

*И.В. Калтович, к.т.н., И.О. Чернухо*

*Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

## **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ФАКТОРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ, СПОСОБСТВУЮЩИХ СНИЖЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОВ В МЯСНЫХ ПРОДУКТАХ НА ОСНОВЕ ГОВЯДИНЫ**

*I. Kaltovich, I. Chernuho*

*Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

## **SYSTEMATIZATION OF FACTORS AND DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL TECHNIQUES THAT HELP REDUCE THE CONTENT OF HETEROCYCLIC AROMATIC AMINES IN BEEF-BASED MEAT PRODUCTS**

*e-mail: irina.kaltovich@inbox.ru*

*В статье представлены результаты исследований по систематизации основных факторов, оказывающих влияние на предотвращение образования гетероциклических ароматических аминов (ГАА) при производстве мясных продуктов. На основании проведенных исследований установлены рациональные технологические приемы, способствующие минимизации содержания (отсутствию) ГАА в готовых продуктах:*

*- использование минимальной температуры и продолжительности термообработки изделий (с учетом обеспечения требуемой степени кулинарной готовности и микробиологических показателей продуктов);*

*- предпочтительное изготовление мясных изделий в виде цельнокусковых продуктов, а в случае производства рубленых, колбасных и др. изделий – использование мясного сырья, измельченного на технологическом оборудовании с применением максимального диаметра отверстий решетки;*

*- учет содержания жира при подборе мясного сырья для производства продуктов и предпочтительное использование сырья, отличающегося низким содержанием жира (говядина высшего сорта);*

*- использование дополнительных рецептурных ингредиентов, в т.ч. растительного происхождения (лук репчатый, хлеб пшеничный, сухари панировочные и др.) для изготовления мясных продуктов.*

*Использование установленных технологических приемов при производстве мясных продуктов на основе говядины позволит расширить ассортимент высококачественных конкурентоспособных мясных изделий, улучшить структуру питания населения и благоприятно отразится на укреплении здоровья нации.*

*The article presents the results of studies on the systematization of the main factors affecting the prevention of the formation of heterocyclic aromatic amines (GAA) in the production of meat products. Based on the studies carried out, rational technological methods have been established that contribute to minimizing the content (absence) of GAA in finished products:*

*- preferred production of meat products in the form of whole-piece products, and in the case of production of chopped, sausage and other products - the use of meat raw materials crushed on technological equipment using the maximum diameter of the lattice holes;*

*- taking into account the fat content when selecting meat raw materials for the production of products and the preferred use of raw materials characterized by a low fat content (premium beef);*

*- use of additional recipe ingredients, including vegetable origin (onions, wheat bread, breadcrumbs, etc.) for the manufacture of meat products.*

*The use of established technological techniques in the production of beef-based meat products will expand the range of high-quality competitive meat products, improve the nutritional structure of the population and will have a beneficial effect on strengthening the health of the nation.*

**Ключевые слова:** гетероциклические ароматические амины; факторы; технологические приемы; температура и продолжительность термообработки; степень измельчения; содержание жира; рецептурные ингредиенты.

**Key words:** heterocyclic aromatic amines; factors; techniques; temperature and duration of thermal treatment; degree of grinding; fat content; recipe ingredients.

**Введение.** В настоящее время проблема безопасности пищевых продуктов имеет важное значение. Как показывают новейшие исследования, кроме загрязнителей экзогенной природы (пестицидов, гербицидов, фунгицидов, микотоксинов, других веществ) существуют потенциально опасные химические соединения, которые могут образовываться в ходе кулинарной обработки изделий. К таким химическим соединениям эндогенного генезиса, среди прочих, относятся гетероциклические ароматические амины (ГАА), формирующиеся в процессе термической обработки пищевого сырья и полуфабрикатов главным образом животного происхождения, как правило, при температуре выше 130°C [1–3].

Гетероциклические ароматические амины – это группа соединений, образующихся в высокобелковой пищевой продукции (в особенности в красном мясе (говядине)) в ходе ее термической обработки под воздействием высоких температур (преимущественно жарка, жарка на открытом огне (барбекю), гриль и т.п.), что подтверждено Национальным институтом рака США [4–6]. Предположительно, гетероциклические ароматические амины образуются и накапливаются в процессе тепловой кулинарной обработки в ходе сложных многоступенчатых химических реакций с обязательным участием креатина (и его циклической формы – креатинина), аминокислот и сахаров в результате реакции Майяра [7–9].

