

*И.В. Калтович, к.т.н., доцент, Т.А. Савельева, к.в.н., доцент, А.Р. Антипина
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ СНИЖЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ (ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ) ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

*I. Kaltovich, T. Savelyeva, A. Antipina
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

PROCESS METHODS FOR REDUCING (PREVENTING OF THE FORMATION) POTENTIALLY DANGEROUS SUBSTANCES IN THE PRODUCTION OF MEAT PRODUCTS

e-mail: irina.kaltovich@inbox.ru, t.savelyeva@tut.by, a.steleria@gmail.com

В статье представлены результаты исследований по изучению технологических способов, способствующих снижению содержания (предотвращению образования) потенциально опасных веществ при производстве мясных продуктов. Определены основные факторы, оказывающие влияние на снижение содержания трансизомеров жирных кислот при изготовлении изделий: использование сырья с небольшим содержанием жировой ткани и растительных масел (при необходимости) с изначально низким содержанием трансизомеров жирных кислот, уменьшение продолжительности и температуры термообработки, модификация используемых жиров. Установлено, что наиболее эффективными способами снижения содержания (предотвращения образования) бензапирена при производстве мясных продуктов являются: подбор типа и состава древесины, проверка влажности древесины, контроль количества кислорода, температуры в зоне тления (на этапе генерации дыма) и температуры дыма в коптильной камере, продолжительности копчения, подбор коптильной камеры и оборудования рациональной конструкции, фильтрация или охлаждение дыма, очищение дыма от сажи между генератором дыма и коптильной камерой и др. Выявлены основные факторы, оказывающие влияние на снижение содержания нитрозаминов при изготовлении мясных изделий: уменьшение количества используемой нитритно-посолочной смеси (при соблюдении показателей безопасности продуктов), снижение температуры и продолжительности термообработки изделий, изготовление натуральных продуктов с небольшими сроками

The article presents the results of research on technological methods that contribute to reducing the content (prevention of formation) of potentially dangerous substances in the production of meat products. The main factors affecting the reduction (prevention of formation) of trans-isomers of fatty acids in the manufacture of products are identified: the use of raw materials with a small content of adipose tissue and vegetable oils (if necessary) with an initially low content of trans-isomers of fatty acids, a decrease in the duration and temperature of heat treatment, modification of the used fats. It has been found that the most effective methods of reducing benzapirene content in the production of meat products are: selection of the type and composition of wood, checking the moisture content of wood, controlling the amount of oxygen, the temperature in the melting zone (at the stage of smoke generation) and the temperature of smoke in the smoking chamber, the duration of smoking, selecting the smoking chamber and equipment of rational construction, filtering or cooling smoke, cleaning smoke from soot between the smoke generator and the smoking chamber, etc. The main factors affecting the reduction (prevention of formation) of nitrosamines in the manufacture of meat products were identified: a decrease in the amount of nitrite salting mixture used (subject to product safety indicators), a decrease in the temperature and duration of heat treatment of products, the manufacture of natural products with short shelf life, the use of ascorbates, ascorbic acid, nicotinic acid, glucose delta lactone (HDL) to inhibit the formation of nitrosamines and to increase the intensity and stability of coloration of finished products, etc.

годности, использование аскорбинатов, аскорбиновой, никотиновой кислоты, глюконо-дельта-лактона (ГДЛ), способствующих ингибированию образования нитрозаминов и повышению интенсивности и стабильности окраски готовых изделий и др.

Ключевые слова: потенциально опасные вещества, трансизомеры жирных кислот, полициклические ароматические углеводороды, бензапирен, фенолы, нитрозамины

Key words: potentially hazardous substances, fatty acid transisomers, polycyclic aromatic hydrocarbons, benzapyrene, phenols, nitrosamines

Введение. В настоящее время проблема безопасности пищевых продуктов имеет важное значение и является одним из наиболее актуальных вопросов общественного здравоохранения. На рынке представлен широкий ассортимент пищевых продуктов, которые обеспечивают вкусовую привлекательность, удобство и новизну. Однако широкая доступность и активный маркетинг многих из этих продуктов, особенно имеющих высокое содержание трансизомеров жирных кислот (ТЖК), насыщенных жиров, нитрозаминов, бензапирена, препятствуют возможности придерживаться здорового питания [1, 3, 4].

Во всем мире активно развернулась борьба по снижению содержания трансизомеров жирных кислот в пищевых продуктах. Всемирной организацией здравоохранения рекомендовано снизить потребление ТЖК до 1% от суточной калорийности рациона, что соответствует 2% от общего потребления жиров. В плане действий по реализации Европейской стратегии профилактики и борьбы с неинфекционными заболеваниями также отмечена необходимость проведения маркетинга и замены трансизомеров жирных кислот в пищевых продуктах полиненасыщенными жирными кислотами [3, 8].

Нитроамины – это вещества, обладающие выраженными канцерогенными свойствами, которые легко образуются как в пищевых продуктах, так и в организме человека из предшественников – соединений, содержащих азот (нитриты, нитраты и др.). Данные потенциально опасные вещества оказывают отрицательное воздействие на организм человека, преимущественно поражая печень и способствуя развитию злокачественных опухолей. Чаще всего нитроамины содержатся в копченых мясных изделиях, колбасах, приготовленных с добавлением нитритов, количество которых в значительной степени зависит от рН и температуры проведения технологического процесса, а также наличия антиокислителей в мясной фаршевой системе (к примеру, аскорбиновой кислоты, изоаскорбатов и др.), что оказывает влияние на остаточное содержание данных веществ в готовых изделиях [4, 14].

Бензапирен – ароматическое соединение, представитель семейства полициклических углеводородов, вещество первого класса опасности. Основными пищевыми источниками бензапирена являются копченые продукты. Рассматривая процессы копчения, специалисты (Апалькова Г.Д., Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск) отмечают, что в копченых продуктах содержание бензапирена составляет до

500 мкг/кг. В то же время Всемирная организация здравоохранения рекомендует поступление бензапирена с пищей на уровне не более 0,36 мкг в день [1, 3, 7].

Учитывая актуальность проблемы негативного влияния потенциально опасных веществ (трансизомеров жирных кислот, нитроаминов, бензапирена и др.) на здоровье человека, отсутствие сведений об уровнях накопления данных веществ при различных параметрах технологических процессов производства мясных

изделий, разработка теоретических и практических основ и способов снижения содержания потенциально опасных веществ в данных продуктах является актуальной задачей, а ее решение будет способствовать расширению ассортимента безопасных для здоровья потребителей мясных изделий, отличающихся сниженным содержанием трансизомеров жирных кислот, нитрозаминов, бензапирена и других потенциально опасных веществ.

