

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОДУКЦИИ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМАХ

Лисицын А.Б., Никитина М.А., Чернуха И.М.

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН,
Россия, г. Москва ул. Талалихина д.26

info@fncps.ru, nikitinama@yandex.ru, imcher@inbox.ru

Аннотация: Рассматривается мясоперерабатывающее предприятие как сложная система. Кратко изложены алгоритмическое и программное обеспечение численной реализации «Дерева принятия решений» для каждого этапа трофологической цепи производства мясopодуlктов от поля до потребителя, позволяющее выявить опасности, идентифицировать риски, установить и охарактеризовать критические контрольные точки.

Ключевые слова: управление качеством, прослеживаемость, технологический процесс.

Введение

Цвиркун Д.А. [1] дает определение крупномасштабных систем. Так, крупномасштабная система “определяется составом и взаимосвязями управляющих и производственно-транспортных элементов в динамике их развития и функционирования, распределением функций управления по элементам организационной иерархии и заданий по производственно-транспортным элементам”.

Мясоперерабатывающее предприятие – сложная система, а контроль качества выпускаемой продукции – сложный многоступенчатый процесс, в который должны быть вовлечены все его составляющие – от производства сырья (выращивание животных) до реализации готовой продукции. Только управление качеством, осуществляемое на всех этапах и уровнях трофологической цепи, способно обеспечить снабжение населения качественной и безопасной пищевой продукцией. Таким образом, мясоперерабатывающее предприятие можно рассматривать как крупномасштабную систему

Для современных предприятий наиболее актуальной задачей является обеспечение надежного управления всем объемом разнородной информации, которая создается, хранится, обрабатывается и используется в различных информационных системах, существующих на предприятии и связанных с информационной поддержкой продукции в течение ее жизненного цикла. С точки зрения пользователя информационных систем, эта задача сводится к получению для дальнейшей обработки необходимой информации в нужное время и в нужном виде [2].

Согласно стандарту ИСО 9000-2015 [3] одним из основных принципов системы менеджмента качества является процессный подход. В настоящее время существует следующая пирамида управленческих систем, используемых на предприятиях (рис. 1).



Рис. 1. Пирамида управленческих производственных систем

На нижнем уровне находятся SCADA-системы, отвечающие за технологический процесс того или иного изделия.

SCADA-системы (Supervisory Control And Data Acquisition) – это инструментальная программа, обеспечивающая создание программного обеспечения для автоматизации контроля и управления технологическим процессом в режиме реального времени. Основная цель создаваемой с помощью

SCADA программы – дать оператору, управляющему технологическим процессом, полную информацию о процессе и необходимые средства для воздействия на него.

В производственной зоне предприятия должна применяться концепция HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) [4]. Согласно которой разработка системы производственного процесса должна включать три стадии (этапа):

- оценку гигиенической опасности (Hazard), связанную с определенным пищевым продуктом и определение риска;
- определение критических контрольных точек (ККТ), в которых может проявиться недопустимый риск;
- выявление и отслеживание контрольных параметров, с помощью которых можно предотвратить или свести до приемлемых параметров имеющиеся опасности.

Идея системы управления качеством заключается в минимизации несоответствий и отслеживаемости вырабатываемой продукции путем создания максимально оперативной системы принятия управленческих решений и распределения функций и ответственности для избежания хаоса. Система управления качеством не является панацеей от разного рода проблем, это всего лишь инструмент, позволяющий добиваться максимальных результатов при имеющихся ресурсах.

1 Прослеживаемость и интегрированный контроль

Традиционные схемы подтверждения качества и безопасности продукции базируются на оценке отдельных показателей, подлежащих контролю. В основном, это осуществляется на этапе выхода готового продукта с предприятия в реализацию. В этом случае представляется затруднительным еще на стадии проектирования производства прогнозировать вероятные отклонения показателей безопасности продукции и реализовать адекватные предупреждающие мероприятия, которые в дальнейшем могут сократить затраты на ее доработку и переработку, либо утилизации - в случае отрицательных результатов при испытаниях. Преимущество системы HACCP состоит в возможности применения ее принципов на всех этапах технологической цепи [5].

Международной организацией по стандартизации (ISO) принят международный стандарт ИСО 22000:2018, предлагающий системы менеджмента безопасности пищевых продуктов для предприятий, участвующих в создании продуктов питания на всех этапах их жизненного цикла. Стандарт создан на основе принципов HACCP и является способом управления, обеспечивающим выпуск безопасной пищевой продукции в рамках продуктовой цепи, начиная от сельскохозяйственных производителей и заканчивая розницей [6].