Исследователями доказано мощное мутагенное воздействие указанных соединений и выраженный канцерогенный эффект в опытах на животных, что было подтверждено с помощью теста Эймса, а также в ходе продолжительных экспериментов над грызунами и обезьянами. Установлено, что именно ГАА провоцируют возникновение определенной части онкологических заболеваний [10].

Вместе с тем, на сегодняшний день в Республике Беларусь не проводились исследования, направленные на определение уровней накопления гетероциклических ароматических аминов при производстве мясных продуктов на основе говядины и оценку влияния технологических параметров их изготовления (способ термообработки (жарка, барбекю, гриль, обработка в СВЧ), температура и продолжительность процесса, степень измельчения сырья, содержание жира, наличие и дозировки ингредиентов растительного происхождения, вид и количество используемых для термообработки жиров животного и растительного происхождения и др.) на содержание потенциально опасных веществ в готовых продуктах [11–13].

В связи с вышесказанным достаточно актуальным вопросом является исследование технологических параметров изготовления мясных продуктов на основе говядины, способствующих предотвращению образования гетероциклических ароматических аминов в готовой продукции, что позволит расширить ассортимент высококачественных конкурентоспособных мясных продуктов, улучшить структуру питания населения и благоприятно отразится на укреплении здоровья нации [14, 15].

**Цель исследований** – систематизация факторов и определение технологических приемов, способствующих снижению содержания гетероциклических ароматических аминов в мясных продуктах на основе говядины.

**Материалы и методы исследований.** При выполнении научно-исследовательской работы использован фонд Национальной библиотеки Беларуси, Белорусской сельскохозяйственной библиотеки им. И.С. Лупиновича, фонд отечественных диссертаций и диссертаций РГБ. Изучена и проанализирована научно-

техническая литература в области образования потенциально опасных веществ, в том числе гетероциклических ароматических аминов, при производстве мясных продуктов [1–15].

Методы исследований – аналитический метод.

**Результаты и их обсуждение.** В результате выполнения НИР систематизированы основные факторы, оказывающие влияние на предотвращение образования гетероциклических ароматических аминов при производстве мясных продуктов:

- температура и продолжительность термообработки;
- степень измельчения мясного сырья;
- содержание жира в мясном сырье;
- наличие дополнительных рецептурных ингредиентов, в т.ч. растительного происхождения, в составе изделий и др.

*Температура и продолжительность термообработки мясных продуктов*

Установлено, что наиболее важными факторами, оказывающими влияние на формирование мутагенных химических веществ, в том числе гетероциклических ароматических аминов, в мясных продуктах, являются температура и продолжительность тепловой кулинарной обработки изделий [1–3].

Рядом исследователей [4–6] показано, что мутагенная активность увеличивается пропорционально увеличению температуры термообработки мясных продуктов. К примеру, мутагенная активность мясного фарша, подвергнутого жарке при температуре 200°C, примерно в 2,0 раза выше, чем у образцов, жареных при 150°C.

Определено, что мутагенная активность изделий из говядины, жареных в диапазоне температур от 200°C до 250°C, практически одинакова, тогда как при увеличении температуры жарки до 300°C происходит значительное усиление мутагенной активности продуктов [7]. Вместе с тем, повышение температуры жарки мясных изделий на каждые 50 °C приводит к удвоению обнаруживаемой мутагенной активности. Кроме того, мутагенная активность существенно увеличивается в случае жарки мясных продуктов продолжительностью более чем 10 минут [8, 9].

Анализ научно-технической литературы позволил установить, что мутагенная активность обнаруживается также в мясном соке, образующемся после жарки мясных изделий, и мелких фрагментах продукта, остающихся после тепловой кулинарной обработки основного изделия. Вместе с тем, мутагенная активность мясного сока является сопоставимой с мутагенностью соответствующих жареных изделий. К примеру, в исследованиях Солякова А.А. [10] мясной сок, образующийся после жарки фаршевых изделий из говядины и мяса цыплят-бройлеров в течение 10 минут на каждой стороне при 220°C, характеризовался наличием от 20 до 40% всей мутагенной активности изделия в целом.

В результате выполнения НИР определено, что жарка мясных продуктов, в том числе во фритюре и над углями, приводит к формированию более высокого уровня мутагенной активности, чем при других способах тепловой кулинарной обработки, таких как кратковременное обжаривание, тушение и СВЧ облучение. Кроме того, в большинстве случаев мутагенные гетероциклические ароматические амины обнаруживаются в корочке жареных мясных изделий и значительно реже – во внутренних частях готовых продуктов [11].