Цель исследований – изучить технологические способы, ведущие к снижению содержания (предотвращению образования) потенциально опасных веществ (трансизомеров жирных кислот, нитрозаминов, полициклических ароматических углеводородов, бензапирена, фенолов) при производстве мясных продуктов.

Материалы и методы исследований. Материалы исследований – мясное сырье и продукты, потенциально опасные вещества (трансизомеры жирных кислот, нитрозамины, полициклические ароматические углеводороды, бензапирен, фенолы), образующиеся при производстве мясных изделий.

Метод исследований – аналитический. При выполнении научно-исследовательской работы использован фонд Национальной библиотеки Беларуси, Белорусской сельскохозяйственной библиотеки им. И.С. Лупиновича, фонд отечественных диссертаций и диссертаций Российской государственной библиотеки.

Результаты и их обсуждение. В результате выполнения НИР изучены основные потенциально опасные вещества и установлена возможность их образования при производстве мясных продуктов, а также определены основные факторы, оказывающие влияние на снижение содержания (предотвращение образования) данных веществ в готовых изделиях. Основные потенциально опасные вещества, образующиеся при производстве мясных изделий и представляющие проблему для здорового питания, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Основные потенциально опасные вещества, образующиеся при производстве мясных продуктов

Источник данных: собственная разработка.

Трансизомеры жирных кислот

Жиры, входящие в состав пищевых продуктов, являются неотъемлемой составной частью пищи и необходимы человеку для полноценной жизни. Жиры и масла животного или растительного происхождения на 96–98% представлены смесью триглицеридов с алифатическими остатками жирных кислот. В качестве таких жирных кислот выступают предельные, моно- и полиненасыщенные кислоты, причем на долю мононенасыщенных кислот приходится более половины соединений, а еще 10–20% составляют наиболее ценные для формирования биологических структур полиненасыщенные жирные кислоты с двумя - шестью двойными химическими связями. Такие связи способны проявлять эффект *cis*- (заместители находятся по одну сторону от $\uparrow C=C \uparrow$ связи) или *trans*- ($\uparrow C=C \downarrow$) изомерии [3, 8, 9].

Трансизомеры жирных кислот – это одна из форм ненасыщенных жиров с симметричным расположением цепей. Они могут быть натуральными или созданными искусственно.

Все основные природные ненасыщенные жирные кислоты имеют *cis*-форму. Наличие *trans*-форм непредельных жирных кислот в составе природных жиров и масел незначительно и обычно составляет доли процента. Большое количество моно- и полиненасыщенных соединений в составе жиров природного происхождения, подвергающихся различным технологическим или естественным воздействиям, способствует развитию *cis*-, *trans*-изомерии жирных кислот, т.е. переходу из природной *cis*-формы в трансизомеры. В связи с использованием интенсивной тепловой обработки и копчения сырья, широким распространением фаст-фуда проблема образующихся в результате этого трансизомеров является одной из причин развития у населения «заболеваний века» [5, 6, 11].

Природные трансжиры образуются из-за деятельности бактерий в желудке жвачных животных и сохраняются в мясных и молочных продуктах в количестве 5–8%. В то же время искусственные трансжиры образуются в качестве побочных продуктов в процессе гидрогенизации ненасыщенных жиров, например, при производстве маргарина из подсолнечного масла, а также при различных способах технологического воздействия на разные виды сырья при производстве пищевых продуктов [8, 13].

На основании крупномасштабных популяционных исследований (Бессонов В.В., Зайцева Л.В., 2016 г.) установлена взаимосвязь потребления трансизомеров жирных кислот с риском развития ряда заболеваний (сердечно-сосудистых, онкологических, ожирения, сахарного диабета 2 типа), а также целого ряда заболеваний нервной, иммунной системы и желудочно-кишечного тракта (рисунок 2) [5, 14]. Причина в том, что потребление с пищей *trans*-форм жирных кислот в ходе обмена веществ в живом организме может провоцировать формирование «неестественных» биоструктур в органах и тканях человека.

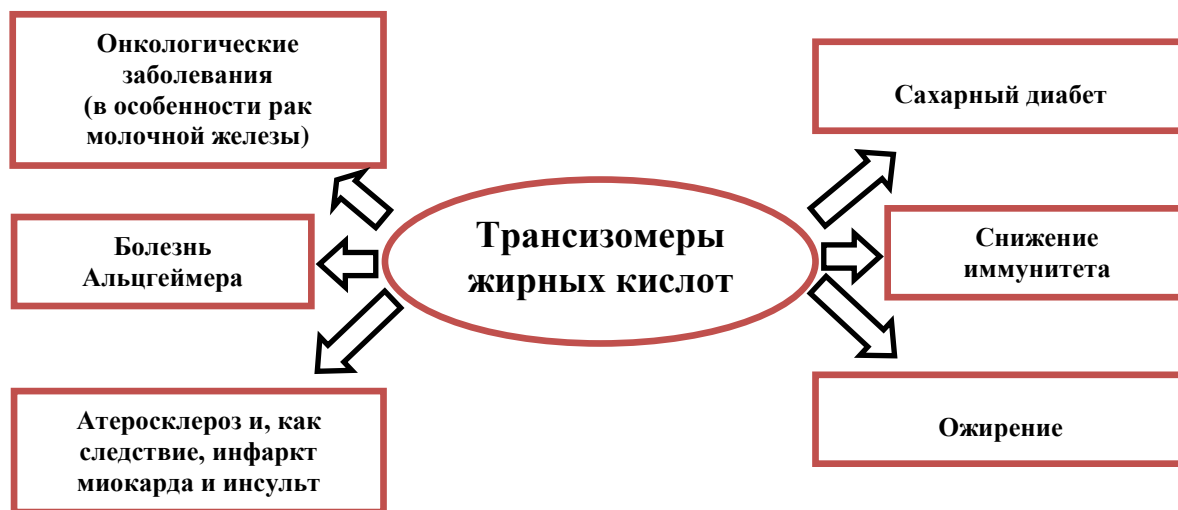


Рисунок 2 – Негативное влияние трансизомеров жирных кислот на здоровье человека
Источник данных: собственная разработка.

Трансизомеры жирных кислот, оказавшись в составе фосфолипидов клеточных мембран, влияют на работу белковых молекул, пронизывающих мембраны, так называемых трансмембранных белков. Это нарушает передачу сигналов, например, при взаимодействии гормонов с рецепторами, поскольку

рецепторы являются трансмембранными белками, а также работу рецепторов на мембранах ядер клеток, модулирующих экспрессию генов.

