

ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ І ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 637.78:57

В.Г. БУРАК, Н.В. НОВІКОВА

ДВНЗ «Херсонський державний
аграрний університет»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ ОХОЛОДЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ НА БЕЗПЕЧНІСТЬ ПРОДУКЦІЇ ВІДПОВІДНО ПРИНЦИПІВ НАССР

Впровадження принципів НАССР в умовах виробництва м'ясних напівфабрикатів вимагає поглибленого розуміння факторів та їх взаємного впливу на безпечність і якість продукції на кожному етапі технологічного процесу.

Виміряно та проінтерпретовано параметри м'ясної сировини і напівфабрикатів: температура, рН, мікробіологічні, фізико-хімічні показники.

Доведено, що швидкість зростання мікроорганізмів для всіх зразків м'ясних продуктів знаходиться у тісному прямому зв'язку з величиною їх рН.

Згідно серії експериментів науково-дослідної роботи доведено, що у тісному прямому зв'язку із швидкістю зростання мікроорганізмів м'ясного продукту знаходиться величина його рН для усіх зразків напівфабрикатів. І чим вище було початкове значення рН, тим швидше збільшувалася кількість мікроорганізмів, що сприяло прояву органолептичних ознак псування.

Аналіз результатів дослідження показників м'ясної сировини і зразків м'ясних напівфабрикатів показав, що експериментальна температура і тривалість знаходження при ній м'ясної сировини не зробили істотного впливу на фізико-хімічні показники зразків м'ясних напівфабрикатів в процесі їх зберігання.

Доведено, що рівняння Ареніуса можливо застосовувати для прогнозування терміну придатності м'ясних продуктів, ґрунтуючись на показниках температури, рН і первинного мікробіологічного забруднення сировини. Запропоновано виробництву для математична модель прогнозування біологічних ризиків виробництва.

Ключові слова: м'ясна сировина, осолоджені м'ясні напівфабрикати, параметри технологічного процесу, мікробіологічна безпека, показники якості.

В.Г. БУРАК, Н.В. НОВІКОВА

ГВУЗ «Херсонский государственный
аграрный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ ОХЛАЖДЕННОЙ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКЦИИ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ПРИНЦИПОВ НАССР

Внедрение принципов НАССР в условиях производства мясных полуфабрикатов требует углубленного понимания факторов и их взаимного влияния на безопасность и качество продукции на каждом этапе технологического процесса.

Измерения и проинтерпретировано параметры мясного сырья и полуфабрикатов: температура, рН, микробиологические, физико-химические показатели.

Доказано, что скорость роста микроорганизмов для всех образцов мясных продуктов находится в тесной прямой связи с величиной их рН.

Согласно серии экспериментов научно-исследовательской работы доказано, что в тесной прямой связи со скоростью роста микроорганизмов мясного продукта находится величина его рН для всех образцов полуфабрикатов. И чем выше было начальное значение рН, тем быстрее увеличивалось количество микроорганизмов, способствовало проявлению органолептических признаков порчи.

Анализ результатов исследования показателей мясного сырья и образцов мясных полуфабрикатов показал, что экспериментальная температура и продолжительность нахождения при

ней мясной сырьё не оказали существенного влияния на физико-химические показатели образцов мясных полуфабрикатов в процессе их хранения.

Доказано, что уравнения Аррениуса можно применять для прогнозирования срока годности мясных продуктов, основываясь на показателях температуры, pH и первичного микробиологического загрязнения сырья. Предложено производству для математическая модель прогнозирования биологических рисков производства.

Ключевые слова: мясное сырьё, осоложенное мясные полуфабрикаты, параметры технологического процесса, микробиологическая безопасность, показатели качества.

V. BURAK, N. NOVIKOVA
SHEI "Kherson State Agrarian University"

RESEARCH ON THE EFFECTS OF THE PARAMETERS OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF MEAT COOLED SEMI-FABRICATES ON PRODUCT SAFETY IN ACCORDANCE WITH HACCP PRINCIPLES

The introduction of HACCP principles in the production of meat semifinished products requires an in-depth understanding of the factors and their mutual influence on the safety and quality of products at each stage of the technological process

Measured and interpreted parameters of meat raw materials and semi-finished products: temperature, pH, microbiological, physical and chemical indices.

It is proved that the rate of growth of microorganisms for all samples of meat products is in close direct relation with the value of their pH.

According to a series of research experiments, it is proved that in a close direct relation with the growth rate of microorganisms of the meat product there is a value of its pH for all samples of semi-finished products. And the higher the initial value of pH, the faster the number of microorganisms increased, which contributed to the manifestation of organoleptic signs of deterioration.

The analysis of the results of the study of the indicators of meat raw materials and samples of meat semifinished products showed that the experimental temperature and the length of time during which the meat raw material was found did not have a significant effect on the physical and chemical parameters of samples of meat semifinished products during their storage.

It is proved that the Arrhenius equation may be used to predict the shelf life of meat products based on temperature, pH and primary microbiological contamination of raw materials. Proposed for production for a mathematical model of forecasting of biological risks of production.

Keywords: meat raw materials, cold meal semi-finished products, technological process parameters, microbiological safety, quality indices.

Постановка проблеми

У результаті технологічного та соціально-економічного розвитку розвинутих країн у харчовій галузі було накопичено і реалізовано значну кількість концепцій і підходів, які дозволяють управляти безпекою, стабільністю і якістю м'ясної сировини і продуктів її переробки. Серед них: бар'єрні технології, нормування параметрів технологічних процесів (GMP), система HACCP і ISO 22000, прогностична мікробіологія та ін [2].

Концепція HACCP отримала закріплення у законодавчій базі Європи, Азії і України: Codex Alimentarius, директива № 852 ЄС, ДСТУ 51705.1 - 2001, ISO 22000 (ДСТУ ISO 22000 - 2007), «Про безпеку харчової продукції», International Food Standart (IFS), Food safety system certification (FSSC 22000), Safe Quality Food (SQF), British Retail Consortium Food Standard (BRC) [2], [3].