Выявлено, что из двух рассмотренных факторов термообработки мясных изделий – температуры и продолжительности – первый фактор оказывает более существенное влияние на формирование и накопление мутагенных гетероциклических ароматических аминов в готовой продукции по сравнению со вторым [12].

Степень измельчения мясного сырья

Анализ научно-технической литературы по теме исследований [13,14] позволил установить, что мутагенные гетероциклические ароматические амины главным образом формируются в ходе тепловой кулинарной обработки, основанной на контактном способе теплопередачи, т.е. теплопроводности. В связи с этим, измельчение мясного сырья в ходе его технологической подготовки способствует облегчению контакта гетероциклических ароматических аминов с греющей поверхностью, и, следовательно, приводит к увеличению количества образующихся в ходе тепловой кулинарной обработки ГАА, что свидетельствует о целесообразности более широкого изготовления натуральных (цельнокусковых) мясных изделий по сравнению с рублеными.

Содержание жира в мясном сырье

Определено, что гетероциклические ароматические амины являются хорошо растворимыми веществами в органических растворителях, в том числе в жирах и маслах [15]. Следовательно, значительное содержание жира в продуктах способствует быстрому накоплению гетероциклических ароматических аминов в данных изделиях. Установлено, что содержание жира в мясном сырье может оказывать влияние на увеличение содержания гетероциклических ароматических аминов в мясных продуктах на 25,0%.

Согласно исследованиям А.В. Куликовского, Д.А. Устьянова, А.С. Князевой, А.Н. Иванкина [16] рубленые изделия из говядины с содержанием жира 8% характеризовались низкой мутагенной активностью, в то время как содержащие 15% жира – наибольшей активностью, что свидетельствует о необходимости учета жирности мясного сырья при его подборе для изготовления продуктов.

Наличие дополнительных рецептурных ингредиентов, в т.ч. растительного происхождения, в составе изделий

Выявлено, что важным условием образования мутагенных гетероциклических ароматических аминов в мясных продуктах является проникновение предшественников данных ГАА непосредственно на греющую поверхность, где под влиянием, в первую очередь, высокой температуры происходят химические реакции образования гетероциклических ароматических аминов. Следовательно, воздействуя тем или иным способом на саму вероятность проникновения предшественников ГАА к греющей поверхности, можно уменьшить содержание мутагенных гетероциклических ароматических аминов в готовых изделиях [1, 3, 6].

Определено, что одним из таких способов ограничения прямого теплового воздействия на мясные продукты является панирование, которое заключается в нанесении на поверхность изделий панировочных сухарей. На основании анализа научно-технической литературы установлено, что использование панирования способствует снижению количества образующихся гетероциклических ароматических аминов в готовой мясной продукции [8-10]. Однако в случае использования панирования при жарке изделий необходимо учитывать высокую адсорбирующую способность панировочных материалов, что приводит к повышению калорийности готовых продуктов за счет высокого содержания жиров в панировочном слое [2, 4, 5].

Кроме того, необходимо принимать во внимание возможность образования неблагоприятных для здоровья ГАА, накапливающихся в продуктах в результате термических превращений жиров, которые также могут легко адсорбироваться панировочным слоем. Тем не менее, данный способ снижения содержания мутагенных гетероциклических ароматических аминов может быть рекомендован для предприятий общественного питания, особенно в сочетании с использованием современного оборудования, не требующего больших количеств жира для жарки изделий [7–9].

Установлено, что на содержание мутагенных гетероциклических ароматических аминов в мясных продуктах оказывает влияние внесение дополнительных рецептурных ингредиентов, в т.ч. растительного происхождения – лука репчатого, хлеба пшеничного и др. [11, 12].

Исследователями [13, 15, 16] определено, что суммарный уровень мутагенных гетероциклических ароматических аминов в изделиях мясных рубленых с добавлением лука репчатого уменьшается до 100% вследствие влияния ряда химических веществ антиоксидантной природы, содержащихся в луке. Вместе с тем, количество мутагенных гетероциклических ароматических аминов в изделиях рубленых с добавлением хлеба пшеничного практически эквивалентно уровню гетероциклических ароматических аминов в натуральных изделиях [1, 2, 10].

