

*И.В. Калтович, к.т.н., доцент, В.С. Шакалинская, И.О. Чернухо
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ОБРАЗОВАНИЯ НИТРОЗАМИНОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ СВИНИНЫ И ГОВЯДИНЫ

*I. Kaltovich, V. Shakalinskaya, I. Chernuho
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

DETERMINATION OF NITROSAMINE FORMATION LEVEL IN PRODUCTION OF MEAT PRODUCTS BASED ON PORK AND BEEF

e-mail: irina.kaltovich@inbox.ru, meat.sector@mail.ru

В статье представлены результаты исследований по определению уровня образования нитрозаминов при производстве изделий колбасных полукопченых на основе свинины и говядины. Установлено, что уровень образования нитрозаминов в изделиях колбасных полукопченых из свинины варьирует от $2,9 \times 10^{-4}$ мг/кг (копчение при температуре 36°C в течение 1,5 часа) и повышается до $8,5 \times 10^{-4}$ мг/кг при увеличении температуры и продолжительности данного технологического процесса до 50°C и 6 часов. Вместе с тем, копчение колбасных изделий при температурах 43°C и 50°C способствует повышению уровня нитрозаминов в готовых продуктах до 1,5 и 1,7 раза по сравнению с изделиями, подвергнутыми копчению при минимальной температуре (36°C) ($7,9 \times 10^{-4}$ и $8,5 \times 10^{-4}$ мг/кг соответственно). Определено, что при изготовлении колбасных изделий на основе говядины наиболее низким уровнем образования нитрозаминов отличаются продукты, подвергнутые копчению при минимальной температуре (36°C) и продолжительности процесса (1,5 часа) – $2,3 \times 10^{-4}$ мг/кг, в то время как повышение температуры технологического процесса до 43°C приводит к увеличению содержания данных потенциально опасных веществ в 1,4 раза ($3,3 \times 10^{-4}$ мг/кг), до 50°C – в 1,7 раза ($4,0 \times 10^{-4}$ мг/кг), а повышение продолжительности процесса до 6 часов – в 2,0-2,3 раза ($5,2 \times 10^{-4}$ – $7,8 \times 10^{-4}$ мг/кг). Учет уровней образования нитрозаминов при производстве колбасных изделий в зависимости от параметров технологических процессов позволит осуществлять подбор рациональных режимов изготовления продуктов и тем самым расширить ассортимент высококачественных конкурентоспособных изделий.

The article presents the results of studies to determine the level of nitrosamine formation in the production of pork and beef-based semi-smoked sausage products. The level of nitrosamine formation in pork sausage semi-smoked products is found to vary from $2,9 \times 10^{-4}$ mg/kg (smoking at 36°C for 1.5 hour) and increases to $8,5 \times 10^{-4}$ mg/kg with increasing the temperature and duration of this process to 50°C and 6 hours. However, smoking sausages at 43°C and 50°C increases the level of nitrosamines in finished products by up to 1.5 and 1.7 times compared to products smoked at a minimum temperature (36°C) ($7,9 \times 10^{-4}$ and $8,5 \times 10^{-4}$ mg/kg, respectively). It is determined that in the manufacture of beef-based sausages, the lowest level of nitrosamine formation is distinguished by products smoked at a minimum temperature (36°C) and process duration (1.5 hours) - $2,3 \times 10^{-4}$ mg/kg, while an increase in process temperature to 43°C leads to an increase in the content of these potentially dangerous substances by 1.4 times ($3,3 \times 10^{-4}$ mg/kg), up to 50°C - 1.7 times ($4,0 \times 10^{-4}$ mg/kg) increase of process duration up to 6 hours - by 2.0-2.3 times ($5,2 \times 10^{-4}$ - $7,8 \times 10^{-4}$ mg/kg). Taking into account the levels of nitrosamine formation in the production of sausages, depending on the parameters of technological processes, will make it possible to select rational modes of product production and thereby expand the range of high-quality competitive products.

Ключевые слова: нитрозамины; изделия колбасные полукопченые; свинина; говядина; функционально-технологические; структурно-механические и органолептические показатели.

Key words: nitrosamines; semi-smoked sausage products; pork; beef; functional and technological; structural and mechanical and organoleptic indicators.

Введение. На сегодняшний день одним из актуальных вопросов общественного здравоохранения является проблема безопасности пищевых продуктов. На рынке сегодня доступен широкий ассортимент пищевых продуктов, которые обеспечивают вкусовую привлекательность, удобство и новизну. Однако в то же время широкая доступность и активный маркетинг многих из этих продуктов, особенно имеющих высокое содержание бензапирена, нитрозаминов, трансизомеров жирных кислот, насыщенных жиров, препятствует возможности придерживаться здорового питания [1, 3–6, 15].

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 и способствуя развитию злокачественных опухолей. Чаще всего нитрозамины 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 [6, 12, 14].

В связи с негативным влиянием потенциально опасных веществ (нитрозаминов, бензапирена, трансизомеров жирных кислот и др.) на здоровье человека, отсутствием 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 необходимой и актуальной задачей, а ее решение будет способствовать расширению ассортимента высококачественных конкурентоспособных мясных изделий [1, 3, 4, 8–11, 13].