В результате данного процесса нарушается транспорт веществ, т.к. белковые каналы для переноса молекул через мембрану также относятся к трансмембранным белкам. В связи с тем, что фосфолипиды являются еще и сырьем для синтеза регуляторных молекул иммунной системы, наличие в них жирных кислот в транс-конфигурации приводит к нарушению биохимии воспалительных процессов [6, 8].

Помимо повышения риска развития атеросклероза и сопутствующих заболеваний сердца и сосудов, трансжиры снижают чувствительность клеток поджелудочной железы к инсулину (диабет 2-го типа), провоцируют развитие хронических воспалительных процессов и ожирение. Кроме того, трансжиры также повышают риск развития некоторых видов рака [11, 13].

На сегодняшний день в Республике Беларусь существуют требования к содержанию трансизомеров жирных кислот в составе масложировой продукции (не более 2% от общего содержания жиров), однако вместе с тем не установлены требования к содержанию данных потенциально опасных веществ в составе мясных изделий, а также отсутствуют сведения о накоплении данных соединений при производстве продуктов на основе различных видов мясного сырья в связи с различием их морфологического состава в зависимости от параметров технологических процессов, используемых при их изготовлении.

Установлено, что **основными факторами, оказывающими влияние на снижение содержания (предотвращение образования) трансизомеров жирных кислот при производстве мясных продуктов**, являются следующие:

- **использование сырья с небольшим содержанием жировой ткани** (свинины нежирной, говядины высшего сорта и др.);

- **использование растительных масел** (при необходимости) **с изначально низким содержанием трансизомеров жирных кислот** (рапсовое, оливковое и др.);

- **уменьшение продолжительности и температуры термообработки** (при соблюдении микробиологической безопасности, определенной степени кулинарной готовности и консистенции, процесса стабилизации окраски и др.);

- **модификация используемых жиров**, позволяющая минимизировать содержание в них трансизомеров жирных кислот (по данным научных исследований – снизить примерно в 10 раз):

- **фракционирование жиров;**
- **переэтерификация жиров** [3, 5, 8, 9, 11, 14].

На основании вышеизложенного следует, что **вероятность образования трансизомеров жирных кислот в вареных колбасных изделиях для питания детей несколько ниже**, чем при производстве **продуктов общего назначения** в связи со следующими **факторами**:

- **содержание жира в изделиях для питания детей по требованиям СТБ 2247-2012 «Изделия колбасные вареные для питания детей дошкольного и школьного возраста. Общие технические условия» должно быть ниже по сравнению с изделиями общего назначения не менее чем на 11,0% - для высшего сорта и на 13,0% - для первого сорта**, поэтому при изготовлении данных продуктов используется менее жирное мясное сырье, степень трансформации которого, в том числе и образование трансжиров, при дальнейшей технологической обработке ниже по сравнению с более жирными сортами мяса;

- **на рынке Республики Беларусь присутствуют мясные продукты** (вареные колбасные изделия (сосиски, вареные колбасы) для питания детей дошкольного и школьного возраста), **отличающиеся значительно меньшими размерами (диаметром изделий)** по сравнению с аналогичными продуктами общего назначения (к примеру, линейки продуктов ОАО «Агрокомбинат «Колос» и др.), поэтому для

доведения их до кулинарной готовности требуется меньше времени, что способствует уменьшению накопления трансизомеров жирных кислот при обжарке данных изделий;

- *при производстве изделий для питания детей применяются ограничения по используемому сырью*, которое может являться потенциальным источником содержания трансизомеров жирных кислот в готовых изделиях, к примеру, запрещено включение в их состав гидрогенизированных жиров, растительного масла с перекисным числом более 2 ммоль активного кислорода на 1 кг жира и др.

Полициклические ароматические углеводороды

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – высокомолекулярные органические соединения, для которых характерно наличие в химической структуре трех и более конденсированных бензольных колец. Наибольшее количество всего спектра ПАУ поступает в организм человека с пищевыми продуктами, в том числе копчеными изделиями [3, 9, 10].

Копчение является одной из старейших технологий для сохранения мяса и мясopодуkтов и характеризуется как процесс проникновения летучих соединений, образующихся из-за термического разрушения древесины [9]. Копчение продукции используется для придания пище вкуса и аромата, а также для ее консервации [5, 14].

С технологической точки зрения копчение представляет собой процесс пропитывания продуктов коптильными веществами, получаемыми в виде дыма при неполном сгорании древесины определенных пород. При этом парогазовая дымовая смесь содержит большое количество разнообразных органических и неорганических соединений, способных выполнять разные функции, а также частицы золы и сажи. Состав дыма зависит от способа его получения, температуры горения, вида древесины, густоты дыма и скорости его разбавления холодным воздухом [9, 10].

Результатом копчения является генерирование фенольных соединений, которые имеют большое значение для органолептических свойств копченых мясopодуkтов и проявляют антимикробные, а также антиокислительные свойства. Однако в процессе копчения происходят и нежелательные последствия – образование полициклических ароматических углеводородов из-за неполного сгорания древесины [5, 14]. Вместе с тем, еще одним путем поступления ПАУ в продукты питания является загрязнение воздуха, почв и воды промышленными предприятиями и автомобилями. ПАУ, будучи химически сравнительно устойчивыми, могут долго мигрировать из одних объектов в другие, попадая в трофологическую цепь, в результате обнаруживаются в продуктах, не подвергнутых процессу копчения [3, 10].

К группе ПАУ принадлежат около 660 различных соединений, некоторые из которых проявляют канцерогенные свойства. Многочисленными исследованиями показано, что полиароматические углеводороды древесины обладают выраженным канцерогенным, мутагенным и тератогенным действием на человека [9, 14] (рисунок 3). Эти вещества являются генотоксичными канцерогенами, для которых нельзя устанавливать предельные величины безопасного содержания, ниже которых не будет появляться канцерогенный потенциал. Следовательно, содержание ПАУ в пищевых продуктах должно быть «настолько низким, насколько это разумно достижимо» [5].

В 2008 г. ПАУ были оценены Международной программой по химической безопасности (International Programme on Chemical Safety – IPCS) Всемирной организации здравоохранения и Научным комитетом ЕС по безопасности продуктов питания (Scientific Committee on Food – SCF). Результатом их работы стало заключение о том, что 15 ПАУ, а именно бенз(а)антрацен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(ghi)перилен, бенз(а)пирен, хризен, дибенз(а,h)пи-рен, дибенз(а,h)антрацен, дибенз(а,e)-пирен, дибенз(а,i) пирен, дибенз(а,l) -пирен, 5-метилхризен, инден(1,2,3-cd)пирен, циклопента(с,d)пирен,

обладают ярко выраженными канцерогенными, мутагенными и тератогенными свойствами. Особую опасность ПАУ представляют также по причине их способности к биоаккумуляции в организме человека [5, 9, 10].