Согласно ИСО 22000:2018 «организации должны разработать и применять систему прослеживаемости, которая дает возможность обозначить партии продукции и установить их связь с партиями сырья, а также с записями по их обработке и поставке. Система прослеживаемости должна быть способной обеспечить выявление сырьевых и других материалов, поступающих от прямых поставщиков и первых пунктов распределения конечной продукции» [7, 8]. Данная система позволит отследить путь партии продукта от сырья до переработки и реализации, т.е. идентифицировать товар на каждом технологическом этапе.

В 2006 г. Международной комиссией ФАО/ВОЗ разработан Кодекс Алиментариус (CAC/GL 60-2006) «Принципы прослеживаемости / отслеживания продукции как механизма, применяемого в системе контроля и сертификации пищевых продуктов». В Разделе 2 Кодекса прослеживаемость продукции определяется как «механизм результативности соответствующих мер безопасности пищевых продуктов, например, путем предоставления информации о поставщиках или клиентах, вовлеченных в проблемы потенциальной безопасности пищевых продуктов, включая целевой отзыв продукции/ее аннулирование» [4].

Вопросы прослеживаемости продовольственной продукции становятся основными при решении таких проблем национального значения, как повышение качества пищевой продукции [9], обеспечение продовольственной безопасности [10], обеспечение информированности конечного потребителя [11] о составе и происхождении ингредиентов пищевой продукции.

В России обеспечение прослеживаемости связано в первую очередь с развитием использования ФГИС «Меркурий» [12]. Основная функция системы «Меркурий» – поддержание внутренней электронной сертификации всех типов грузов, отслеживания пути их перемещения по территории России, повышения биологической и пищевой безопасности. Однако, в настоящее время во ФГИС «Меркурий» предусмотрена прослеживаемость низкого разрешения, которая позволяет определить, например, молоко каких ферм использовано для изготовления партии продукции, выпущенных на конкретную дату. Операции производственного процесса в ФГИС «Меркурий» не фиксируются.

Производственный процесс представляется, как «черный ящик», для которого фиксируется только входное сырье и выходная продукция. Эта ситуация имеет технические варианты решения, однако для его внедрения необходимы достаточно серьезные изменения всей системы.

Концепция интегрированного контроля требует открытой коммуникации и применения соответствующих информационных технологий. Все участвующие в производстве (от производителей кормов до продавцов) должны вести соответствующие записи о деятельности, и соответствующие данные должны предоставляться властям. Только таким образом можно добиться возможности обратного прослеживания того или иного продукта. Возможность такого прослеживания является важной частью концепции интегрированного контроля. Она требует контроля за кормлением животных, идентификации животных и средств их перевозки, ведения записей о применении антибиотиков и другом лечении животных, четкого маркирования каждой партии животной продукции и указания всех пищевых элементов при продаже [13].

Сотрудниками ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова (с 2017 года ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН) предложена следующая схема прослеживаемости (рис. 2).