Система HACCP має випереджувальний характер і спрямована на усунення або зниження до прийняттого рівня в процесі виробництва можливості дії небезпечних чинників і ризиків, здатних завдати шкоди здоров'ю кінцевому споживачеві [1], [2]. Це принципово відрізняє HACCP від попередніх систем, побудованих на контрольних діях і використовуваних в харчовій промисловості.

В основу концепції HACCP покладено сім принципів [2], [3]: визначення небезпечних чинників і аналіз ризиків, встановлення критичних контрольних точок, встановлення критичних меж, визначення системи моніторингу, розробка дій, що корегують, документування інформації, розробка і впровадження процедур верифікації в критичних контрольних точках.

Застосування вищевказаного інструменту вимагає глибокого розуміння сутності їх механізмів і повної переорієнтації виробництва на попереджувальні заходи.

Серед особливостей підприємств малого і середнього бізнесу, які працюють з необробленими продуктами тваринного походження у європейських країнах і України слід вказати значну роль ручної праці, низьку стандартизованість технологічних операцій обробки і переробки сировини, складність і

економічну невиправданість автоматизації технологічних процесів і комп'ютерних програм управління виробництвом. В той же час, впровадження системи НАССР вимагає сучасних випереджувальних управлінських рішень на всіх рівнях.

До найбільш поширених способів прогнозування відносять: математичне моделювання і прогнозування, експертне прогнозування, метод сценаріїв та ін. [4]. У м'ясній промисловості України набули поширення дослідницькі роботи з побудови та використання функціональних математичних моделей для прогнозу зростання мікроорганізмів.

Наукове обґрунтування різних способів моделювання ґрунтується на припущенні, що закономірності розвитку, розмноженні, виживання і загибель мікроорганізмів можуть бути виражені і розраховані за допомогою формул і рівнянь, що враховують специфічний комплекс параметрів виробничого і умов зовнішнього середовища. Розробка подібних попереджувальних моделей дозволяє встановити рівень безпеки харчового продукту в процесі його виробництва на всіх стадіях від моменту отримання сировини до реалізації і вживання готової продукції.

Проте єдиної, визнаної та затвердженої моделі, або розробленої з урахуванням специфіки конкретного підприємства і апробованої в промислових масштабах нині немає.

Тому наукові дослідження, спрямовані на пошук функціонального зв'язку факторів ризику і безпечності продукції м'ясної сировини є актуальними і затребуваними для підприємств середнього і малого бізнесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Однією з головних причин виникнення псування охолодженого м'яса є результати життєдіяльності, що розвиваються на ньому психотрофних мікроорганізмів. Ця група мікроорганізмів розмножується при температурі 7 °С або нижче, а при значеннях температури 30 °С може викликати біохімічні зміни в м'ясі, що супроводжується в зміні запаху, кольору і зовнішнього вигляду в цілому. Відхилення за запахом сприймається, у разі кількості мікробних клітин 10^7 на 1 см^3 , утворення слизу спостерігається з 10^8 бактерій/ см^2 . Швидкість появи псування залежить від трьох основних чинників: кількості мікроорганізмів, що беруть участь, і їх виду, властивостей (якості) м'яса і температури [6].

Істотне значення на міру мікробного обсіменіння робить також величина рН м'яса, яка залежить від вмісту глікогену в м'язовій тканині. В процесі дозрівання м'яса відбувається розкладання глікогену з утворенням молочної кислоти, внаслідок чого рН знижується. Останнім часом спостерігається поява сировини з нетрадиційними якісними характеристиками із-за порушення процесів під час автолізу. Загальноприйнято м'ясо класифікувати на три категорії: PSE (бліде, м'яке, ексудативне) < 5,6; NOR = RFN (червонясто-рожеве, тверде, неексудативне) понад 5,6 до 6,2 і DFD (темне, тверде, сухе) > 6,2. Для надійнішої оцінки якості свинини введені додаткові дві категорії, до яких відносяться RSE (червонясто-рожеве, тверде, ексудативне) < 6,0 і PFN (бліде, тверде, неексудативне) < 6,0. Наприклад, попри те, що м'ясо - DFD є найсприйнятливішим для появи запаху псування внаслідок розпаду амінокислот м'ясо - PSE найбільш схильне до погіршення зовнішнього вигляду [5].

Знаючи величину рН, можна виділити оптимальні напрями використання м'ясної сировини в процесі промислової переробки, що забезпечить великі технологічні і економічні переваги [3].

Зв'язок між кількістю мікроорганізмів в м'ясі і псуванням складний, оскільки залежить від виду і активності присутніх мікроорганізмів, від стану сировини і зовнішніх умов. Чим нижче початковий рівень обсіменіння, тим довше мікробне псування не стає явним [3].

Групи продуктів харчування в охолодженому стані можуть бути мікробіологічно стабільні і безпечні тільки при строгому контролі над умовами виробництва і зберігання.

Безпека продукту ґрунтується на зберіганні його при як можна нижчій температурі, що дозволяє виключити можливість зростання мікроорганізмів, що потенційно можуть привести до псування продукту. Цей принцип повинен проходити через увесь технологічний ланцюжок приготування охолоджених м'ясних продуктів [7].

Для охолоджених м'ясних продуктів зростання кількості патогенних мікроорганізмів, що продукують токсини, більшою мірою залежить від температури і часу [2]. Це призводить до псування продукту, який на вигляд і смак може виглядати задовільно. З метою зменшення можливості псування продукту мікроорганізмами і їх токсинами, усіма учасниками харчового ланцюжка, починаючи від пунктів забою продуктивних тварин до кінцевого споживача, потрібно суворе дотримання встановлених температуро - тимчасові режими.

Окрім процесів забезпечення безпеки, підприємства зацікавлені в управлінні ризиками, що впливають на якість продукції, яку підрозділяють на нутритивні (поживні), сенсорні, технологічні [7]. В процесі здійснення управління ризиками якості дотримуються запланованої послідовності дій.

