduced sodium content. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38, B, 328-333 [in English].
- Shao, J.H., Zou, Y.F., Xu, X.L., Wu, J.Q., & Zhou, G.H. (2011). Evaluation of structural changes in raw and heated meat batters prepared with different lipids using Raman spectroscopy. *Food Research International*, 44, 2955-2961 [in English].
- Sikes, A.L., Tobin, A.B., & Tume, R.K. (2009). Use of high pressure to reduce cook loss and improve texture of low-salt beef sausage batters. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(4), 405-412 [in English].
- Smeller, L., & Heremans, K. (1999). 2D FT-IR spectroscopy analysis of the pressure-induced changes in proteins. *Vibrational Spectroscopy*, 19, 377-380 [in English].
- Smeller, L., Gooseens, K., & Rubens, F. (1995). FTIR studies on food components in diamond anvil cell. *Applied Spectroscopy*, 49, 895-897 [in English].
- Smeller, L., Rubens, P., & Heremans, K. (1999). Pressure effect on the temperature induced unfolding and tendency to aggregate of myoglobin. *Biochemistry*, 36, 3816-3820 [in English].
- Stone, H., Bleibaum, R., & Thomas, H.A. (2004). *Sensory evaluation practices* (3rd ed.). New York: Academic Press [in English].

- Sukmanov, V.A., Garkusha, V.B., & Savutsky, A.I. (2001). Hydrostatic High Pressure Equipment for Investigation in Chemistry, Biology and Science. In 4<sup>th</sup> *International Conference «High pressure school on chemistry, biology, materials science and techniques»*. Warsaw [in English].
- Sukmanov, V.O., Khazipov, V.A., & Harkusha, V.B. (1999). Vysokyi tysk i peredumovy yoho vykorystannia u kharchovii promyslovosti [High pressure and preconditions for its use in the food industry]. *Visnyk DonDUeT. Serii: Tekhnichni nauky*, 4, 120-129 [in Ukrainian].
- Tintchev, F., Bindrich, U., Toepfl, S., Strijowski, U., Heinz, V., & Knorr, D. (2013). High hydrostatic pressure/temperature modeling of frankfurter batters. *Meat Science*, 94(3), 376-387 [in English].
- Tokifuji, A., Matsushima, Y., Hachisuka, K., & Yoshioka, K. (2013). Texture, sensory and swallowing characteristics of high-pressure-heat-treated pork meat gel as a dysphagia diet. *Meat Science*, 93(4), 843-848 [in English].
- Tomaschunas, M., Zorb, R., Fischer, J., Kohn, E., Hinrichs, J., & Busch-Stockfisch, M. (2013). Changes in sensory properties and consumer acceptance of reduced fat pork Lyon-style and liver sausages containing inulin and citrus fiber as fat replacer. *Meat Science*, 95, 629-640 [in English].
- Villamonte, G., Simonin, H., Duranton, F., Cheret, R., & Lamballerie, M.D. (2013). Functionality of pork meat proteins: Impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 18, 15-23 [in English].
- Yametti, S., Transidisco, P., & Bonomi, F. (1997). Molecular modification of  $\beta$ -lactoglobulin upon exposure to high pressure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1, 23-29 [in English].
- Zhang, Z., Yang, Y., Tang, X., Chen, Y., & You, Y. (2015). Chemical forces and water holding capacity study of heat-induced myofibrillar protein gel as affected by high pressure. *Food Chemistry*, 188, 111-118 [in English].

УДК 637.523:66.083

**Валерій Сукманов,**  
доктор технічних наук, професор,  
Полтавська державна аграрна академія,  
Полтава, Україна,  
sukmanowaleri@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0003-1248-4068>

**Ігорь Кирик,**  
кандидат технічних наук, доцент,  
Учреждение образования «Могилевский  
государственный университет продовольствия»,  
Могилев, Республика Беларусь,  
kirik.mapp@gmail.com

**Анатолій Палаш,**  
кандидат технічних наук,  
Полтавський коледж пищевих технологій –  
НУХТ,  
Полтава, Україна,  
apalash48@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0003-2418-3588>