Цель исследований – определение уровней образования нитрозаминов при производстве мясных продуктов (изделий колбасных полукопченых) на основе свинины и говядины в зависимости от параметров технологических процессов, используемых при их изготовлении.

Материалы и методы исследований. Объекты исследований – мясные продукты (изделия колбасные полукопченые) на основе свинины и говядины.

Методы исследований – стандартные методы исследований показателей качества и безопасности пищевых продуктов (содержание нитрозаминов, БГКП (колиформы) в 0,001 и 0,0001 г, патогенных микроорганизмов, в т.ч. сальмонелл в 25 г, *L.monocytogenes* в 25 г, КМАФАнМ, КОЕ/г).

Результаты и их обсуждение. В результате выполнения НИР определены уровни образования нитрозаминов при производстве мясных продуктов (изделий колбасных полукопченых) на основе свинины и говядины в зависимости от параметров технологических процессов, используемых при их изготовлении.

Экспериментальные образцы изделий колбасных полукопченых изготовлены в соответствии с технологической схемой производства данных продуктов, представленной на рисунке 1.

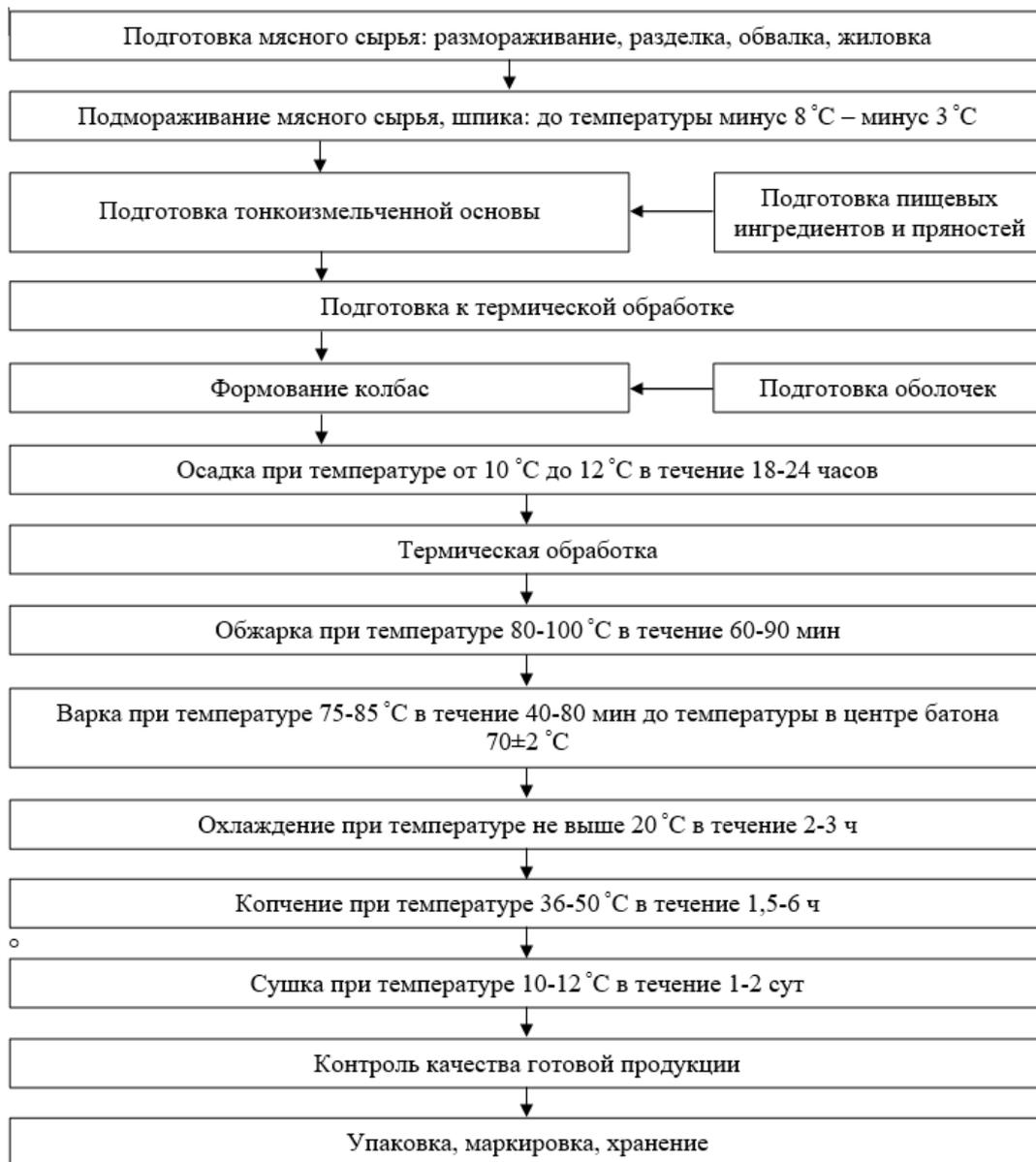


Рисунок 1 – Технологическая схема производства изделий колбасных полукопченых
 Источник данных: собственная разработка.