На першому етапі проводиться фіксація ризиків якості, тобто обмежується кількість виявлених ризиків на основі принципу «розумна достатність». Для цього використовується анкетування фахівців, а також враховується досвід ведення схожих проектів [6]. Розглядаючи ризик з позиції управлінської діяльності: суб'єктивних і об'єктивних чинників, що впливають на збільшення значення ризику,

наявності невизначеності, необхідності вибору альтернатив і можливості кількісної і якісної оцінки вірогідності реалізації ризику, ідентифікують процеси, які більшою мірою перешкоджають досягненню цілей і схильні до ризику [8].

На другому етапі здійснюється кількісна оцінка ризиків, яка виражається абсолютним або відносним рівнем витрат і вимірюється поєднанням вірогідності реалізації ризику і мірою впливу його у разі виникнення. Для визначення цих показників використовують наступне ділення: низький, середній і високий [4].

З метою визначення міри впливу застосовують декілька методів: 1) розраховують тяжкість наслідків або значущість ризику; 2) розраховують міру втрат від планової величини прибутку в відсотках.

Управління ризиками якості здійснюється з використанням загальноприйнятих і закладених в основу виробництва продукту попередніх програм, орієнтованих на стандартизацію смакових, візуальних характеристик продукту. Підтримка стабільності показників якості і безпеки продукту можливо тільки при неухильному дотриманні супутніх програм. Забезпечення цих показників розглядають у рамках кращих практик, таких як належна гігієнічна практика (GHP - Good Hygiene Practice), належна виробнича практика (GMP – Good Manufactured Practice), належна сільськогосподарська практика (GAP - Good Agriculture Practice), належна ветеринарна практика (GVP - Good Veterinary Practice) [6].

Дотримання вимог програм попередніх умов особливо важливе при виробництві харчових продуктів, що вимагають додаткову термічну обробку в домашніх умовах. До таких продуктів відносяться, зокрема, напівфабрикати в охолодженому і замороженому стані. Їх збереження і безпека залежить від багатьох чинників, починаючи з умов вирощування худоби, закінчуючи реалізацією готового продукту. На кожному етапі виробництва, зберігання, перевезення, реалізації і споживання потрібно чітко наслідування встановлених правил. До них можна віднести дотримання низької температури в приміщеннях переробки і зберігання м'ясної сировини, забезпечення низьким початковим обміненням, контроль за рН, високі гігієнічні стандарти виробничих приміщень і устаткування, застосування процесного підходу і аналізу виникнення ризиків [1].

Сучасні тенденції розвитку харчової промисловості орієнтують на збільшення термінів зберігання продукції саме в охолодженому вигляді, а це у свою чергу вимагає посилення режимів в холодильному ланцюзі в частині зниження температури зберігання продукції і стабільності її підтримки [2; 6]. Таким чином, дуже важливим є розгляд технологічних процесів в сукупності з параметрами процесів і дотриманням санітарно-гігієнічними норм при виробництві стосовно охолоджених продуктів харчування. Не кожне поліпшення технології приносить з собою просування в області санітарії і гігієни.

Проте, строге розділення між «брудною» і «чистою», «мокрою» і «сухою», «теплою» і «холодною» зонами, використання митті, що добре піддаються, і дезінфекції машин і установок, чітко організована схема руху сировини і персоналу, застосування ефективних засобів дезінфекції кваліфікованими співробітниками і інше є обов'язковою умовою для вироблення безпечного і якісного продукту [5].

Частенько зробити одиничні дії, що управляють, для повного виключення ризику не представляється можливим, недостатньо або економічно не доцільно. У таких випадках застосовуються системи бар'єрних технологій [8].

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є визначення сукупного впливу параметрів технологічного процесу переробки м'ясної сировини на мікробіологічні показники безпеки та фізико-хімічні і органолептичні показники якості продуктів переробки сировини – м'ясних напівфабрикатів і застосування математичних методів прогнозування виникнення ризиків мікробіологічної небезпеки при переробці м'ясної сировини (напівтуші свинини) в умовах підприємства приватного бізнесу на основі одержаних експериментальних даних.

Об'єкти дослідження: м'ясна сировина (свинина охолоджена в напівтушах) та продукція її переробки на всіх етапах виробничого циклу на ПП Урсуленко О.А. (м. Херсон):

- шийка свиняча у вакуумній упаковці, охолоджена;
- свинина духова у вакуумній упаковці, охолоджена;
- свина лопатка без кості (яка використовується для жарки, варки тушкування);

Предмет досліджень: показники мікробіологічної безпеки і якості м'ясної сировини та напівфабрикатів з неї; фізико-хімічні параметри технологічних процесів обробки і переробки м'ясної сировини.

Методи досліджень: фізико-хімічні і мікробіологічні, математичне моделювання, прогнозування, аналіз і синтез.

Викладення основного матеріалу дослідження

Науково-дослідна робота була проведена на виробничій базі ПП «Урсуленко». Основна продукція - заморожені напівфабрикати. У секторі виробництва швидкозамороженої продукції «hand-

made» приватний підприємець Урсуленко О.А. має статус лідера Херсона і Херсонської області. Асортимент підприємства що налічує понад 50 найменувань і постійно зростає.

Вхідний контроль сировини і виробництва продукції у трьох цехах здійснюється трьома акредитованими у ДЦСМС лабораторіями. У асортиментному портфелі підприємства є торгові марки, які підприємство планує експортувати до європейських країн. Тож, впровадження системи НАССР для даного підприємства – питання стратегічне.

Серія експериментів науково-дослідної роботи полягала в наступному Після забою м'ясна сировина у вигляді напівтуш розмішувалася в камерах охолодження на 24 години з температурою 0-1 °С. За планом досліджень здійснювалися виміри температури сировини, рН, аналіз мікробіологічних і фізико-хімічних показників.

Натуральні напівфабрикати. Це шматки м'ясної м'якоті різної маси, очищені від сухожилів і грубих поверхневих плівок. До натуральних дрібношматкових напівфабрикатів відносяться також мясокостний шматочки м'яса з певним змістом кісток. Для порційних паніровані напівфабрикатів шматки м'яса злегка відбивають для розпушування тканин і обвалюють у дрібнопорізані сухарях з білого хліба для збереження м'ясного соку. Напівфабрикати випускають охолодженими або замороженими. Сировиною є м'ясо в охолодженому або замороженому стані. Не використовуються м'ясо биків, кнурів, баранів, м'ясо, заморожене більше одного разу, і м'ясо худе.