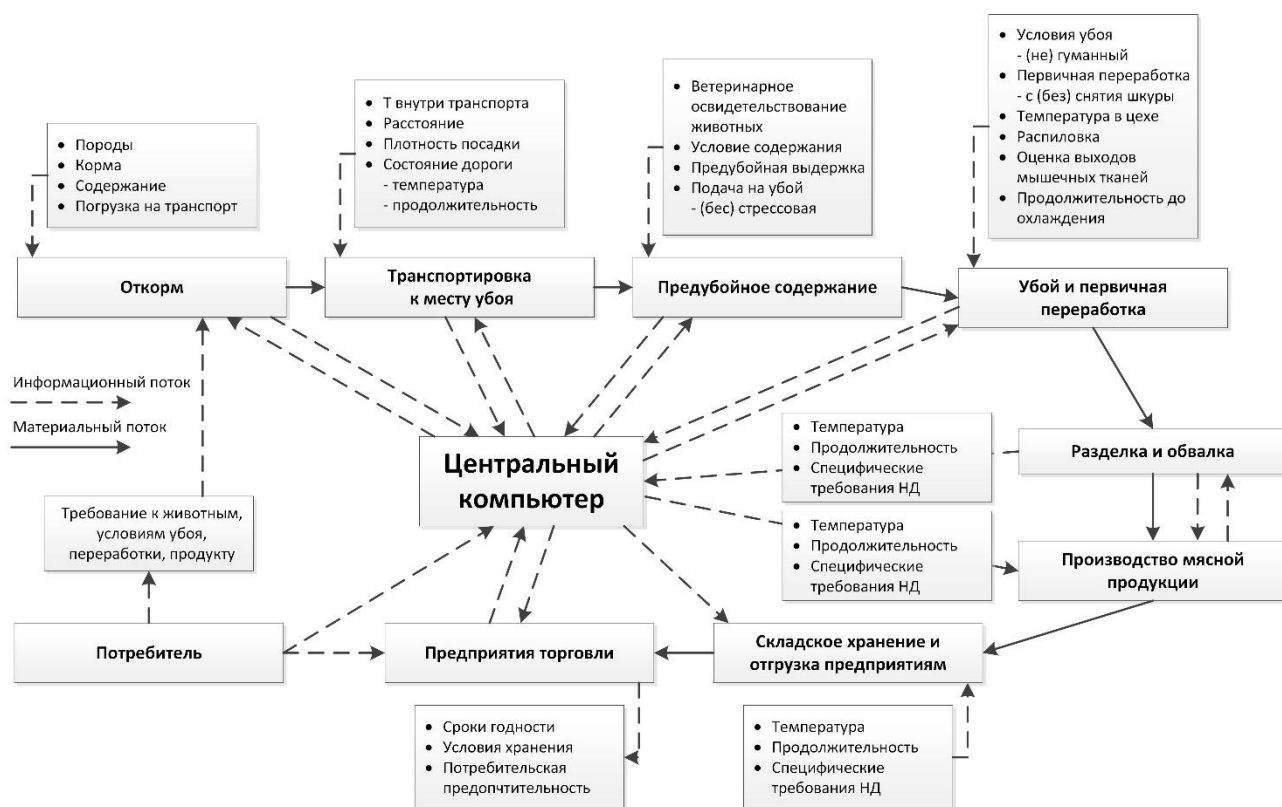


Рис. 2. Схема прослеживаемости по трофологической цепи производства мясных продуктов от поля до потребителя

Прослеживаемость должна быть обеспечена за счет постоянного сбора и анализа информации о состоянии сырья и готовой продукции, что возможно при внедрении Единой информационно-аналитической компьютерной системы для выявления потенциально опасных или вредных условий производства и оборота сырья и пищевой продукции; мониторинга состава и качества сырья по сырьевым зонам, а также продукции на всех этапах ее производства, вплоть до реализации ее потребителю и др.

2 Комплексная система обеспечения качества и безопасности

Практическим решением задачи обеспечения потребителей продукцией гарантированного качества, профилактики пищевых отравлений и обеспечения безопасности пищевых продуктов может стать внедрение концепции производства безопасной продукции гарантированного качества через формирование единой трофологической цепи по схеме «от поля до прилавка», суть которой заключается во взаимосвязанной последовательности отдельных звеньев цепи: производство кормов – выращивание – транспортирование к месту убоя – убой – переработка – производство готовой продукции – хранение и транспортирование – реализация – потребление [13].

Для этого необходимо провести анализ всех стадий производственного процесса, с учетом рисков, относящихся к категории недопустимых – зона высокого и среднего риска. Наряду с этим необходимо учитывать влияние последующих стадий производственного процесса на вероятность реализации рисков. В работах [13, 14] отмечается, что при производстве мясных продуктов 69 % составляют опасные факторы (биологические), относящиеся к недопустимому риску, 21,6 % - физические факторы и 9,4 % - химические. К числу общих ККТ относят этапы: 1) откорм; 2) съемка шкуры; 3) разделка и обвалка; 4) контроль активного начала в готовом продукте; 5) хранение в местах реализации; 6) хранение у потребителя.

Для обоснования контрольных точек система управления безопасностью пищевых продуктов базируется на следующих принципах:

- анализ опасных факторов и идентификация рисков на всех этапах производства;
- определение критических контрольных точек (ККТ);
- установление критических пределов для каждой ККТ – определение критерия, который свидетельствует о том, что процесс находится под контролем;
- установление порядка выполнения мониторинга ККТ;
- разработка корректирующих действий в том случае, если процесс выходит из-под контроля;
- учет и внедрение документации;
- проверка жизнеспособности системы.