Определение уровней образования нитрозаминов в полукопченых колбасных изделиях проведено при копчении данных продуктов при минимальной (36°C), средней (43°C) и максимальной (50°C) температурах, а также при минимальной (1,5 часа) и максимальной продолжительности процесса (6 часов). Кроме того, изучено содержание данных потенциально опасных веществ в колбасных изделиях, изготовленных с использованием антиокислителя (аскорбата натрия в дозировке 0,05%) ($t=50^{\circ}\text{C}$, $\tau=6$ часов), а также коптильной жидкости (0,7%) взамен технологической операции копчения.



Рисунок 2 – Изготовление изделий колбасных полукопченых на основе различных видов мясного сырья
 Источник данных: собственная разработка.

Результаты исследований содержания нитрозаминов в полукопченых колбасных изделиях на основе свинины, подвергнутых копчению при различных температурах и продолжительности процесса, представлены на рисунке 3.

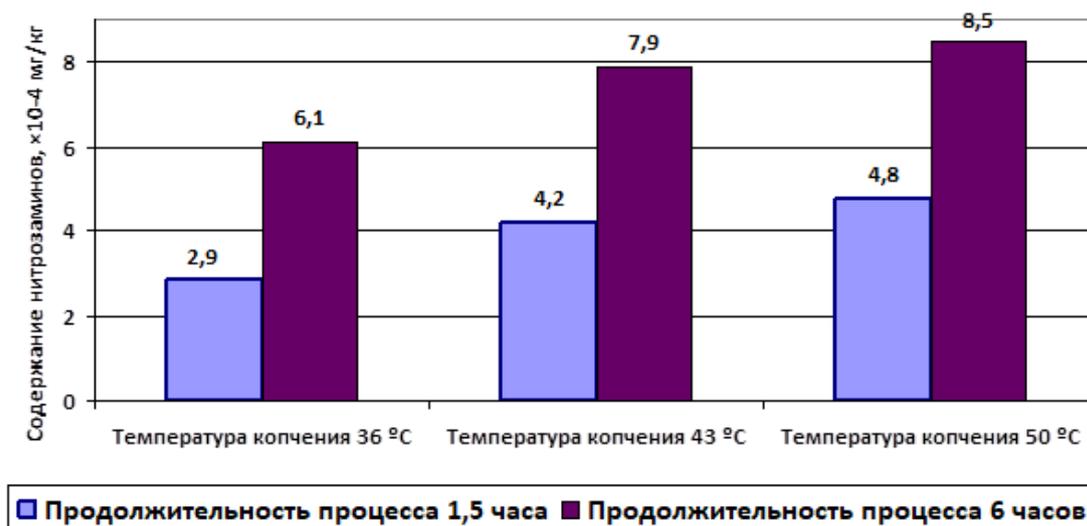


Рисунок 3 – Содержание нитрозаминов в изделиях колбасных полукопченых на основе свинины
 Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что при копчении колбасных изделий на основе свинины при температуре 50°C в течение 6 часов (максимальная температура и продолжительность процесса) уровень образования нитрозаминов в данных продуктах составляет $8,5 \times 10^{-4}$ мг/кг, в то время как уменьшение продолжительности копчения изделий при вышеуказанной температуре до 1,5 часа (минимальная продолжительность процесса) способствует снижению содержания нитрозаминов в готовых продуктах в 1,8 раза ($4,8 \times 10^{-4}$ мг/кг). В то же время при копчении колбасных изделий при температуре 43 °C уровень образования нитрозаминов составляет $7,9 \times 10^{-4}$ мг/кг, 36 °C – $6,1 \times 10^{-4}$ мг/кг (при максимальной продолжительности процесса – 6 часов) и снижается

в 1,9–2,1 раза при уменьшении продолжительности копчения до минимальной – 1,5 часа ($4,2 \times 10^{-4}$ мг/кг и $2,9 \times 10^{-4}$ мг/кг соответственно) (рисунок 3).



Рисунок 3 – Модельные фаршевые системы изделий колбасных полукопченых на основе свинины

- а) без использования аскорбата натрия
- б) с использованием аскорбата натрия (в дозировке 0,05 %)
- в) с использованием коптильной жидкости

Источник данных: собственная разработка.

Определено, что использование аскорбата натрия (в дозировке 0,05%) при изготовлении изделий колбасных полукопченых на основе свинины позволяет снизить уровень содержания нитрозаминов в готовых продуктах до $5,3 \times 10^{-4}$ мг/кг (копчение при $t=50$ °С в течение 6 часов), что в 1,6 раза ниже по сравнению с изделиями, при изготовлении которых не используется данный антиокислитель, а также обеспечить более интенсивную окраску модельных фаршевых систем (рисунок 3). При этом уровень рН фаршевых систем, изготовленных без использования аскорбата натрия, составляет 5,75, в то время как включение в рецептуры данного антиокислителя позволяет снизить значение рН до 5,44, что оказывает положительное влияние на взаимодействие оксида азота с миоглобином и образование нитрозомиоглобина, а также способствует снижению содержания нитрозаминов в готовых изделиях.