Порційні напівфабрикати. Порційними напівфабрикатами називаються м'ясні вироби, порція яких складається з одного або двох шматків, приблизно однакових за масою і розміром. Отримують з великошматкових напівфабрикатів або окремих частин туші.

Для забезпечення якості продукції порційні натуральні напівфабрикати нарізають поперек волокон, перпендикулярно до волокон або під кутом 45°. Нарізка поперек волокон зберігає товарний вид напівфабрикату, при транспортуванні та зберіганні в сирому вигляді він менше деформується, при тепловій обробці має більш високу в'язкість, а, отже, менше втрачає м'ясний сік, виходить більш соковитою і смачною.

Сучасна технологія дозволяє виробляти раціональну нарізку сировини для отримання максимальної кількості порційних напівфабрикатів, а з залишків сировини виготовляти дрібношматкових М'якотний напівфабрикати. Нарізка порційних напівфабрикатів здійснюється вручну або на спеціальних машинах.

М'ясо охолоджують у спеціальних камерах при температурі близько 0 °С і високій відносній вологості. Охолодження починають при негативній температурі, потім у міру охолодження м'яса температуру повітря підвищують. Охолодження закінчують при досягненні температури в товщі м'яса від 0 до 4°С.

При охолодженні м'яса, яке триває від 16 до 30 год, відбуваються фізичні та біохімічні процеси.

У результаті біохімічних процесів м'язова тканина дещо скорочується, втрачає еластичність і стає пружною. Поверхня тканини стає більш яскравою внаслідок переходу міоглобіну в оксиміоглобін.

Фізичні процеси проявляються у усушці м'яса. Втрати маси м'яса за рахунок випаровування вологи становлять залежно від способів охолодження від 1 до 2,8%. Правильно охолоджене м'ясо характеризується наявністю скоринки підсихання, колір охолодженої яловичини яскраво-червоний, свинини блідо-рожевий і баранини темно-червоний. М'ясо яловичини має специфічний запах, свинина майже не має запаху. Консистенція усіх видів м'яса пружна, м'язи при легкому натисканні не виділяють м'ясного соку.

Охолоджене м'ясо спрямовується переважно в роздрібну торгівлю, а також використовується у виробництві варених ковбасних виробів і рубаних напівфабрикатів.

При зберіганні охолодженого м'яса необхідно підтримувати його температуру на постійному рівні. Коливання температури навколишнього повітря призводить до погіршення якості, збільшення втрат і значно скорочує тривалість зберігання м'яса у зв'язку з конденсацією вологи на його поверхні. Навіть невелика зміна температури повітря при високій відносній вологості достатньо для досягнення точки роси і зволоження поверхні туш. При зберіганні м'яса відбувається деяке випаровування вологи, але цей процес небажаний. Для зниження втрат на випаровування вологи зменшують циркуляцію повітря. Однак мала циркуляція призводить до застою повітря та розвитку мікробіологічних процесів-ослизнення і пліснявіння м'яса. Тому інтенсивність циркуляції повітря створюють таку, щоб уповільнити розвиток мікробів. Рекомендують зберігати охолоджене м'ясо при температурі 0°С, відносній вологості 80-85% і циркуляції повітря в межах 0,1 м / с. При цих умовах тривалість зберігання яловичини до 15-20 діб, а свинини і баранини - до 10-15 діб.

Втрати маси м'яса залежать не тільки від температурного та вологого режиму, але і його виду, в'язкості і питомої поверхні. Туші м'яса, покриті шаром жиру, менше випаровують вологи, м'ясо в дрібних відрубках, маючи велику питому поверхню, більше випаровує вологи. Туші м'яса високої в'язкості і з меншою питомою поверхнею зберігаються більш тривалий період.

Щодо обмежений термін зберігання охолодженого м'яса викликає необхідність його заморожування. Тривале зберігання замороженого м'яса можливе при температурах нижче - 10 °С. Заморожують охолоджене або без попереднього охолодження м'яса. Виробництво і зберігання замороженого м'яса пов'язане з додатковими витратами на заморожування і підтримку необхідних умов зберігання. Крім того, при заморожуванні і зберіганні неминучі втрати м'яса. М'ясо напівтуш охолоджували у спеціальних камерах при температурі близько 0 °С і високій відносній вологості. Охолодження починали при негативній температурі, потім у міру охолодження м'яса температуру повітря підвищували. Охолодження закінчували при досягненні температури в товщі м'яса від 0 до 4°С.

На наступному етапі партія м'ясної сировини була розділена на три частини, кожна з яких розміщувалася на 2 години в різних температурних умовах: при +1,5 °С (експериментальна партія № 1); при + 8 °С (експериментальна партія № 2); при +16 °С (експериментальна партія № 3). Одразу після цього були зроблені повторні дослідження за тими ж показниками.

Для забезпечення якості продукції порційні напівфабрикати нарізали поперек волокон, перпендикулярно до волокон або під кутом 45°. Нарізка поперек волокон зберігає товарний вид напівфабрикату. При транспортуванні та зберіганні в сирому вигляді він менше деформується. При тепловій обробці напівфабрикат має вищу вологов'язуючу здатність, а, отже, менше втрачає м'ясний сік, залишається більш соковитим і смачним.

З метою вивчення сукупного впливу різних температурних режимів і тривалості зберігання та величини рН м'ясної сировини були виділені по два види порційних напівфабрикатів з шийної і лопатки частин, позначені як зразок № 1 (шийка свиняча) і зразок № 2 (свинина духова). Зразки упаковувалися в пакети з поліетилену під вакуумом для подальшого зберігання при температурі +4+6 °С і досліджень.

Мікробіологічний аналіз охолоджених зразків напівфабрикатів проводили на 3, 5, 7, 10 діб зберігання за показниками, регламентованими єдиними санітарними вимогами (загальна кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, бактерії групи кишкової палички, *Salmonella*, дріжджі, плісняві), рН. В ході науково-дослідної роботи було проведено сортування і відбиралися напівтуші свинини з величиною рН від 5,6 до 6,2. Експеримент проводили у п'ятикратній повторності.