Рисунок 3 – Влияние полициклических ароматических углеводородов на здоровье человека
Источник данных: собственная разработка.

Характерным свойством полициклических ароматических углеводородов является их способность соединяться с хромосомным аппаратом. Попадая в организм, они могут подвергаться биоактивации под действием клеточных оксидоредуктаз. Мутагенные и тератогенные эффекты иногда являются результатом нековалентного связывания ДНК с ПАУ. В течение длительного времени считалось, что ПАУ, обладающие сильным канцерогенным действием, действуют прямо, а не через их метаболиты. В настоящее время показано, что и эти соединения являются лишь проканцерогенами, метаболизирующимися как *in vivo*, так и *in vitro* многими тканями, в том числе и эпителием и фибробластами кожи. Существует ряд путей метаболических превращений ПАУ - в результате одних образуются конечные канцерогены (для бензапирена это дигидродиолэпоксиды), в результате других – неканцерогенные фенолы, хиноны и др. [3, 9, 14].

Несмотря на известную канцерогенную активность ПАУ, на сегодняшний день практически нет разработанных критериев для оценки индивидуального онкологического потенциала веществ данного класса. Установлено, что минорные ПАУ играют не менее важную роль в риске возникновения опухолей, чем бензапирен, а с учетом их количественного содержания и синергетического эффекта смеси риски возрастают [5, 10].

В Европейском Союзе существуют два максимальных уровня ПАУ в копченых мясопродуктах: для бензапирена (BaP) – 0,002 мг/кг и для суммарного содержания четырех соединений ПАУ – бензапирена (BaP), хризена (CHR), бенз[а]антрацена (BaA) и бенз[б]флуо-рантена (BbF) (4 ПАУ) – 0,012 мг/кг (Регламент Комиссии (ЕС) № 1881 / 2006 с поправкой Регламента Комиссии (EU) № 835/2011). В то же время в Республике Беларусь суммарное содержание ПАУ в составе мясных продуктов не нормируется, в то время как содержание бензапирена не должно превышать 0,001 мг/кг в продукции общего назначения, а в изделиях для питания детей содержание данного потенциально опасного вещества не допускается [9, 14].

По мнению Возмилова А.Г. и др. (2014 г.) качество и состав копильного дыма изменяются в зависимости от условий сжигания: количества воздуха, подаваемого в зону горения, и скорости отвода дыма, температуры, полноты сгорания, влажности, вида применяемой древесины [5].

С повышением влажности древесины уменьшается содержание конденсируемых фенолов и смолистых веществ и увеличивается количество сажи и золы в дыме. Известно, что наилучшим применительно к обработке мясных и рыбных изделий является коптильный дым, полученный из древесины лиственных пород. Поэтому на практике при копчении применяют поленья дров, опилки, стружку таких лиственных пород, как бук, дуб (особенно черный), ольха, орех, береза (без коры), клен, ясень, ива, тополь, а иногда плодовых – дикую вишню, яблоню.

Внешним признаком хороших коптильных свойств дыма является его светлая окраска. Темный, тяжелый дым характерен для горения сырой древесины, которую перед использованием следует подсушить. Плотность дыма зависит от количества воздуха, подаваемого в топку [9, 10].

Основным параметром, влияющим на образование ПАУ, является температура образования дыма. Образование частиц коптильного дыма происходит при нагревании, причем чем выше температура, тем меньше размер дымных частиц. При этом концентрация ПАУ в дымной фазе снижается, а уменьшение размеров частиц дыма приводит к возрастанию проникающей способности. Увеличение температуры с 450°C до 700°C приводит к 2-3-х кратному увеличению количества ПАУ в продукте. При температуре до 450°C в процессе пиролиза образуется больше фенолов, кислот, формальдегидов, фурфурола и диацетила и поэтому дым является более ценным для копчения, чем дым, образующийся при температуре 650–750°C [5, 14].

Длительность копчения также влияет на количественное содержание ПАУ. Так, в сырокопченых мясных продуктах в натуральной оболочке количество данных потенциально опасных веществ в среднем на 1/3 выше, чем в полукопченых продуктах, изготовленных в той же оболочке. Существует определенная зависимость содержания ПАУ от рецептуры колбасных изделий. Например, в сырокопченых колбасах с использованием хребтового шпика остаточное количество данных потенциально опасных веществ выше, чем в подобных копченых продуктах, в рецептурах которых хребтовый шпик не содержится [3, 9].

Существенное влияние на уровень поглощения ПАУ из парогазовой фазы при термоллизе древесины оказывает содержание жира в обрабатываемой продукции. Основные ПАУ из тлеющей древесины попадают в жировую ткань мясного продукта при копчении, в частности, при температуре 55°C. Жировые компоненты пищевой продукции в силу высокой растворяющей способности в отношении ароматических соединений являются хорошими аккумулянтами ПАУ [10, 14]. Следовательно, существенное влияние на уровень поглощения ПАУ из парогазовой фазы при термоллизе древесины оказывает содержание жира в обрабатываемой продукции, которое при прочих равных условиях увеличивает степень абсорбции ПАУ до 10 раз. В связи с вышесказанным снижение содержания хребтового шпика в сырокопченых колбасах не повлечет ухудшение органолептических характеристик продукта, однако в значительной степени повысит его безопасность [9, 10].

Остаточное количество ПАУ в продукте также зависит от типа используемой древесины. Использование хвойных пород нежелательно вследствие смолистости древесины, т.к. содержащиеся эфирные масла отрицательно сказываются на органолептических свойствах продукта. Согласно исследованиям минимальным содержанием ПАУ характеризуются продукты, подвергнутые копчению буком и вишней, в то время как при использовании для копчения яблони в изделиях содержится на 30% больше данных потенциально опасных веществ [3, 5]. Вместе с тем, при использовании для копчения в качестве древесины лесного ореха изделия

отличаются значительно более высоким содержанием ПАУ, что, возможно, связано с повышенным содержанием веществ хиноидной структуры в лесном орехе [10].

Отдельно следует отметить бездымное копчение. Образцы копченой продукции, изготовленной с использованием коптильных препаратов, содержат до 10 раз меньшее количество ПАУ по сравнению с традиционным дымным способом копчения. Но у этого метода существует ряд технологических ограничений, в частности, невозможность одновременного совмещения копчения, обезвоживания и тепловой обработки, как при дымовом копчении [9, 14].