С целью комплексной оценки влияния различных технологических параметров копчения на качество колбасных изделий специалистами РУП «Институт мясо-молочной промышленности» проведена дегустационная оценка изделий колбасных полукопченых, подвергнутых копчению при минимальной и максимальной температуре (36°С и 50°С) и продолжительности процесса (1,5 и 6 часов соответственно), а также с использованием антиокислителя (аскорбата натрия) в составе рецептур продуктов (при участии 16 членов комиссии).

Установлено, что более высокой общей органолептической оценкой качества (внешний вид, цвет и вид на разрезе, запах (аромат), вкус, консистенция) отличаются образцы изделий на основе свинины с включением аскорбата натрия (в дозировке 0,05%) (копчение при температуре 50 °С в течение 6 часов) (7,3 балла), в то время как изделия, копченые при различных технологических параметрах ($t=36$ °С и 50°С, $\tau=1,5$ часа и 6 часов), без использования в рецептуре данного антиокислителя характеризуются общей оценкой качества 6,5–7,0 баллов (по 9-балльной шкале) (таблица 2). В то же время использование аскорбата натрия в составе изделий

колбасных полукопченых на основе свинины позволяет обеспечить более привлекательный цвет, вид на разрезе и внешний вид продуктов (7,1-8,3 балла (по 9-балльной шкале)) (рисунок 4).

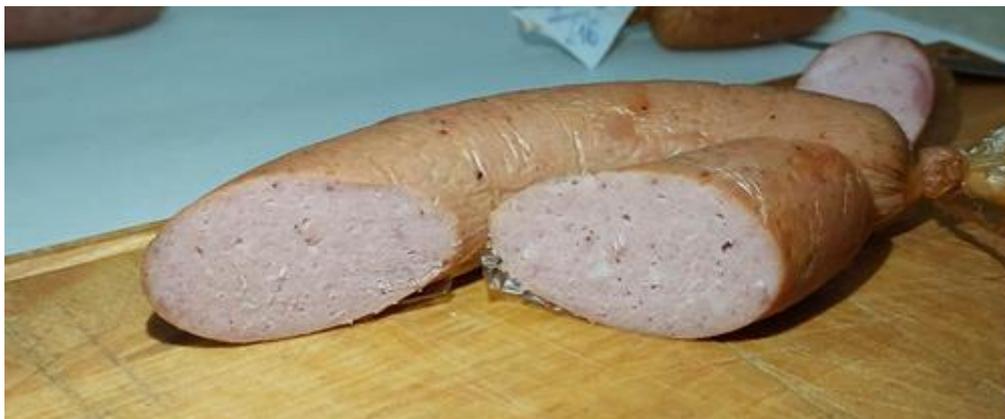


Рисунок 4 – Изделия колбасные полукопченые на основе свинины с использованием аскорбата натрия
Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что в образцах колбасных изделий с использованием коптильной жидкости взамен технологической операции копчения не обнаружено нитрозаминов, однако по органолептическим показателям (вкус, запах (аромат), цвет и вид на разрезе, внешний вид) экспериментальные образцы продуктов уступают колбасным изделиям, подвергнутым копчению при различных технологических параметрах ($t=36-50^{\circ}\text{C}$, $\tau=1,5-6$ часов).

При изучении уровней образования нитрозаминов в изделиях колбасных полукопченых на основе говядины выявлено, что при копчении продуктов при температуре 50°C в течение 6 часов значение данного показателя составляет $7,8 \times 10^{-4}$ мг/кг, 1,5 часа – $4,0 \times 10^{-4}$ мг/кг. В то же время копчение изделий при температуре 43°C позволяет обеспечить следующие уровни образования нитрозаминов при максимальной и минимальной продолжительности процесса – $7,1 \times 10^{-4}$ мг/кг и $3,3 \times 10^{-4}$ мг/кг, 36°C – $5,2 \times 10^{-4}$ мг/кг и $2,3 \times 10^{-4}$ мг/кг соответственно, что до 1,7 раза ниже по сравнению с изделиями, подвергнутыми копчению при максимальной температуре (50°C) (рисунок 5).

Установлено, что включение аскорбата натрия (в дозировке 0,05%) в изделия колбасные полукопченые на основе говядины позволяет обеспечить снижение содержания нитрозаминов в готовых продуктах в 1,7 раза ($4,6 \times 10^{-4}$ мг/кг) по сравнению с изделиями, при производстве которых не используется данный антиокислитель (копчение при $t=50^{\circ}\text{C}$ в течение 6 часов). Вместе с тем, рН модельных фаршевых систем на основе говядины без включения аскорбата натрия составляет 5,87, а использование антиокислителя позволяет снизить значение данного показателя до 5,60.

Определено, что при использовании коптильной жидкости взамен технологической операции копчения колбасных изделий на основе говядины в готовых продуктах не обнаружено нитрозаминов.