Розглянемо результати впливу температури на динаміку зростання мікроорганізмів в м'ясній сировині і напівфабрикатах під час зберігання.

На початок експерименту температура напівтуш складала 1+0,5 °С. В результаті розміщення м'ясної сировини на 2 години при температурі доквілля +1,5 °С; +8 °С; +16 °С, температура поверхневих шарів виросла і досягла в експериментальній групі № 2 +6,5 °С ± 0,5, в експериментальній групі № 3 +11,2°С ± 0,5. У експериментальній групі № 1 температура не змінилася.

При цьому загальне мікробне число на поверхні сировини в 2 і 3 групі збільшилося в 1,5 - 2 рази, і склало $2,2 \cdot 10^2$ і $3,4 \cdot 10^2$ відповідно проти початкового $1,8 \cdot 10^2$. Кількість МАФАНМ (мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів) в м'ясній сировині експериментальної групи № 1 склало $1,6 \cdot 10^2$.

Результати бактеріологічних досліджень на БГКП (бактерій групи кишкової палички), *Salmonella* і *L. monocytogenes* не виявили їх наявності. Зростання дріжджів і плісень також було відсутнє. Результативні дані за хімічними і фізичними показниками початкової м'ясної сировини представлені в табл. 1.

Таким чином, первинна характеристика сировини не виходила за нормовані межі, за виключення частини напівтуш, що мають ознаки DFD (високим кінцевим рН).

При дослідженні упакованих напівфабрикатів (шийка свиняча і свинина духова) на мікробіологічні показники в ході зберігання, в 20% випадків були виявлені БГКП (бактерії групи кишкової палички). Найбільш поширений розвиток умовно-патогенної мікрофлори було у випадках використання м'ясної сировини також з високим значенням рН і при експериментальній температурі більше +8 °С. Цей факт свідчить про збільшення ризику контамінації продуктів і розвитку БГКП зі збільшенням температури у виробничих приміщеннях і за наявності рН вад сировини.

У продуктах, виготовлених з м'ясної сировини з високим рН і при температурі +8 °С в 20% випадків були виявлені БГКП: в обох зразках напівфабрикатів, виготовлених з сировини експериментальної групи № 2 на 10 добу зберігання; у обох зразках напівфабрикатів, виготовлених з сировини експериментальної групи № 3 на 5, 7 і 10 добу (табл. 3.3).

Аналіз результатів дослідження показників м'ясної сировини і зразків м'ясних напівфабрикатів показав, що експериментальна температура і тривалість знаходження при ній м'ясної сировини не зробили істотного впливу на фізико-хімічні показники зразків м'ясних напівфабрикатів в процесі їх зберігання.

Таблиця 1

**Узагальнені фізико-хімічні показники м'ясної сировини
за результатами експерименту**

Показник	Група № 1	Група № 2	Група № 3
Масова доля вологи, %	66,62 ± 0,04	65,05 ± 0,07	60,55 ± 0,06
Масова доля білку, %	17,33 ± 0,14	17,55 ± 0,09	17,12 ± 0,12
Масова доля жиру, %	16,26 ± 0,06	17,50 ± 0,04	22,65 ± 0,07
Величина рН в області лопатки	5,81	6,21	5,82
Величина рН в області шиї	5,81	6,2	5,7

При дослідженні упакованих напівфабрикатів (шийка свиняча і свинина духова) на мікробіологічні показники в ході зберігання, в 20% випадків були виявлені БГКП (бактерії групи кишкової палички). Найбільш поширений розвиток умовно-патогенної мікрофлори було у випадках використання м'ясної сировини також з високим значенням рН і при експериментальній температурі більше +8 °С. Цей факт свідчить про збільшення ризику контамінації продуктів і розвитку БГКП зі збільшенням температури у виробничих приміщеннях і за наявності рН вад сировини.

У продуктах, виготовлених з м'ясної сировини з високим рН і при температурі +8 °С в 20% випадків були виявлені БГКП: в обох зразках напівфабрикатів, виготовлених з сировини експериментальної групи № 2 на 10 добу зберігання; у обох зразках напівфабрикатів, виготовлених з сировини експериментальної групи № 3 на 5, 7 і 10 добу (табл. 2).

Аналіз результатів дослідження показників м'ясної сировини і зразків м'ясних напівфабрикатів показав, що експериментальна температура і тривалість знаходження при ній м'ясної сировини не зробили істотного впливу на фізико-хімічні показники зразків м'ясних напівфабрикатів в процесі їх зберігання.

Отримані результати проведених нами досліджень свідчать, що при розробці заходів управління процесом виробництва охолоджених напівфабрикатів на принципах НАССР для прогнозування показників безпеки і термінів придатності продуктів, необхідно ґрунтуватися на сукупності впливу температури, рН і часу виконання технологічних етапів.

На підставі отриманих експериментальних даних зроблено припущення про вплив часу, температури і рН на реалізацію біологічного ризику і можливе псування продукції в результаті розвитку мікроорганізмів. Інтенсивність реалізації біологічного ризику в напівфабрикатах під час зберігання оцінювали методом найменших квадратів за рівнянням Ареніуса, представленого функцією виду [8]:

$$k = K_0 * e^{E / R T} \quad (1)$$

де K_0 - константа рівняння Ареніуса; E - енергія активації реакції; R - універсальна газова постійна; T - абсолютна температура середовища.

Для використання методу найменших квадратів вживане рівняння було представлено системою лінійних рівнянь наступного виду:

$$\ln k_1 = \ln k_0 - x \quad (2)$$

Експериментальні умови зводилися до трьох температурних показників, в зв'язку, з чим за числом спостережень складена система умовних лінійних нормальних рівнянь, що відповідають умові мінімуму суми квадратів відхилень наступного виду:

$$4,3707 = 3 \ln k_0 - 1,0721 - 10^{-2} \quad (3)$$

Оскільки невідомими змінними є k_0 і e , то остаточна система нормальних рівнянь дорівнює двом і має наступний вигляд:

$$1,55 * 10^{-2} = 1,0721 * 10^{-2} \ln k_0 - 3,9712 * 10^{-5} \quad (4)$$

Розраховані коефіцієнти для експериментальних умов склали:

$$\ln k_0 = 16,63$$

Розрахункові прогнозні значення мікроорганізмів представлені в табл. 3.