Исследования показывают, что получению копченых мясных изделий с пониженным содержанием ПАУ способствует целый ряд ингредиентов. К этим ингредиентам относятся многие виды специй, аскорбиновая кислота и ряд природных стабилизаторов [3].

Наиболее проницаемой для ПАУ является натуральная оболочка, которую традиционно изготавливают из кишок сельскохозяйственных животных. Белковая и фиброзная оболочки являются более плотными по структуре и проницаемость ПАУ через такие барьеры во многом затруднена. Фиброзная оболочка способна обеспечить снижение ПАУ в продукте до 40% по сравнению с натуральной [5, 9].

Бензапирен

Среди полициклических ароматических углеводородов наиболее активным в канцерогенном отношении считается бензапирен, который относится к 1 классу опасности и при попадании в организм оказывает как локальное, так и системное канцерогенное действие [1, 5, 7].

Распространенность бензапирена и его значимость в развитии онкологических заболеваниях предопределили признание его своеобразным «индикатором» канцерогенной опасности [9, 14].

Бензапирен – продукт, который преимущественно образуется в результате технической деятельности человека. Главными источниками техногенного загрязнения бензапиреном являются процессы неполного горения жидких и твердых органических веществ, таких как древесина, нефть и нефтепродукты, а также антропогенные отходы [1].

Продукты распада бензапирена накапливаются в организме человека, встраиваются в структуру молекул ДНК и вносят ошибки в генетический код. В результате существует высокий риск возникновения онкологических заболеваний. Исследования показывают, что именно бензапирен является причиной появления большинства раковых опухолей. Кроме того, этот канцероген способствует развитию таких заболеваний как ишемическая болезнь сердца, инфаркт и инсульт [7, 9, 14].

Бензапирен является одним из самых сильных и при этом широко распространенных канцерогенов. Будучи химически и термически устойчивым, обладая свойствами биоаккумуляции, он, попадая и накапливаясь в организме, действует постоянно. Помимо канцерогенного, бензапирен оказывает мутагенное, эмбриотоксическое, гематотоксическое действие.

Пути проникновения бензапирена в организм разнообразны: с пищей и водой, через кожу и путем вдыхания. Степень опасности данного потенциально опасного вещества не зависит от того, каким путем произошло попадание бензапирена в организм. В экспериментах, а также по данным мониторинга экологически неблагоприятных районов установлено, что бензапирен внедряется в комплекс ДНК, вызывая необратимые мутации, которые переходят в последующие поколения. Особую тревожность вызывает факт биоаккумуляции бензапирена: вероятность развития мутаций у ближайших поколений возрастает из-за биоаккумуляции во много раз.

Одним из основных источников поступления бензапирена в организм являются продукты питания: копчености, блюда, приготовленные на открытом огне, и любая жареная еда [1, 5, 9].

Рассматривая процессы копчения, специалисты (Апалькова Г.Д., Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, 2017 г.) отмечают, что в копченых продуктах содержание бензапирена составляет до 500 мкг/кг. В то же время Всемирная организация здравоохранения регламентирует поступление бензапирена с пищей на уровне не более 0,36 мкг в день [1, 7, 14].

На содержание бензапирена оказывают влияние вопросы технологии производства пищевых продуктов. Продукты горячего копчения содержат больше канцерогенных веществ, чем продукты холодного копчения. Уменьшить содержание бензапирена можно различными способами: – регулированием процесса образования дыма;

- обезвреживанием дыма;
- применением современных коптильных сред и др. [7, 9, 14].

Установлено, что наиболее **актуальными способами снижения содержания бензапирена** при производстве изделий являются:

- **подбор типа и состава древесины**, используемой для копчения продуктов, включая возраст дерева, содержание лигнина в применяемой древесине и др.;
- **проверка влажности древесины**, поскольку низкая влажность может привести к быстрому сгоранию данной древесины и высокому уровню бензапирена;
- **контроль количества кислорода, температуры в зоне тления** (на этапе генерации дыма) и **температуры дыма в коптильной камере, продолжительности копчения**;
- **подбор коптильной камеры и оборудования рациональной конструкции** (например, длины трубы в оборудовании), используемого для смеси дыма и воздуха;
- **фильтрация или охлаждение дыма**;
- **очистка дыма от сажи** между генератором дыма и коптильной камерой;
- **установка перегородок после генератора дыма**, оборудованных устройствами для фильтрации смол;
- **обеспечение рационального расположения пищевых продуктов в коптильной камере** или расстояния между продуктами и источником дыма;
- **контроль состава пищевых продуктов**, например, содержания жира в продуктах, подвергаемых копчению;
- **замена прямого копчения непрямым**;
- **предварительная оценка генераторов дыма**, учитывающая содержание бензапирена в вырабатываемом дыме;
- **настройка потока воздуха** с целью недопущения избыточных температур при генерации дыма;
- **снижение времени контакта пищевого продукта с дымом**, учитывая последствия для микробиологической безопасности и качества пищевого продукта;
- **установка перфорированных металлических листов между пищевой продукцией**, подвергаемой копчению, и **источником тепла** для недопущения увеличения содержания бензапирена вследствие капель жира, попадающих с пищевой продукцией на источник тепла;
- **запрет на использование древесины, обработанной химическими веществами**;
- **использование копчения с применением регенерированного дыма из конденсата** в качестве альтернативы использования свежеработанного дыма, а также **производство изделий с ароматом дыма**, применяя конденсаты дыма, например, путем распыления, погружения, инъекций или вымачивания;

- **очистка копченых продуктов** путем споласкивания или погружения в воду с целью удаления копоти и частиц, содержащих бензапирен, с поверхности изделий (при соблюдении микробиологических и органолептических показателей качества).

Поскольку **при производстве мясных изделий для питания детей** в отличие от продуктов общего назначения **не используется технологическая операция копчения**, существует **вероятность образования бензапирена лишь при обжарке данных изделий**, что требует подбора определенных **параметров данной технологической операции**, рассмотренных выше.

Фенолы

Фенолами называют производные ароматических углеводородов, в которых атом водорода, связанный с углеродом ароматического кольца, замещен на гидроксильную группу. В зависимости от числа гидроксильных групп различают одноатомные, двухатомные, трехатомные и многоатомные фенолы. Фенолы широко представлены в природе в виде различных соединений, очень редко – в чистом виде, а также являются продуктами синтеза органической химии [5, 9].

В естественных условиях фенолы обычно образуются в процессах метаболизма водных организмов, при биохимическом распаде и трансформации органических веществ, протекающих как в водной толще, так и в донных отложениях. В организме человека и животных фенолы образуются в толстом отделе кишечника при распаде ароматических аминокислот фенилаланина и тирозина. Несвязанный фенол и его метаболиты (гидрохинон и пирокатехин) выделяются с мочой в виде конъюгатов с сульфатами и глюкуроновой кислотой.