Выявлено, что уровень образования нитрозаминов в изделиях колбасных полукопченых на основе говядины несколько ниже (на 8,2–21,4%) по сравнению с изделиями на основе свинины, подвергнутыми копчению при аналогичных технологических параметрах ($2,3 \times 10^{-4}-7,8 \times 10^{-4}$ мг/кг).

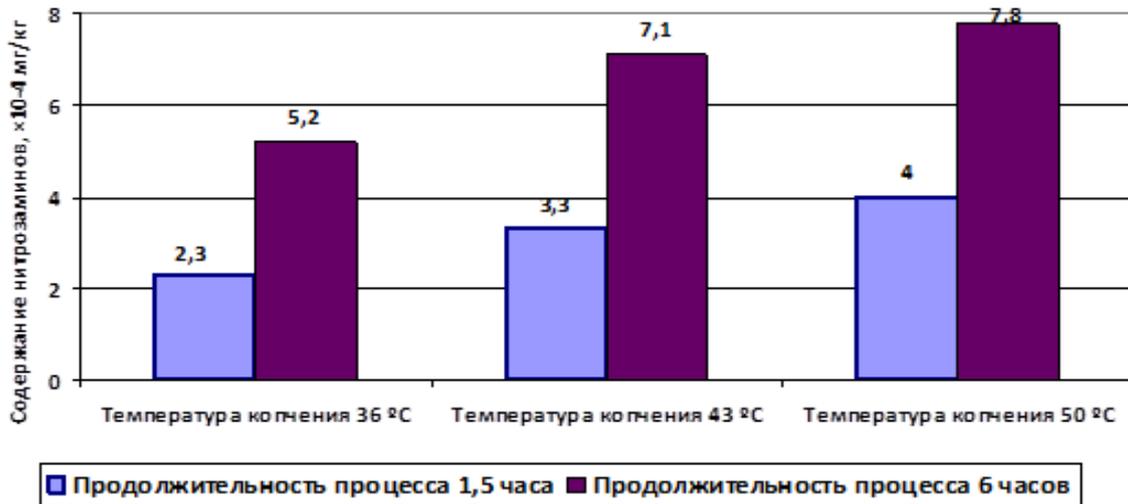


Рисунок 5 – Содержание нитрозаминов в изделиях колбасных полукопченых на основе говядины
 Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что модельные фаршевые системы колбасных изделий с включением аскорбата натрия характеризуются значительно более интенсивной окраской по сравнению с аналогичными изделиями без использования данного антиокислителя (рисунок 6), с включением коптильной жидкости – более темной окраской, а по вкусу, запаху (аромату), цвету и виду на разрезе уступают продуктам, при производстве которых не используется данный ингредиент.

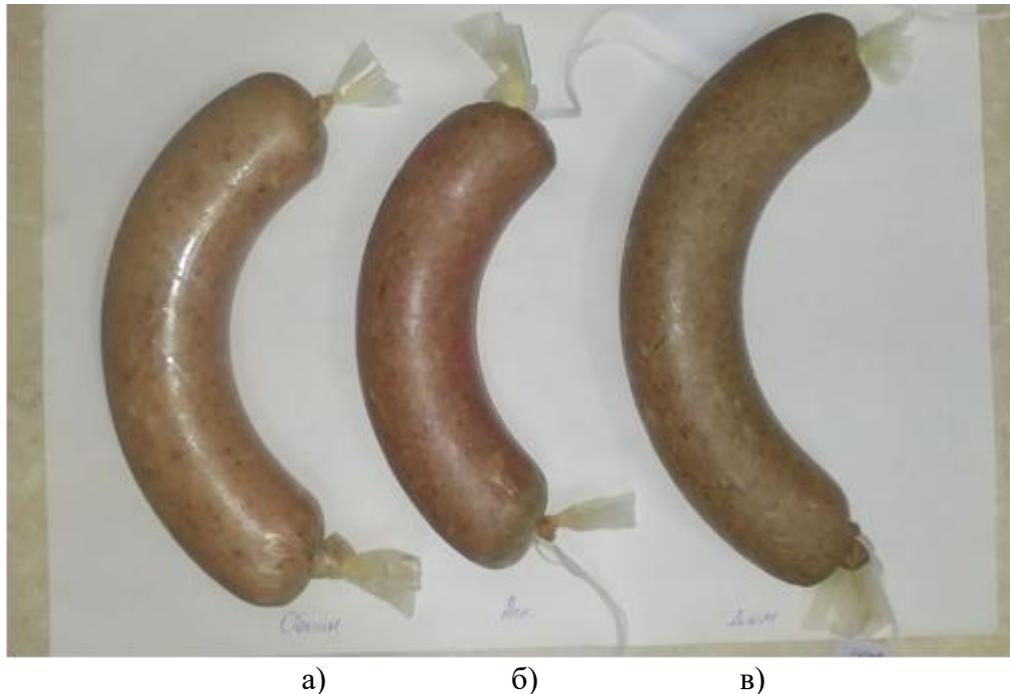


Рисунок 6 – Модельные фаршевые системы изделий колбасных полукопченых на основе говядины
 а) без использования аскорбата натрия
 б) с использованием аскорбата натрия (в дозировке 0,05%)
 в) с использованием коптильной жидкости
 Источник данных: собственная разработка.