## СВОЙСТВА ВАРЕНЫХ КОЛБАС, ПРОИЗВЕДЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

**Актуальность.** Статья посвящена исследованию потребительских свойств вареных колбас (ВК), произведенных с использованием высокого давления (ВД) без их тепловой обработки, что обеспечивает высокие потребительские свойства при длительных сроках их хранения. **Цель и методы.** Цель статьи – исследование свойств ВК, произведенных с использованием ВД, как научное обоснование технологии ВК с использованием ВД без их термической обработки. Образцы ВК обрабатывали давлениями от 400 до 900 МПа с интервалом в 100 МПа при начальной температуре процесса  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  при продолжительности обработки 55 минут. **Результаты.** При обработке колбасного фарша ВД без его термической обработки остаточное количество кислой фосфатазы достигает своего порогового значения – готовность продукта (6 мг фенола на 100 г продукта) при давлении 700 МПа. Кулинарная готовность ВК при их обработке ВД достигается только при давлении 850 МПа. Сравнительный анализ переваримости белков *in vitro* в образцах, прошедших тепловую обработку и обработку ВД, показал, что динамика переваримости белков *in vitro* и образцов, обработанных давлением, более благоприятная; через 6 часов показатель переваримости белков *in vitro* и образцов, обработанных давлением, составлял 90 %, а образцов, прошедших тепловую обработку, – 80 %. Обработка ВК ВД вместо тепловой обработки (варка) не приводит к ухудшению их аминокислотного состава; имеет место более благоприятное значение несбалансированности аминокислотного состава продукта. Обработка ВД улучшает структуру колбасы, повышает ее однородность как по размеру частиц, так и по плотности батона. Анализ спектров поглощения исследуемых образцов ВК показал, что обработка колбасного фарша давлением 850 МПа при температуре  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  и продолжительности обработки 55 минут позволяет получить готовый продукт без его термической обработки. **Выводы и обсуждение.** Профилограммы качества ВК показали, что совершенствование процесса их производства (замена технологического этапа варки в термокамере на обработку ВД) не только увеличивает срок хранения колбас с 3 до 10 суток и улучшает их технологические и структурно-механические свойства, но и улучшает их органолептические свойства (внешний вид, консистенция, цвет, запах, вкус).

**Научная новизна** исследования заключается в научном обосновании целесообразности внедрения технологии ВК с использованием ВД. **Практическое значение** полученных результатов заключается в получении технологических параметров процесса обработки ВК ВД.

**Ключевые слова:** вареные колбасы, технология, высокое давление, свойства, срок хранения.

UDC 637.523:66.083

**Valerii Sukmanov,**

*Doctor of Technical Sciences, associate professor,  
Poltava State Agrarian Academy,  
Poltava, Ukraine,  
sukmanowaleri@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0003-1248-4068>*

**Ihor Kirik,**

*Ph.D in Technical Sciences,  
Educational Establishment «Mogilev State University  
of Food»,  
Mogilev, the Republic of Belarus,  
Church.mapp@gmail.com*

**Anatolii Palash,**

*Ph.D. in Technical Sciences,  
Poltava College of Food Technologies – NUHT,  
Poltava, Ukraine,  
apalash48@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0003-2418-3588>*

## COOKED SAUSAGES PROPERTIES PRODUCED USING HIGH PRESSURE

**Topicality.** The article is devoted to the study of consumer properties of cooked sausages (CS) produced using high pressure (HP) without its heat treatment, which provides high consumer properties with long periods of their storage. **Purpose and methods.** The purpose of the article is to study the properties of CS which is made using HP as a scientific substantiation of VC technology using HP without thermal processing. The samples were treated with pressures from 400 to 900 MPa at an interval of 100 MPa at an initial temperature of  $20 \pm 20^\circ\text{C}$  with a processing time of 55 minutes. **Results.** In the processing of sausage minced meat, without heat treatment, the residual amount of acid phosphatase reaches its threshold - the readiness of the product (6 mg of phenol per 100 g of product) at a pressure of 700 MPa. Culinary readiness of CS when processing them is achieved only at a pressure of 850 MPa. The comparative analysis of the in vitro digestion of proteins in the heat treatment and treatment samples showed that the in vitro digestion of proteins in samples treated with pressure was more favorable; after 6 hours, the in vitro digestibility of the proteins in the samples treated with the pressure is 90 %, and the heat-treated samples – 80 %. Processing CS HP instead of heat treatment (cooking) does not lead to deterioration of their amino acid composition; there is a more favorable meaning of the imbalance of the amino acid composition of the product. WT treatment improves the structure of sausage, increases its uniformity in both the size of particles and the density of the loop. The analysis of absorption spectra of investigated samples of CS showed that the processing of sausage minced meat at a pressure of 850 MPa at a temperature of  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  and a processing time of 55 minutes allows obtaining the finished product without its heat treatment. **Conclusions and discussion.** Profilograms of quality of CS have showed that improvement of the process



of their production (replacement of the technological stage of cooking in the thermocouple, on the treatment of HP) not only increases the shelf life of sausages from 3 to 10 days and improves their technological and structural and mechanical properties, but also improves their organoleptic properties (appearance, consistency, color, smell, taste). **The scientific novelty** of the obtained results consists in the scientific substantiation of the expediency of introducing the technology of CS with the use of HP. **The practical value** of the obtained results is to achieve the technological parameters of the process of cultivation CS HP.

**Keywords:** cooked sausages, technology, high pressure, properties, shelf life.