Полифенолы – один из наиболее распространенных и многочисленных классов природных соединений, проявляющих биологическую и антиоксидантную активность. Они содержатся в овощах, фруктах, зерне, приправах, а также в вине, зеленом и черном чае, кофе, какао и других продуктах и обладают противораковым, антибактериальным и противовоспалительным действием, предупреждающим развитие многих заболеваний. Содержание отдельных полифенолов в растениях определяет их окраску, аромат цветов, вкус овощей и плодов. Особую ценность представляют биофлавоноиды, обладающие антиканцерогенными, антисклеротическими и антиаллергическими свойствами.

В промышленности фенолы широко применяются в производстве пластмасс, резин, лекарств, моющих средств, ядохимикатов, топлива и других веществ и являются одним из источников загрязнения окружающей среды.

В высоких концентрациях фенол является токсичным веществом (относится к высокоопасным веществам – класс опасности II). Пары его ядовиты. Смертельная доза для человека при попадании внутрь 1–10 г, для детей – 0,05–0,5 г. Чистый фенол в виде жидкости и паров или содержащийся в других средствах способен поражать глаза, кожу, дыхательные пути и нервную систему человека. Воздействие фенола на организм человека может происходить: через вдыхание загрязненного воздуха, курение табака, употребление питьевой воды из загрязненных поверхностных или подземных источников или продуктов, содержащих фенол, путем контакта фенола с кожей при использовании косметических средств, содержащих данное потенциально опасное вещество.

Фенол хорошо всасывается из желудочно-кишечного тракта и через кожу животных и людей. Ингаляция паров фенола ведет к отеку легких, оказывает неблагоприятное действие на центральную нервную систему и сердце, приводя к аритмии, судорогам и коме. В организме фенол легко образует соединения с другими веществами. Чем выше концентрация фенола в крови, тем сильнее его неблагоприятное влияние на здоровье человека. При попадании на кожу фенол вызывает болезненные ожоги. Повторные или длительные контакты кожи с фенолом вызывают дерматит. Местно применяемый фенол приводит к раздражению кожи,

кроме того, после топического и орального дозирования может наблюдаться системная токсичность в виде поражения печени и почек.

Присутствие фенолов в пищевых продуктах связано с их копчением дымом или с использованием коптильных жидкостей. Проникновение в продукт некоторых фракций дыма, особенно фенольной, обладающей высоким бактерицидным и бактериостатическим действием, подавляет развитие гнилостной микрофлоры, способствует увеличению устойчивости изделий в процессе хранения. Иначе говоря, копчение является одним из способов консервирования. Фенол хорошо поглощается жировой тканью и, имея высокие антиокислительные свойства, препятствует порче шпика и межмышечного жира [10, 14].

Доля фенолов в формировании типичного аромата копчения в среднем оценивается на 66%, карбонильных веществ – на 14%, остальных составляющих – на 20%. Фенолы используются для придания предпочтительного товарного вида продукции, а также для усиления вкуса и аромата колбасных изделий.

Установлено, что для обогащения пищевых продуктов, предназначенных для снижения вредного воздействия фенола на организм человека, целесообразно использовать витамины группы В, аскорбиновую кислоту, токоферолы, биофлавоноиды, микроэлементы и пищевые волокна [3, 10].

Нитрозамины

Нитрозамины – это вещества, обладающие выраженными канцерогенными свойствами, которые легко образуются как в пищевых продуктах, так и в организме человека из предшественников – соединений, содержащих азот (нитриты, нитраты и др.). Данные потенциально опасные вещества оказывают отрицательное воздействие на организм человека, преимущественно поражая печень, желудочно-кишечный тракт и легкие и способствуя развитию злокачественных опухолей [2, 4, 5]. Некоторые нитроамины способны преодолевать плацентарный барьер и воздействовать на эмбрион, проявляя как канцерогенные, так и тератогенные свойства [9, 14].

Нитроамины могут образовываться в процессе технологической или кулинарной обработки пищевых продуктов, например, при жарении, копчении, консервировании мясных продуктов и т.п. В процессе хранения пищевых продуктов содержание нитроаминов может существенно возрасти. Чаще всего нитроамины содержатся в копченых мясных изделиях, колбасах, приготовленных с добавлением нитритов, количество которых в значительной степени зависит от рН и температуры проведения технологического процесса, а также наличия антиокислителей в мясной фаршевой системе (к примеру, аскорбиновой кислоты, изоаскорбатов и др.), что оказывает влияние на остаточное содержание данных веществ в готовых изделиях [3, 9].

Нитрит является сильным ядом, который в организме человека окисляет гемоглобин в метгемоглобин, что отрицательно влияет на уровень гемоглобина и может привести к кислородному голоданию [4, 14]. В связи с этим количество нитрита в мясе строго ограничено. Санитарными нормами установлены предельно допустимые нормы содержания данного потенциально опасного вещества в мясных продуктах – 5 мг %. Нитриты нужно вводить в виде нитритно-посолочной смеси и под строгим контролем производственной лаборатории [2, 5].

При реакции нитрита с вторичными аминами могут образовываться нитроамины, которые способны вызывать рак желудка и приводить к генным изменениям. Реакция между вторичными аминами и нитритом возможна только при низких значениях рН. Самым сильным канцерогеном является диметилнитроамин [3, 14].

Так как оптимум рН этих реакций находится примерно при рН = 3, то вероятность образования нитроаминов низка. Если же все-таки нитроамины

поступают вместе с нитритом, то они могут вступить в реакцию с желудочным соком. По этой причине по возможности надо стремиться к низким остаточным количествам нитрита в мясных изделиях. При использовании аскорбиновой кислоты в составе мясных продуктов снижается остаточное количество нитрита в изделиях. Особое значение имеет тот факт, что аскорбиновая кислота ингибирует реакцию аминов с нитритом даже при $\text{pH} = 3$. Таким образом, добавление аскорбиновой кислоты наряду с технологическим воздействием способствует повышению безопасности продукта [9].

При введении редуцирующих веществ в фаршевые системы количество преобразованного нитрита повышается до 90 %. Оставшаяся часть нитрита вступает во взаимодействие с другими веществами мяса, в частности с SH-группами белков. Не связанный с белком NO быстро окисляется кислородом, образуя нитрат [3]. Вместе с тем, необходимо использовать все возможности, чтобы нагрузка нитритов и нитратов на людей при употреблении мясных изделий была как можно ниже, но без повышения угрозы бактериального отравления продуктами питания [2].