Выявлено, что образцы изделий колбасных полукопченых на основе говядины, подвергнутые копчению при температуре 36°C в течение 1,5 и 6 часов, отличаются более высокой общей оценкой качества (внешний вид, цвет и вид на разрезе, запах (аромат), вкус, консистенция) по сравнению с другими исследуемыми образцами – 7,1–7,2 балла, в то время как использование максимальной температуры копчения (50°C) приводит к снижению значений данного показателя до 6,8–6,9 баллов (по 9-балльной шкале) (таблица 3, рисунок 7).



Рисунок 7 – Изделия колбасные полукопченые на основе говядины
Источник данных: собственная разработка.

Установлено, что изделия колбасные полукопченые, изготовленные с использованием аскорбата натрия, характеризуются наличием постороннего привкуса (вкус – 6 баллов (по 9-ти балльной шкале)), что свидетельствует о необходимости подбора других видов антиокислителей для использования в составе говяжеемких рецептур колбасных изделий.

При изучении показателей безопасности изделий колбасных полукопченых на основе свинины, говядины, мяса цыплят-бройлеров, баранины установлено, что в составе изготовленных мясных продуктов отсутствуют БГКП (колиформы) в 1,0 г, сульфитредуцирующие кластридии в 0,1 г, *S.aureus* в 1,0 г, патогенные, в т.ч. сальмонеллы в 25 г, *L.monocytogenes* в 25 г, что свидетельствует о соответствии данных продуктов, в том числе по допустимым уровням содержания нитрозаминов ($4,0 \times 10^{-3}$ мг/кг), требованиям ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясных продуктов», Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденного Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 37 от 25 января 2021 г., Санитарных норм и правил «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам» и Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденных Постановлением Министерства Здравоохранения Республики Беларусь № 52 от 21 июня 2013 г.

Заключение. Установлено, что уровень образования нитрозаминов в изделиях колбасных полукопченых на основе свинины варьирует от $2,9 \times 10^{-4}$ мг/кг (копчение при температуре 36 °С в течение 1,5 часа) и повышается до $8,5 \times 10^{-4}$ мг/кг при увеличении температуры и продолжительности данного технологического процесса до 50 °С и 6 часов. Вместе с тем, копчение колбасных изделий при температурах 43 °С и 50 °С способствует повышению уровня нитрозаминов в готовых продуктах до 1,5 и 1,7 раза по сравнению с изделиями, подвергнутыми копчению при минимальной температуре (36°C) ($7,9 \times 10^{-4}$ и $8,5 \times 10^{-4}$ мг/кг соответственно).

Определено, что при изготовлении колбасных изделий на основе говядины наиболее низким уровнем образования нитрозаминов отличаются продукты, подвергнутые копчению при минимальной температуре (36°C) и продолжительности процесса (1,5 часа) – $2,3 \times 10^{-4}$ мг/кг, в то время как повышение температуры технологического процесса до 43°C приводит к увеличению содержания данных потенциально опасных веществ в 1,4 раза ($3,3 \times 10^{-4}$ мг/кг), до 50°C – в 1,7 раза ($4,0 \times 10^{-4}$ мг/кг), а повышение продолжительности процесса до 6 часов – в 2,0–2,3 раза ($5,2 \times 10^{-4}$ – $7,8 \times 10^{-4}$ мг/кг).

Определено, что включение антиокислителя (аскорбата натрия в дозировке 0,05%) в состав изделий колбасных полукопченых на основе свинины, говядины, мяса цыплят-бройлеров, баранины способствует снижению содержания нитрозаминов в готовых продуктах в 1,3–1,7 раза ($4,6 \times 10^{-4}$ – $7,5 \times 10^{-4}$ мг/кг) по сравнению с изделиями, при изготовлении которых не используется данный ингредиент (копчение при температуре 50°C и продолжительности процесса 6 часов). Вместе с тем, колбасные изделия на основе говядины с использованием аскорбата натрия характеризуются посторонним привкусом (вкус – 6 баллов (по 9-балльной шкале)), что свидетельствует о необходимости подбора других антиокислителей для включения в состав говяжеемких рецептов продуктов.

Выявлено, что при производстве колбасных изделий на основе различных видов мясного сырья (свинина, говядина, мясо цыплят-бройлеров, баранина) с коптильными жидкостями взамен технологической операции копчения в готовых продуктах не обнаружено нитрозаминов, однако по органолептическим показателям (вкус, запах (аромат), внешний вид, цвет и вид на разрезе) данные изделия значительно уступают продуктам, подвергнутым копчению при различных технологических параметрах ($t=36-50$ °C, $\tau=1,5-6$ часов).