На первом этапе происходит декомпозиция технологического процесса до уровня технологических операций

$$TP = \{TO_i(KKT), TO_i, H_i\}, i = \overline{1, N} \quad (1)$$

где TP – технологический процесс;

TO – технологическая операция;

$TO_i(KKT)$ – i -я технологическая операция, в которой может быть использовано управляющее воздействие, т.е. есть критическая контрольная точка;

TO_i – i -я технологическая операция, к которой нельзя применить управляющее воздействие, т.е. нет критической контрольной точки;

H_i – коэффициент весомости.

На втором этапе происходит формирование параметрической модели технологического процесса. Параметрическая модель учитывает 1) последовательность технологических операций, 2) совокупность параметров, с помощью которой обеспечивается прослеживаемость, контролируемость и управляемость как отдельной технологической операции, так и всего технологического процесса в целом, 3) диапазоны значений каждого из параметров, контролируемого объекта и т.д. [15-18].

Параметрическую модель в векторно-множественном представлении можно представить как:

$$P = \{P_i, N\}, i = \overline{1, N} \quad (2)$$

$$P_i = \{PR_{ij}, \alpha_{ij}, KKT_{ij}, \beta_{ij}\}, j = \overline{1, M} \quad (3)$$

$$PR_{ij} = \{PR_{ij}^T, PR_{ij}^*, \text{nor}\{PR_{ij}\}, \min\{PR_{ij}\}, \max\{PR_{ij}\}, \tau\} \quad (4)$$

$$KKT_{ij} = \{KKT_{ij}^T, KKT_{ij}^*, \text{nor}\{KKT_{ij}\}, \min\{KKT_{ij}\}, \max\{KKT_{ij}\}, \tau\} \quad (5)$$

где $i = \overline{1, N}$ – вектор количества технологических операций;

$j = \overline{1, M}$ – вектор количества j параметров на i -й технологической операции;

P – вектор параметров, контролирующих процесс производства;

P_i – вектор параметров i -ой технологической операции;

PR_{ij} – вектор j -ой контрольной точки на i -ой технологической операции;

KKT_{ij} – вектор j -ой ККТ на i -ой технологической операции;

α_{ij}, β_{ij} – безразмерные коэффициенты весомости соответственно для каждого компонента векторов P_i и KKT_{ij} ;

$PR_{ij}^T, PR_{ij}^*, \text{nor}\{PR_{ij}\}, \min\{PR_{ij}\}, \max\{PR_{ij}\}$ – текущее, заданное, нормируемое, минимальное и максимальные значения компонентов вектора PR_{ij} ;

$KKT_{ij}^T, KKT_{ij}^*, nor\{KKT_{ij}\}, min\{KKT_{ij}\}, max\{KKT_{ij}\}$ – текущее, заданное, нормируемое, минимальное и максимальное значения компонентов вектора KKT_{ij} ; τ – время текущей координаты.

Параметрические модели строятся для всех звеньев технологического процесса с позиции процессного подхода (табл. 1).

Таблица 1. Параметрическое описание звеньев технологического процесса

Вход	Управление (контролируемые/неконтролируемые параметры)	Выход
Убой и первичная переработка		
С/х животное, готовое к убою	<ul style="list-style-type: none"> - Попадание микроорганизмов с водой; - Кроссконтаминация микроорганизмами при шкуроемке и нутровке с туши на мясо; - Полнота обескровливания; - Дезинфицирующие средства, смазочные масла от оборудования и инвентаря; - «Обогатители» (витамины, минеральные вещества и пр.); - Попадание частиц инвентаря или остатков костной ткани. - Несоблюдение температурных и влажностных режимов, как следствие рост микроорганизмов. 	Туша Отрубы, мясо, субпродукты
РАЗДЕЛКА		
Туша, Отрубы, мясо	Параметры окружающей среды: <ul style="list-style-type: none"> - температура; - влажность 	Сырье, готовое к переработке, обработке
Приготовление фарша		
Сырье	<ul style="list-style-type: none"> - Температура окружающей среды <ul style="list-style-type: none"> - температура; - влажность. Температура фарша - Порядок закладки ингредиентов; - Несоблюдение температурных и влажностных режимов; - Передозировка нитритов и фосфатов; - Передозировка «обогатителей» (например, препараты селена, витамины) - Попадание моющих дезинфицирующих средств; - Попадание смазочных масел; - Попадание посторонних предметов в продукцию. - Несоблюдение правила «первый вошел – первый вышел» - Кроссконтаминация продукции от персонала. 	Фарш
Термическая обработка и охлаждение		
Фарш	<ul style="list-style-type: none"> - Несоблюдение температурных и влажностных режимов, как следствие рост микроорганизмов; - Образование токсичных соединений (ПАУ, ГЦА и др.) при копчении. 	Продукция готовая к упаковке
Упаковка, маркировка и хранение		
Продукция готовая к упаковке	<ul style="list-style-type: none"> - В отсутствии или нарушении герметичности упаковки при попадании воздуха возможен рост микроорганизмов; - Несоблюдение температурных и влажностных режимов; - Попадание посторонних предметов в готовый продукт; - Несоблюдение правила «первый вошел – первый вышел»; - Кроссконтаминация продукции от персонала. 	Готовый продукт