В работах отечественных и зарубежных авторов показано, что с увеличением содержания жировой и соединительной ткани в мясе повышается уровень остаточного содержания нитрита и нитрозаминов в готовых продуктах. Так, при увеличении жировой ткани с 10 до 30% остаточное количество нитрита возрастает практически в 2 раза [4, 9].

Согласно требованиям ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции» содержание нитрозаминов в колбасных изделиях, продуктах из мяса всех видов убойных животных, кулинарных изделиях не должно превышать 0,002 мг/кг, а в копченых продуктах – 0,004 мг/кг.

Установлены основные факторы, способствующие *снижению содержания (предотвращению образования) нитрозаминов* при производстве мясных изделий:

- *уменьшение количества используемой нитритно-посолочной смеси* (при соблюдении показателей безопасности данных изделий);

- *снижение температуры и продолжительности термообработки изделий* (при соблюдении показателей безопасности, степени кулинарной готовности и консистенции, процесса стабилизации окраски и др.);

- *изготовление натуральных продуктов с небольшими сроками годности* в связи с возможным увеличением количества нитрозаминов в процессе хранения изделий;

- *использование аскорбинатов, аскорбиновой, никотиновой кислоты, глюконо-дельта-лактона (ГДЛ)*, способствующих ингибированию образования нитрозаминов и повышению интенсивности и стабильности окраски готовых изделий;

- *использование нежирного мясного сырья* (свинина нежирная, говядина высшего сорта и др.), поскольку аскорбиновая кислота ингибирует образование нитрозаминов при невысоком содержании жира в продукте, однако в присутствии от 10% жира она, напротив, способствует этим реакциям;

- *отказ от технологической операции копчения* сосисок и других вареных колбасных изделий или *замена данной операции использованием коптильных жидкостей* для продуктов общего назначения [2-5, 9, 14].

На основании вышеизложенного следует, что *вероятность образования нитрозаминов в изделиях для питания детей несколько ниже*, чем при производстве *продуктов общего назначения* в связи со следующими факторами:

- *содержание нитрита натрия в изделиях для детского питания по требованиям СТБ 2247 должно быть ниже* по сравнению с изделиями общего назначения *не менее чем на 40% (30 мг/кг)*, поэтому при изготовлении данных

продуктов используется значительно меньшее количество нитритно-посолочной смеси;

- *требования СТБ 2247 к изделиям для питания детей предусматривают их обогащение* с определенным содержанием микронутриентов в готовых изделиях, в том числе витамином С (аскорбиновой кислотой (10,5–25,0 мг/100г)) и РР (никотиновой кислотой (3,0–7,5 мг ниацинового эквивалента/100 г)), которые способствуют ингибированию образования нитрозаминов в составе данных продуктов;

- *содержание жира в изделиях для питания детей по СТБ 2247 должно быть ниже* по сравнению с продуктами общего назначения не менее чем на 11,0% – для высшего сорта и на 13,0% - для первого сорта, поэтому при изготовлении данных продуктов используется менее жирное мясное сырье, в присутствии которого аскорбиновая кислота и другие антиокислители способствуют более эффективному ингибированию образования нитрозаминов;

- *изготовление продуктов для питания детей небольшого размера* (по сравнению с изделиями общего назначения) *допускает возможность снижения продолжительности и температуры при термообработке данных изделий* (при соблюдении показателей безопасности), что оказывает благоприятное влияние на уменьшение количества нитрозаминов в составе данных изделий;

- *производство натуральных изделий для питания детей с низкими сроками годности минимизирует вероятность увеличения количества нитрозаминов при хранении данных продуктов* (что особенно характерно при длительном хранении для продуктов с высокими сроками годности);

- *отсутствие технологической операции копчения при производстве изделий для питания детей* снижает вероятность наличия нитрозаминов в составе готовых продуктов.

Заключение. Анализ результатов научных исследований позволил установить, что основными потенциально опасными веществами, образующимися при производстве мясных продуктов и представляющими проблему для здорового питания, являются следующие: трансизомеры жирных кислот, полициклические ароматические углеводороды, в т.ч. бензапирен, фенолы, нитрозамины, гетероциклические ароматические амины.

Учитывая многовекторность факторов, влияющих на образование трансизомеров жирных кислот, определены основные из них, способствующие снижению содержания (предотвращению образования) данных потенциально опасных веществ при производстве мясных продуктов: использование сырья с небольшим содержанием жировой ткани и растительных масел (при необходимости) с изначально низким содержанием трансизомеров жирных кислот, уменьшение продолжительности и температуры термообработки, модификация используемых жиров.

Установлено, что наиболее актуальными способами снижения содержания бензапирена при производстве изделий являются: подбор типа и состава древесины, проверка влажности древесины, контроль количества кислорода, температуры в зоне тления (на этапе генерации дыма) и температуры дыма в коптильной камере, продолжительности копчения, подбор коптильной камеры и оборудования рациональной конструкции, фильтрация или охлаждение дыма, очищение дыма от сажи между генератором дыма и коптильной камерой и др.

Выявлены основные факторы, оказывающие влияние на снижение содержания (предотвращение образования) нитрозаминов при изготовлении мясных продуктов: уменьшение количества используемой нитритно-посолочной смеси (при соблюдении показателей безопасности данных изделий), снижение температуры и продолжительности термообработки изделий, изготовление натуральных продуктов с

небольшими сроками годности, использование аскорбинатов, аскорбиновой, никотиновой кислоты, глюконо-дельта-лактона (ГДЛ), способствующих ингибированию образования нитрозаминов и повышению интенсивности и стабильности окраски готовых изделий и др.

Применение вышеперечисленных технологических способов снижения содержания потенциально опасных веществ позволит в значительной степени снизить риск образования данных соединений в готовых мясных продуктах, что будет способствовать повышению конкурентоспособности мясоперерабатывающей промышленности и благоприятно отразится на укреплении здоровья нации.