**Заключение.** Таким образом, анализ основных факторов, оказывающих влияние на предотвращение образования гетероциклических ароматических аминов при производстве мясных продуктов, позволил установить рациональные технологические приемы, способствующие минимизации содержания (отсутствию) ГАА в готовых продуктах:

- использование минимальной температуры и продолжительности термообработки изделий (с учетом обеспечения требуемой степени кулинарной готовности и микробиологических показателей продуктов);

- предпочтительное изготовление мясных изделий в виде цельнокусковых продуктов, а в случае производства рубленых, колбасных и др. изделий – использование мясного сырья, измельченного на технологическом оборудовании с применением максимального диаметра отверстий решетки;

- учет содержания жира при подборе мясного сырья для производства продуктов и предпочтительное использование сырья, отличающегося низким содержанием жира (говядина высшего сорта);

- использование дополнительных рецептурных ингредиентов, в т.ч. растительного происхождения (лук репчатый, хлеб пшеничный, сухари панировочные и др.) для изготовления мясных продуктов.

Использование установленных технологических приемов при производстве мясных продуктов на основе говядины позволит расширить ассортимент высококачественных конкурентоспособных мясных изделий, улучшить структуру питания населения и благоприятно отразится на укреплении здоровья нации

### Список использованных источников

1. 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
1. Berketova, L.V. Carcinogenic compounds formed in food products under the influence of heat treatment/L.V. Berketova, A.D. Zakharova//Bulletin of Science and Practice. – 2017. - №2(15). - S. 115-120
2. Иванкин, А.Н. Безопасность и качество продуктов на основе животного сырья при длительном хранении / А.Н. Иванкин, Н.Л. Вострикова, А.В. Куликовский, М.И. Бабурина М.И., Д.А. Утянов // Безопасность и качество товаров: материалы XII Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 84-92.
2. Ivankin, A.N. Safety and quality of products based on animal raw materials during long-term storage/A.N. Ivankin, N.L. Vostrikova, A.V. Kulikovsky, M.I. Baburina M.I., D.A. Utyanov//Safety and quality of goods: materials of the XII International Scientific and Practical Conference. - 2018. - P. 84-92.
3. Куликовский, А.В. Идентификация полициклических ароматических углеводородов в мясе и мясной продукции / А.В. Куликовский, Н.Л. Вострикова, А.Н. Иванкин // Мясные технологии. – 2013. – №1. – С. 30-33.
3. Kulikovsky, A.V. Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in meat and meat products/A.V. Kulikovsky, N.L. Vostrikova, A.N. Ivankin//Meat technologies. – 2013. – №1. - S. 30-33.
4. Куликовский, А.В. Методы аналитического контроля в практике пищевых лабораторий /
4. Kulikovsky, A.V. Analytical control methods in the practice of food laboratories/A.V. Kulikovsky,