В соответствии с общими принципами HACCP и используя «Дерево принятия решений», определяются критические контрольные точки трофологической цепи производства мясных продуктов от поля до потребителя. При их определении использовалась разработанная компьютерная программа, реализующая «Дерево принятия решений».

В режиме диалога выбирается требуемая операция, для этой операции выбирается оцениваемый опасный фактор и далее требуется ответить на вопросы «Дерева принятия решений». В соответствии с вариантом ответов осуществляется автоматическое определение наличие или отсутствия критической контрольной точки (рис. 3).

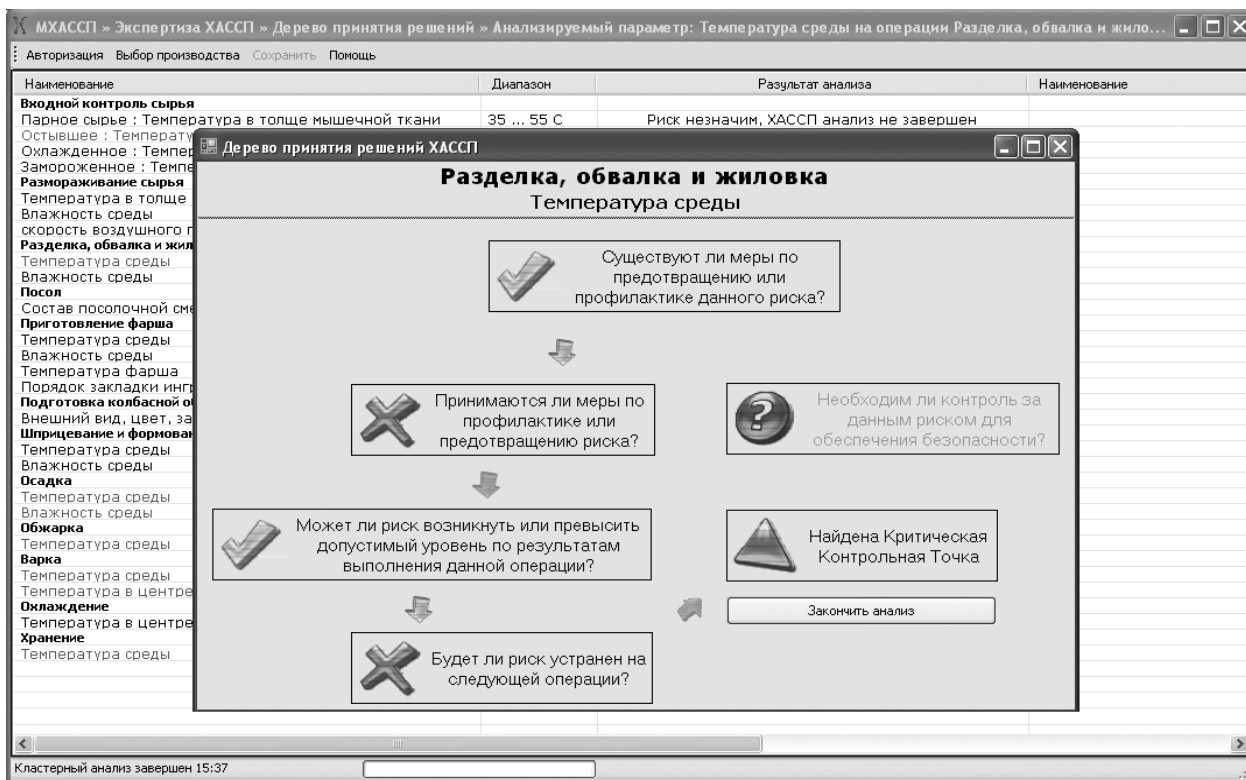


Рис. 3. Интерфейс Дерева принятия решений

Заключение

В статье мясоперерабатывающее предприятие рассмотрено с позиции крупномасштабной системы. Важнейшее место в управлении предприятием занимает система управления качеством. Решение задач прослеживаемости и прогнозирования позволят повысить качество выпускаемой продукции. На территории России действует автоматизированная информационная система «Меркурий», предназначенная для электронной сертификации и обеспечения прослеживаемости поднадзорных государственному ветеринарному надзору грузов при их производстве, обороте и перемещении по территории Российской Федерации в целях создания единой информационной среды для ветеринарии, повышения биологической и пищевой безопасности. Однако, во ФГИС «Меркурий» производственный процесс – это «черный ящик». Стоит также отметить, что задачи прослеживаемости и прогнозирования на мясоперерабатывающем предприятии усложняются многофакторностью моделей и поливариантностью характеристик. Таким образом, применение имитационного моделирования в решении этих задач позволит реализовать оперативное управление процессами производства и оптимизацию технологических параметров в режиме реального времени. Представлен программный комплекс компьютерного контроля качества и безопасности производства пищевых продуктов, основанный на принципах HACCP, который может использоваться в качестве обучающей программы для экспертов и аудиторов системы HACCP и вспомогательной при внедрении систем управления качеством на предприятиях мясной отрасли.

Литература

1. Цвиркун А.Д. Управление развитием крупномасштабных систем в новых условиях // Проблемы управления. 2003, № 1. – С. 34-43
2. Клячкин В.Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 304с.
3. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Национальный стандарт. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартиформ, 2019. – 53с.
4. Codex Alimentarius – Food Safety – European Commission. URL: https://ec.europa.eu/food/safety/international_affairs/standard_setting_bodies/codex_en