Таблиця 2

Значення загального мікробного числа в охолоджених напівфабрикатах на протязі терміну зберігання

Експериментальна група №	Дні досліджень, діб	Зразок № 1 КМАФАнМ КУО/г	Норма $5,0 \cdot 10^5$	БГКП	Зразок № 2 КМАФАнМ, КУО/г	Норма $5,0 \cdot 10^5$	БГКП
№ 1	3	$9,7 \cdot 10^3$	*	-	$8,5 \cdot 10^3$	*	-
	5	$9,4 \cdot 10^4$	*	-	$6,6 \cdot 10^4$	*	-
	7	$2,3 \cdot 10^5$	*	-	$8,9 \cdot 10^4$	*	-
	10	$4,4 \cdot 10^5$	**	-	$1,3 \cdot 10^5$	**	-
№ 2	3	$6,1 \cdot 10^4$	*	-	$3,2 \cdot 10^4$	*	-
	5	$7,2 \cdot 10^5$	***	-	$7,3 \cdot 10^5$	***	-
	7	$1,2 \cdot 10^6$	***	-	$9,8 \cdot 10^5$	***	-
	10	$4,4 \cdot 10^6$	***	+	$1,5 \cdot 10^6$ +	***	+
№ 3	3	$1,4 \cdot 10^5$	**	-	$2,0 \cdot 10^5$	**	-
	5	$3,1 \cdot 10^6$	***	+	$4,5 \cdot 10^6$ +	***	+
	7	$8,7 \cdot 10^6$	***	+	$9,5 \cdot 10^6$	***	+
	10	$7,6 \cdot 10^7$	***	+	$9,3 \cdot 10^7$	***	+
*	Кількість мікроорганізмів знаходиться в допустимих межах						
**	Кількість мікроорганізмів знаходиться в гранично-допустимих межах						
***	Кількість мікроорганізмів перевищує допустимі межі						

Одержані коефіцієнти для групи зразків № 1 і № 2 близькі до 1, що вказує на високу залежність між значеннями кількості мікроорганізмів і часом, а також достовірність лінії прогнозу відносно отриманих експериментальних даних.

Таким чином доведено, що рівняння Ареніуса можливо застосовувати для прогнозування терміну придатності продукту ґрунтуючись на показниках температури, рН і первинного мікробіологічного забруднення сировини.

Результати проведених комплексних досліджень запропоновано виробництву для побудови комп'ютерної моделі прогнозування. Пропонується для цього використання програмного забезпечення створеного на скриптовій мові програмування PHP (Hypertext Preprocessor).

Використання комп'ютерної програми дозволить ще на стадії отримання сировини спрогнозувати можливу динаміку розвитку мікроорганізмів впродовж терміну зберігання готового продукту. Ця інформація сприятиме ухваленню рішення про напрям сировини на виробництво найбільш раціонального і економічно вигідного продукту (виробництво охолоджених напівфабрикатів або на продукцію, що вимагає технологічної обробки, наприклад, температурної).

Таблиця 3

**Прогнозні значення КМАФАнМ в напівфабрикатах м'ясних
охолоджених, упакованих у вакуум на протязі зберігання**

Динаміка розвитку КМАФАнМ						
зразок № 1 (шийка свиняча), КУО/г						
доба	виготовлених з м'ясної сировини експериментальної групи № 1		виготовлених з м'ясної сировини експериментальної групи № 2		виготовлених з м'ясної сировини експериментальної групи № 3	
	факт.	розр.	факт.	розр.	факт.	розр.
0	$1,6 \times 10^2$	$4,0 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$	$5,7 \times 10^2$	$3,4 \times 10^2$	$7,2 \times 10^2$
3	$9,7 \times 10^3$	$7,2 \times 10^3$	$6,1 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$	$1,4 \times 10^5$	$6,6 \times 10^4$
5	$9,4 \times 10^4$	$8,0 \times 10^4$	$7,2 \times 10^5$	$5,6 \times 10^5$	$3,1 \times 10^6$	$9,5 \times 10^5$
7	$2,3 \times 10^5$	$4,8 \times 10^5$	$1,2 \times 10^6$	$3,9 \times 10^6$	$8,7 \times 10^6$	$2,4 \times 10^7$
10	$4,4 \times 10^5$	$1,3 \times 10^6$	$4,4 \times 10^6$	$2,3 \times 10^7$	$7,6 \times 10^7$	$8,7 \times 10^8$
13	-	$1,2 \times 10^7$	-	$4,0 \times 10^8$	-	$1,1 \times 10^{10}$
15	-	$6,4 \times 10^7$	-	$1,6 \times 10^9$	-	$8,8 \times 10^{10}$
17	-	$1,2 \times 10^8$	-	$6,5 \times 10^9$	-	$6,9 \times 10^{11}$
зразок № 2 (свинина духова), КУО/г						
доба	факт.	розр.	факт.	розр.	факт.	розр.
0	$1,6 \times 10^2$	$4,7 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$	$5,9 \times 10^2$	$3,4 \times 10^2$	$8,9 \times 10^2$
3	$8,5 \times 10^3$	$6,2 \times 10^3$	$3,2 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$	$2,0 \times 10^5$	$8,8 \times 10^4$
5	$6,6 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$	$7,2 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$	$2,6 \times 10^6$	$9,6 \times 10^6$
7	$8,9 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$	$9,8 \times 10^5$	$4,0 \times 10^6$	$9,5 \times 10^6$	$2,9 \times 10^7$
10	$1,3 \times 10^5$	$6,8 \times 10^5$	$2,5 \times 10^6$	$2,4 \times 10^7$	$4,5 \times 10^7$	$4,5 \times 10^8$
13	-	$3,3 \times 10^6$	-	$8,1 \times 10^7$	-	$4,2 \times 10^9$
15	-	$9,4 \times 10^6$	-	$8,7 \times 10^8$	-	$3,9 \times 10^{10}$
17	-	$3,5 \times 10^7$	-	$3,1 \times 10^9$	-	$1,5 \times 10^{10}$

У програму вводять значення загального мікробного числа, величини рН і температури м'ясної сировини, а також температури доквілля і терміну знаходження м'ясної сировини при заданій температурі. Запропонована програма спроможна розраховувати динаміку розвитку загального мікробного числа, що дозволяє спрогнозувати термін зберігання продукту, впродовж якого продукт збереже свої нормовані характеристики безпеки і якості.