Определено, что уровень образования нитрозаминов при производстве мясных продуктов (изделий колбасных полукопченых) зависит от температуры и продолжительности процесса копчения, а также наличия антиокислителей в мясной фаршевой системе. Уменьшение продолжительности (до 1,5 часа) и температуры копчения изделий (до 36°C) позволяет снизить содержание нитрозаминов в готовых продуктах до 3,4 раза по сравнению с продуктами, подвергнутыми копчению при максимальной температуре и продолжительности процесса ($t=50$ °C, $\tau=6$ часов), а введение аскорбата натрия (0,05%) в мясную фаршевую систему – до 1,7 раза ($4,6 \times 10^{-4}$ мг/кг).

Учет уровней образования нитрозаминов при производстве колбасных изделий в зависимости от параметров технологических процессов позволит осуществлять подбор рациональных режимов изготовления продуктов и тем самым расширить ассортимент высококачественных конкурентоспособных изделий, а также обеспечить продовольственную безопасность нашей страны.

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 :

1. Al'pakova, G. D. Pokazateli bezopasnosti pishhevyh produktov po soderzhaniju benz(a)pirena – problemy i perspektivy [Food safety indicators for benzo(a)pyrene content - problems and prospects] / G. D. Al'pakova // Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija Pishhevye dobavki i biotehnologii. – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 5–10.

2. Anohina, O. N. Problema zameny nitritov pri proizvodstve varenoj kolbasy [The problem of replacing nitrites in the production of cooked sausage] / O. N. Anohina, D. V. Popkova

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. Большаков, Д. С. Хроматографические методы определения N-нитрозаминов в пищевых продуктах и продовольственном сырье / Д. С. Большаков, И. В. Подколзин, Т. Б. Никешина // Труды Федерального центра охраны здоровья животных, 2018. – Т. 16. – С. 524–546.

5. 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. Богущая, А. М. Бондарчук // Наука, питание и здоровье : материалы конгр., Минск, 8-9 июня 2017 г. – Минск, 2017. – С. 504–508.

6. Долгина, Н. А. Методы и критерии оценки канцерогенного риска вследствие образования в процессе переработки пищевой продукции нитрозаминов и полиароматических углеводородов / Н. А. Долгина, Е. В. Федоренко // Здоровье и окружающая среда : Сборник материалов международной научно-практической конференции, 2019. – С. 240–243.

7. Зайцева, Н. В. Разработка и использование метода хромато-масс-спектрометрии для количественного определения летучих N-нитрозоаминов в копченых мясных продуктах / Н. В. Зайцева, Т. С. Уланова, Т. В. Нурисламова, Н. А. Попова, О. А. Мальцева // Вопросы питания. – 2018. – Т.87, №5. – С. 56–62.

8. Залуцкая, Н. Ф. Оптимизация условий пробподготовки определения N-нитрозаминов в мясных и мясорастительных консервах для детского питания / Н. Ф. Залуцкая, М.С. Турко // Здоровье и окружающая среда, 2015. – Т.2. – С. 524–546.

[Innovations in healthy food technology] // Innovacii v tehnologii produktov zdorovogo pitaniya : Sbornik mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, 2016. – S. 30–36.

3. Berketova, L. V. Kancerogennye soedinenija, obrazujushhiesja v pishhevyyh produktah pod dejstviem teplovoj obrabotki [Carcinogenic compounds formed in food products under the influence of heat treatment] / L. V. Berketova, A. D. Zaharova // Bjulleten' nauki i praktiki. – 2017. - №2(15). – S. 115–120.

4. Bol'shakov, D. S. Hromatograficheskie metody opredelenija N-nitrozaminov v pishhevyyh produktah i prodovol'stvennom syr'e [Chromatographic methods for the determination of N-nitrosamines in food products and food raw materials] / D. S. Bol'shakov, I. V. Podkolzin, T. B. Nikeshina // Trudy Federal'nogo centra ohrany zdorov'ja zhivotnyh, 2018. – T. 16. – S. 524–546.

5. Dolgina, N. A. Gigienicheskaja ocenka vrednyh veshhestv, obrazujushhihsja v processe izgotovlenija pishhevoj produkcii (na primere benz(a)pirena) [Hygienic assessment of harmful substances formed during the manufacturing process of food products (using the example of benzo(a)pyrene)] / 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.

6. Dolgina, N. A. Metody i kriterii ocenki kancerogenного риска vsledstvie obrazovanija v processe pererabotki pishhevoj produkcii nitrozaminov i poliaromaticheskikh uglevodorodov [Methods and criteria for assessing carcinogenic risk due to the formation of nitrosamines and polyaromatic hydrocarbons during food processing] / N. A. Dolgina, E. V. Fedorenko // Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda : Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 2019. – S. 240–243.

7. Zajceva, N. V. Razrabotka i ispol'zovanie metoda hromato-mass-spektrometrii dlja kolichestvennogo opredelenija letuchih N-nitrosoaminov v kopchenyh mjasnyh produktah [Development and use of a chromatography-mass spectrometry method for the quantitative determination of volatile N-nitrosoamines in smoked meat products] / N. V. Zajceva, T. S. Ulanova, T. V. Nurislamova, N. A. Popova, O. A. Mal'ceva // Voprosy pitaniya. – 2018. – T.87, №5. – S. 56–62.