5. Бородин А.В., Чернуха И.М., Никитина М.А. Определение критических контрольных точек по трофологической цепи производства мясных продуктов от поля до потребителя // Теория и практика переработки мяса. Т. 2. 2017, № 1. – С. 69-83.
6. Куприянов А.В. Система обеспечения качества и безопасности пищевой продукции // Вестник Оренбургского государственного университета. Т. 164. 2014, № 3. – С. 164–167.
7. ISO 22000:2018 (E) - Food Safety Management System (FSMS) – Requirements for any organization in the food chain
8. ISO 22000:2018 Международный стандарт. Система менеджмента пищевой безопасности. Требования к любой организации, участвующей в цепи создания пищевой продукции. – М.: Стандартиформ, 2019. – 42с.
9. . Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года».
10. Указ Президента РФ от 30.01.2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».
11. Закон РФ от 07.02.1992 г. № 2300 – 1 (ред. от 03.07.2016 г.) «О защите прав потребителей».
12. Приказ Минсельхоза России от 27.12.2016 г. № 589 «Об утверждении Ветеринарных правил организации работы по оформлению ветеринарных сопроводительных документов, Порядка оформления ветеринарных сопроводительных документов в электронной форме и Порядка оформления ветеринарных сопроводительных документов на бумажных носителях»
13. Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Макаренко Г.Ю., Берлова Г.А., Кузнецова О.А. Качество и безопасность продукции: создание и развитие систем управления / под общ.ред.акад. РАСХН А.Б. Лисицына. – М.: Эдиториал сервис. 2010. – С.206-218.
14. Хворова Ю.А., Чернуха И.М. Методология управления несоответствиями по цепи от поля до потребителя // Все о мясе. 2012, № 3 – С. 32-35.
15. Лисицын А.Б., Костенко Ю.Г., Чернуха А.М., Протопопов И.И. Компьютерная методика формирования системы критических контрольных точек на примере технологического процесса производства вареных колбас // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007, № 2. – С. 62-65.
16. Лукин А.А. Управление качеством и безопасностью мясного хлеба на основе принципов ХАССП // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. Т.7. 2013, № 2 – С.152-158.
17. Титов Е.И., Митасева Л.Ф., Колотвина С.В., Соломко А.О. Разработка типового плана ХАССП для производства мясного продукта // Все о мясе. 2011, № 4 – С.54-58.
18. Красуля О.Н., Малофеева Ю.С. Реализация системы ХАССП в технологии производства вкусо-ароматических добавок // Мясная индустрия. 2006, № 3 – С.32-35.
19. United States Department of Agriculture. URL: <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/regulatory-compliance/haccp/resources-and-information/haccp-validation>