Список использованных источников

1. Альпакова, Г.Д. Показатели безопасности пищевых продуктов по содержанию бенз(а)пирена – проблемы и перспективы / Г.Д. Альпакова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Пищевые добавки и биотехнологии. – 2017. – Т.5, №2. – С. 5-10.
2. Анохина, О.Н. Проблема замены нитритов при производстве вареной колбасы / О.Н. Анохина, Д.В. Попкова // Инновации в технологии продуктов здорового питания: Сборник международной научной конференции. – 2016. – С. 30-36.
3. Беркетова, Л.В. Канцерогенные соединения, образующиеся в пищевых продуктах под действием тепловой обработки / Л.В. Беркетова, А.Д. Захарова // Бюллетень науки и практики. – 2017. - №2(15). – С. 115-120.
4. Веретов, Л.А. Все о нитрите натрия / Л.А. Веретов // Мясная индустрия. – 2012. - №11. – С. 42-45.
5. Возмилов, А.Г. Электроочистка копильного дыма от крупных частиц / А.Г. Возмилов, Ю.Н. Варфоломеев, А.А. Малюгина // Вестник челябинской государственной агроинженерной академии. – 2014. – Т.70. – С. 26-33.
6. Григорьева, А.С. Осторожно – трансжиры! / А.С. Григорьева // Юность большой волги: Сборник статей лауреатов XIX Межрегиональной конференции-фестиваля научного творчества учащейся молодежи. – 2017. – С. 42-45.
7. Долгина, Н.А. Гигиеническая оценка вредных веществ, образующихся в процессе изготовления пищевой продукции (на примере бенз(а)пирена) / Н.А. Долгина, Е.В. Федоренко, Л.Л. Бельшева, Е.В. Богущкая, А.М. Бондарчук // Наука, питание и здоровье: материалы конгр., Минск, 8-9 июня 2017 г. – Минск, 2017. – С. 504-508.
8. Иванкин, А.В. Цис-, транс-изомеризация жирных кислот / А.Н. Иванкин, Н.Л. Вострикова // Все о мясе. – 2013. - №5. – С. 43-47.
9. Кочеткова, А.А. Принципы рационального питания: медико-биологическая значимость мяса и мясопродуктов / А.А. Кочеткова, А.И. Жаринов // Мясная индустрия. – 2016. - №1. – С. 12-15.
1. Al'pakova, G.D. Pokazateli bezopasnosti pishhevyyh produktov po soderzhaniju benz(a)pirena – problemy i perspektivy / G.D. Al'pakova // Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Pishhevye dobavki i biotehnologii. – 2017. – T.5, №2. – S. 5-10.
2. Anohina, O.N. Problema zameny nitritov pri proizvodstve varenoj kolbasy / O.N. Anohina, D.V. Popkova // Innovacii v tehnologii produktov zdorovogo pitaniya: Sbornik mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. – 2016. – S. 30-36.
3. Berketova, L.V. Kancerogennye soedinenija, obrazujushiesja v pishhevyyh produktah pod dejstviem teplovoj obrabotki / L.V. Berketova, A.D. Zaharova // Bjulleten' nauki i praktiki. – 2017. - №2(15). – S. 115-120.
4. Veretov, L.A. Vse o nitrite natrija / L.A. Veretov // Mjasnaja industrija. – 2012. - №11. – S. 42-45.
5. Vozmilov, A.G. Jelektroochistka koptil'nogo dyma ot krupnyh chastic / A.G. Vozmilov, Ju.N. Varfolomeev, A.A. Maljugina // Vestnik cheljabinskoj gosudarstvennoj agroinzhenernoj akademii. – 2014. – T.70. – S. 26-33.
6. Grigor'eva, A.S. Ostorozhno – transzhiry! / A.S. Grigor'eva // Junost' bol'shoj volgi: Sbornik statej laureatov XIX Mezhhregional'noj konferencii-festivalja nauchnogo tvorchestva uchashhejsja molodezhi. – 2017. – S. 42-45.
7. Dolgina, N.A. Gigienicheskaja ocenka vrednyh veshhestv, obrazujushhiesja v processe izgotovlenija pishhevoj produkcii (na primere benz(a)pirena) / N.A. Dolgina, E.V. Fedorenko, L.L. Belysheva, E.V. Boguckaja, A.M. Bondarchuk // Nauka, pitanie i zdorov'e: materialy kongr., Minsk, 8-9 ijunja 2017 g. – Minsk, 2017. – S. 504-508.
8. Ivankin, A.V. Cis-, trans-izomerizacija zhirnyh kislot / A.N. Ivankin, N.L. Vostrikova // Vse o mjase. – 2013. - №5. – S. 43-47.
9. Kochetkova, A.A. Principy racional'nogo pitaniya: mediko-biologicheskaja znachimost' mjasa i mjasoproduktov / A.A. Kochetkova, A.I. Zharinov // Mjasnaja industrija. – 2016. - №1. – S. 12-15.

10. Куликовский, А.В. Комплексная оценка содержания ПАУ в мясной продукции / А.В. Куликовский, А.Н. Иванков, Н.Л. Вострикова // Всё о мясе. – 2017.- №3. – с. 14-17.

11. Куликовский, А.В. Накопление канцерогенных веществ в жареных котлетах в зависимости от температуры обработки / А.В. Куликовский, Д.А. Утянов, Н.Л. Вострикова // Всё о мясе. – 2018. - №2. – с. 32-35

12. Куликовский, А.В. Риски образования гетероциклических ароматических аминов в мясной продукции / А.В. Куликовский, Д.А. Утянов, А.С. Князева // Мясная индустрия. – 2020.- №8. – с. 50-52.

13. Рудаков, О.Б. Транс-изомерные жирные кислоты в мясной продукции / О.Б. Рудаков, Л.В. Рудакова // Мясные технологии. – 2019. - №3. – С. 18-21.

14. Тормозов, И.В. Токсические соединения в продуктах питания и их влияние на организм человека / И.В. Тормозов // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2019. - №9. – С. 191-193.

10. Kulikovskij, A.V. Kompleksnaja ocenka soderzhaniya PAU v mjasnoj produkcii / A.V. Kulikovskij, A.N. Ivankov, N.L. Vostrikova // Vsjo o mjase. – 2017.- №3. – s. 14-17.

11. Kulikovskij, A.V. Nakoplenie kancerogennyh veshhestv v zharenyh kotletah v zavisimosti ot temperatury obrabotki / A.V. Kulikovskij, D.A. Ut'janov, N.L. Vostrikova // Vsjo o mjase. – 2018. - №2. – s. 32-35

12. Kulikovskij, A.V. Riski obrazovanija getericiklicheskih aromaticeskikh aminov v mjasnoj produkcii / A.V. Kulikovskij, D.A. Ut'janov, A.S. Knjazeva // Mjasnaja industrija. – 2020.- №8. – s. 50-52.

13. Rudakov, O.B. Trans-izomernye zhirnye kisloty v mjasnoj produkcii / O.B. Rudakov, L.V. Rudakova // Mjasnye tehnologii. – 2019. - №3. – S. 18-21.

14. Tormozov, I.V. Toksicheskie soedinenija v produktah pitaniya i ih vlijanie na organizm cheloveka / I.V. Tormozov // Obrazovanie i nauka bez granic: fundamental'nye i prikladnye issledovanija. – 2019. - №9. – S. 191-193.