8. Zaluckaja, N. F. Optimizacija uslovij probpodgotovki opredelenija N-nitrozaminov v mjasnyh i mjasorastitel'nyh konservah dlja detskogo pitaniya [Optimization of sample preparation conditions for the determination of N-nitrosamines in canned meat and vegetable products for baby food] / N. F. Zaluckaja, M.S. Turko // Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda, 2015. – T.2. – S. 524–546.

9. Ким, И. Н. Эколого-гигиенические аспекты копчения пищевых продуктов / И. Н. Ким, Г. Н. Ким, Ю. М. Колмогоров // Вестник Дальневосточной государственной академии экономики и управления. – 1997. – №1(3). – С. 39–43.
10. Кудряшов, Л. С. Что нужно знать о нитритах и нитратах : О влиянии нитритов и нитратов, содержащихся в мясных продуктах, на здоровье человека / Л.С. Кудряшов // Мясная индустрия. – 2018. – №2. – С. 14–18.
11. Куликовский, А. В. Анализ копченых мясных продуктов на наличие ПАУ и возможные технологические приемы их снижения / А. В. Куликовский, Д. Б. Швед, Ю. К. Юшина // Современные методы направленного изменения физико-химических и технологических свойств сельскохозяйственного сырья для производства продуктов здорового питания. Сб. науч. трудов 5-ой Конференции молодых ученых и специалистов институтов ОХИПС РАСХН, 2011. – С. 158–162.
12. Мезенова О. Я., Ким И. Н., Бредихин С. А. Производство копченых пищевых продуктов. М. : Колос, 2001. – 208 с.
13. Сидоренко, С. В. Определение бензапирена методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / С. В. Сидоренко, Н. А. Борщ // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – №2-1. – С. 37–40.
14. Смирнов, В. Канцерогены в копченых колбасных изделиях : с какими оболочками их меньше? / В. Смирнов // Мясные технологии. – 2017. – №7(175). – С. 20–21.
15. Способ определения бензо(а)пирена из ряда полициклических ароматических углеводородов в пищевых продуктах : пат. RU 2153167 C1 / А. Б. Лисицын , С. И. Суханова, С. И. Миталева. – Опубл. 20.07.2000.
9. Kim, I. N. Jekologo-gigienicheskie aspekty kopchenija pishhevyh produktov [Ecological and hygienic aspects of smoking food products] / I. N. Kim, G. N. Kim, Ju.M. Kolmogorov // Vestnik Dal'nevostochnoj gosudarstvennoj akademii jekonomiki i upravlenija. – 1997. – №1(3). – S. 39–43.
10. Kudrjashov, L. S. Chto nuzhno znat' o nitritah i nitratah : O vlijanii nitritov i nitratov, soderzhashhihsja v mjasnyh produktah, na zdorov'e cheloveka [What you need to know about nitrites and nitrates: About the impact of nitrites and nitrates contained in meat products on human health] / L. S. Kudrjashov // Mjasnaja industrija. – 2018. – №2. – S. 14–18.
11. Kulikovskij, A. V. Analiz kopchenyh mjasnyh produktov na nalichie PAU i vozmozhnye tehnologicheskie priemy ih snizhenija [Analysis of smoked meat products for the presence of PAHs and possible technological methods for their reduction] / A. V. Kulikovskij, D. B. Shved, Ju. K. Jushina // Sovremennye metody napravlennogo izmenenija fiziko-himicheskikh i tehnologicheskikh svojstv sel'skhozajstvennogo syr'ja dlja proizvodstva produktov zdorovogo pitanija. Sb. nauch. trudov 5-oj Konferencii molodyh uchenyj i specialistov institutov OHIPS RASHN, 2011. – S. 158–162.
12. Mezenova O. Ja., Kim I. N., Bredihins S. A. Proizvodstvo kopchenyh pishhevyh produktov [Production of smoked food products]. M. : Kolos, 2001. – 208 s.
13. Sidorenko, S. V. Opredelenie banzapirena metodom vysokojeffektivnoj zhidkostnoj hromotografii [Determination of benzopyrene by high performance liquid chromatography] / S. V. Sidorenko, N. A. Borshh // Sovremennye tendencii razvitija nauki i tehnologij. – 2016. – №2-1. – S. 37–40.
14. Smirnov, V. Kancerogeny v kopchenyh kolbasnyh izdelijah : s kakimi obolochkami ih men'she? [Carcinogens in smoked sausages: which casings have fewer of them?] / V. Smirnov // Mjasnye tehnologii. – 2017. – №7(175). – S. 20–21.
15. Sposob opredelenija benzo(a)pirena iz rjada policiklicheskih aromaticeskikh uglevodorodov v pishhevyh produktah [Method for determination of benzo(a)pyrene from a number of polycyclic aromatic hydrocarbons in food products] : pat. RU 2153167 C1 / A. B. Lisicyn, S. I. Suhanova, S. I. Mitaleva. – Opubl. 20.07.2000.