Різне поєднання декількох чинників: температури, часу і умов зберігання перед обробленням і обвалкою м'ясної сировини, а також контроль рН м'ясної сировини визначає різну швидкість зростання мікроорганізмів, що відображається на стійкості при зберіганні готового продукту, його фізико-хімічних показниках і терміні придатності.

На основі отриманих експериментальних даних і прогнозних значеннях реалізації біологічного чинника, з метою оперативного ухвалення рішення нами були визначені точки обов'язкового контролю виробничих параметрів (далі - ТОВК) впродовж технологічного процесу на основі дискретно - подієвого моделювання.

Під точкою обов'язкового виробничого контролю мається на увазі місце здійснення контрольних заходів за мониторингом параметрів процесу і характеристик сировини або напівфабрикату за процесом з метою встановлення подальшого напрямку використання досліджуваного об'єкту.

До контрольованих параметрів віднесені: температура, час, величина рН. Технологічний процес виробництва м'ясних напівфабрикатів представлений з використанням процесного підходу і декомпозицією виконуваних дій.

Модель складається з декількох рівнів відображення ієрархічно впорядкованих технологічних процесів. Не дивлячись на те, що експериментальні дослідження здійснювалися тільки для охолоджених м'ясних напівфабрикатів, при реалізації моделі управління технологічною системою виробництва м'ясних напівфабрикатів можливе використання як охолодженої, так і замороженої м'ясної сировини, що описано у блоках функцій.

Ця модель представлена єдиним блоком з граничними стрілками і є блоком верхнього рівня, званого А - 0. Зв'язки об'єкту моделювання відображають зв'язки з довідками: вхідними ресурсами, переліком нормативної документації, відповідальними особами. Оскільки єдиний блок представляє увесь об'єкт, його ім'я - загальне для усього проекту.

Для виробництва напівфабрикатів в цех поступають: м'ясна сировина (від зовнішнього постачальника, забійного цеху) і вхідної документації (що поступає від постачальника).

На підприємстві використовується документація: відділ виробничо-матеріального постачання (ВВМП), зовнішній покупець (документ про аналіз ринку і потреб споживачів), виробництво (документація, за якою буде зроблений напівфабрикат), служба якості (система менеджменту якості на підприємстві), Держстандарт (стандарты і нормативи, яким повинні відповідати вироблені напівфабрикати).

Виробництво напівфабрикатів здійснюється за допомогою персоналу і матеріальних ресурсів (постачальник транспорту, держветслужба, штат співробітників, служба безпеки, зовнішній постачальник, виробництво, зовнішній покупець).

Результатом виконання усіх технологічних операцій є звіти про діяльність підприємства (спрямовуються керівництву), напівфабрикати (зовнішній покупець, зовнішній постачальник, утилізатор, виробництво) і вихідна документація (зовнішній покупець).

Ділянка виробництва напівфабрикатів представлена як функціональна структура процесу, який припускає не лише ведення кількісного обліку, але і контроль показників якості сировини, впровадження системи ідентифікації і слідування.

Зміна параметрів обробки або зберігання сировини на кожному окремому підпроцесі може впливати на кінцевий показник якості і рівень безпеки готового продукту, тому потрібний контроль реалізації різних варіацій технологічних режимів обробки сировини, параметрів виробничого середовища.

Для цього технологічних процес виробництва напівфабрикатів нами був розглянутий до рівня конкретних операцій, операції, що доки виділяються, залишаються технологічно невизначені.

У зв'язку з цим блок виробництва напівфабрикатів м'ясопереробного підприємства був декомпонований на такі операції як управління виробництвом напівфабрикатів; вступ сировини і матеріалів; зберігання і обробка м'ясної сировини, отгрузка у виробництво; здійснення технологічних операцій.

Модель включає три типи документів: графічних діаграм, текст і глосарій. Ці документи мають перехресні посилання один на одного.

Все це веде до впровадження НАССР на даному підприємстві при виробництві охолоджених напівфабрикатів.

НАССР - це потужна система, що може застосовуватися до великого спектру простих і складних операцій. Вона використовується для забезпечення безпечності харчових продуктів протягом усього ланцюга виробництва і реалізації харчового продукту. Такий ланцюг або агрохарчовий ланцюг – це послідовність етапів та виробничої діяльності (виготовлення та обіг харчових продуктів), включаючи всі етапи виробництва, оброблення, збуту, зберігання, транспортування, імпорту, експорту та розміщення на ринку харчових продуктів та їх інгредієнтів, починаючи з первинного виробництва включно до кінцевого споживання. Агрохарчовий ланцюг також включає матеріали, призначені для контактування з харчовими продуктами, харчові добавки, а також торгівлю, громадське харчування та пов'язані з ним служби. Діяльність виробників у тому, що стосується безпечності харчових продуктів, повинна спиратись на усвідомлення інтегрованого підходу, що передбачає нерозривність та взаємопов'язаність всіх етапів агрохарчового ланцюга.

Для впровадження системи НАССР виробники повинні досліджувати не тільки їх власний продукт і методи його виготовлення. В ідеалі вимоги системи НАССР повинні бути застосовані і на підприємствах - постачальниках сировини та допоміжних матеріалів, і в системах обігу та роздрібною торгівлі – вздовж усього агрохарчового ланцюга.

Переваг від використання системи НАССР багато. Нижче наведені найважливіші з них:

Застосування НАССР є підтвердженням виконання виробником законодавчих і нормативних вимог.

Нами запроповано наступні принципи НАССР.

Критичні межі - межі біологічного, хімічного або фізичного стану між допустимим і недопустимим рівнем вимірюваного параметру.

Контроль - стан, за якого необхідні методи виконують, а критерії дотримують.

Контролювати - здійснювати всі необхідні дії для досягнення і дотримання відповідності прийнятним НАССР критеріям.

Заходи контролю - будь-які дії чи роботи, спрямовані на запобігання чинникам, що загрожують безпеці харчових продуктів, чи зниження їхнього впливу до прийнятної рівня.

Моніторинг - систематичний нагляд, вимірювання, реєстрація і оцінювання всіх складників процесу отримання, виробництва і реалізації продукції. Саме моніторинг дає змогу оцінити ступінь ризику для здоров'я людини від споживання продукту через надходження з їжею різних контамінантів.

Коригувальна дія - будь-яка дія, яка має бути виконана в тому разі, коли результати моніторингу вказують на втрату контролю.

Перевірка - оцінка загальної ефективності виконаних робіт з управління системою забезпечення якості. Це дає змогу визначити перелік потенційно небезпечних чинників, відповідних їм критичних точок, критичних меж і здійснювати моніторинг для кожної ККТ.

Виробничий процес - сукупність взаємопов'язаних операцій від моменту отримання матеріальних ресурсів до відправлення готової продукції споживачеві.

Дерево рішень - послідовність питань, які можуть бути поставлені на кожному виробничому етапі для виявлення ризиків для їх подальшого корегування.

Діаграма послідовності операцій - схематичне подання послідовних етапів або операцій, які здійснюються під час виробництва конкретного харчового продукту.

Сировина - матеріали, які використовують для виробництва продукту. У НАССР до неї належать матеріали, які використовують у переробці, контактують із продуктом у процесі виробництва, тобто інгредієнти, добавки, проміжні продукти і упаковка.

НАССР-план - документ, підготований відповідно до принципів НАССР для забезпечення управління суттєвими ризиками в рамках сфери використання системи НАССР.

Технологічна система зумовлює якість виконання технологічних процесів, в результаті здійснення яких формується більшість показників якості і безпеки продукції – сенсорна (органолептична), мікробіологічна, фізико-хімічна, і ін. Усі технологічні процеси, що визначають характеристики готового продукту, повинні здійснюватися в контрольованих і керованих умовах. Найкращих результатів можна досягти, тільки маючи вичерпну інформацію про можливості технологічних процесів і за наявності ефективної системи управління ними. Характеристики готової продукції є одними з показових, об'єктивних критеріїв ефективності функціонування будь-якої системи управління підприємством.

Під час технологічного процесу можливе виникнення різних нерегламентованих ситуацій, обумовлених несправністю або відмовами засобів контролю, устаткування, помилками задіяного робочого персоналу, порушеннями під час експлуатації і технічного обслуговування устаткування, коливаннями характеристик початкової м'ясної сировини. Подібні ситуації, не викликаючи порушення загального функціонування системи і переривання технологічних процесів, відбиваються на показниках якості і безпеки готового продукту [1].

Таким чином, технологічна система є сукупністю функціонально взаємозв'язаних засобів технологічного оснащення, предметів виробництва і виконавців для виконання в регламентованих умовах виробництва певних технологічних процесів або операцій, що реалізовується у вигляді графічної моделі.

Впровадження такої системи на підприємстві дає змогу визначити, наскільки добре воно контролює процес виготовлення й оцінити його рівень із досягнення рівня безпеки харчової продукції відповідно до встановлених стандартів.

Застосування розробленої моделі, а також програми, за прогнозуванням терміну придатності продукту дозволять підприємству оптимізувати витрати на виробництво, раціонально використати м'ясну сировину, понизити відсоток продукції з невідповідностями, понизити кількість поверненої продукції.

Висновки

1. Впровадження принципів НАССР в умовах виробництва м'ясних напівфабрикатів вимагає поглибленого розуміння факторів та їх взаємного впливу на безпечність і якість продукції на кожному етапі технологічного процесу.

2. Згідно серії експериментів науково-дослідної роботи доведено, що у тісному прямому зв'язку із швидкістю зростання мікроорганізмів м'ясного продукту знаходиться величина його рН для усіх зразків напівфабрикатів. І чим вище було початкове значення рН, тим швидше збільшувалася кількість мікроорганізмів, що сприяло прояву органолептичних ознак псування.

3. Аналіз результатів дослідження показників м'ясної сировини і зразків м'ясних напівфабрикатів показав, що експериментальна температура і тривалість знаходження при ній м'ясної сировини не зробили істотного впливу на фізико-хімічні показники зразків м'ясних напівфабрикатів в процесі їх зберігання.

4. Доведено, що рівняння Ареніуса можливо застосовувати для прогнозування терміну придатності продукту, ґрунтуючись на показниках температури, рН і первинного мікробіологічного забруднення сировини.

5. Результати проведених комплексних досліджень запропоновано виробництву для побудови комп'ютерної моделі прогнозування.

6. Пропонується для цього використання програмного забезпечення створеного на скриптовій мові програмування PHP (Hypertext Preprocessor).

Список використаної літератури

1. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». Редакція від 20.01.2018 - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80>
2. Про затвердження Вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (НАССР) Наказ Міністерства Аграрної Політики та Продовольства України 01.10.2012 № 590. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1704-12>
3. Посібник для малих та середніх підприємств м'ясопереробної галузі з підготовки та впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів на основі концепції НАССР. – К.: Міжнародний інститут безпечності та якості харчових продуктів (IFSQ), 2011.– 236 с.
4. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посібник. \ А.М.Єріна. — К.: КНЕУ, 2001. — 170 с.
5. Грегірчак Н.М.. Мікробіологічні основи НАССР: Конспект лекцій для студ. напряму 6.051401 «Біотехнологія». – К.: НУХТ, 2013. – 92с.
6. Маньковський А. Я. Технологія продуктів забою тварин : підручник / А. Я. Маньковський, Т. А. Антонюк. – К. : Агроосвіта, 2014. – 336 с.
7. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: Підручник /М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін. за ред. М.М. Клименка. — К.: Вища освіта, 2006. — 640 с.
8. Корчинський Г. А. Хімія / Г. А. Корчинський. – Вінниця : Поділля-2000, 2002. – 525с.