- А.В. Куликовский, И.М. Чернуха, О.А. Кузнецова, А.Н. Иванкин // Все о мясе. – 2015. - №6. – С. 24-27.
5. Кузнецова, О.А. Подходы к анализу химических рисков на предприятиях мясной промышленности / О.А. Кузнецова, З.А.Юрчак, Д.А. Утьянов // Все о мясе. – 2015. – №5. – С. 22-23.
6. Куликовский, А.В. Хромато-масс-спектрометрическое определение остатков химических контаминантов пищевой продукции / А.В. Куликовский, А.Б. Лисицын, И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина // Все о мясе. – 2018. - №6. – С. 38-41.
7. О безопасности мяса и мясной продукции : ТР ТС 034/2013 : принят 09.10.2013 : вступ. в силу 01.05.2014 / Евраз. экон. комис. – Минск : Госстандарт, 2013. – 43 с.
8. Разработка научно-практических основ и способов снижения содержания (предотвращения образования) потенциально опасных веществ (трансизомеров жирных кислот, нитрозаминов, бензапирена) при производстве мясных продуктов: отчет о НИР (заключ.) / Институт мясо-молочной промышленности; рук. И.В. Калтович – Минск, 2023. – 315 с. – № ГР 20213037.
9. Рогов, И.А. Химия пищи / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко [и др.].– М.: КолосС, 2007. – 853 с.
10. Соляков, А.А. Влияние тепловой кулинарной обработки и способов подготовки полуфабрикатов на содержание гетероциклических ароматических аминов в жареных мясных кулинарных изделиях: автореф. дис. ... канд. технич. наук: 01.12.2001 / А.А. Соляков; Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. – Москва, 2001. – 44 с.
11. Утьянов, Д.А. Гетероциклические ароматические амины в мясе и мясной продукции. Причины их образования и воздействия на человека / Д.А. Утьянов, А.В. Куликовский, Н.Л. Вострикова // ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем имени В.Г. Горбатого» РАН, Москва. – 2015. – 5 с.
12. Утьянов, Д.А. Исследование накопления гетероциклических ароматических аминов во вторых обеденных блюдах с гарниром охлажденных / Д.А. Утьянов, А.В. Куликовский // Все о мясе. – 2020. – № 5. – С. 30-32.
13. Утьянов, Д.А. Механизм образования гетероциклических ароматических аминов в пищевой продукции / Д.А. Утьянов, А.В. Куликовский, Н.Л. Вострикова, О.А. Кузнецова // Птица и птицепродукты. – 2019. – № 4. – С. 26-29.
14. Утьянов, Д.А. Разработка методики определения гетероциклических ароматических аминов в мясной продукции, анализ и управление риском их образования: автореф. дис. ... канд. технич. наук: Д.А. Утьянов; И.М. Chernukha, O.A. Kuznetsova, A.N. Ivankin//All about meat. – 2015. - №6. - S. 24-27.
5. Kuznetsova, O.A. Approaches to chemical risk analysis at meat industry enterprises/O.A. Kuznetsova, Z.A. Yurchak, D.A. Utyanov//All about meat. - 2015. - №5. - S. 22-23
6. Kulikovskiy, A.V. Chromatographic-mass-spectrometric determination of residues of chemical contaminants of food products/A.V. Kulikovskiy, A.B. Lisitsyn, I.F. Gorlov, M.I. Solshenkina//All about meat. – 2018. - №6. - S. 38-41.
7. On the safety of meat and meat products: TR CU 034/2013: adopted 09.10.2013: entry. by virtue of 01.05.2014 /Evraz. econ. comis. - Minsk: Gosstandart, 2013. - 43 s.
8. Development of scientific and practical foundations and methods for reducing the content (preventing the formation) of potentially hazardous substances (trans-isomers of fatty acids, nitrosamines, benzapyrene) in the production of meat products: research report (published)/Institute of Meat and Dairy Industry; hands. I.V. Kaltovich - Minsk, 2023. - 315 p. - No. ГР 20213037.
9. Rogov, I.A. Food chemistry/I.A. Rogov, L.V. Antipova, N.I. Dunchenko [et al.] .- M.: KolosS, 2007. - 853 p.
10. Solyakov, A.A. Effect of Heat Cooking and Methods of Preparation of Semi-Finished Products on the Content of Heterocyclic Aromatic Amines in Fried Meat Culinary Products: auto ref. dis.... cand. technic. Sciences: 01.12.2001 /A.A. Solyakov; Russian Economic Academy. G.V. Plekhanova. - Moscow, 2001. - 44 s.
11. Utyanov, D.A. Heterocyclic aromatic amines in meat and meat products. Reasons for their formation and impact on humans/ D.A. Utyanov, A.V. Kulikovskiy, N.L. Vostrikova//FGBNU "Federal Research Center of Food Systems named after V.G. Gorbaty" RAS, Moscow. - 2015. - 5 s.
12. Utyanov, D.A. Study of the accumulation of heterocyclic aromatic amines in second lunches with chilled garnish/D.A. Utyanov, A.V. Kulikovskiy//All about meat. – 2020. – № 5. - S. 30-32.
13. Utyanov, D.A. Mechanism of formation of heterocyclic aromatic amines in food products/D.A. Utyanov, A.V. Kulikovskiy, N.L. Vostrikova, O.A. Kuznetsova//Poultry and poultry products. - 2019. - № 4. - S. 26-29.
14. Utyanov, D.A. Development of a method for determining heterocyclic aromatic amines in meat products, analysis and management of the risk of their formation: ref. dis.... cand. technic. Sciences: D.A. Utyanov; FGBNU "Federal Research Center

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем имени В.Г. Горбатого» РАН. Москва. – 2020. – 31 с.

15. Утьянов, Д.А. Факторы, влияющие на образование канцерогенов при высокотемпературной термической обработке мясной продукции / Д.А. Утьянов, А.В. Куликовский, Н.Л. Вострикова, К.Г. Чиковани, О.А. Кузнецова // Все о мясе. – 2020. – № 1. – С. 42-47.

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

of Food Systems named after V.G. Gorbaty" RAS. Moscow. – 2020. - 31 s.

15. Utyanov, D.A. Factors affecting the formation of carcinogens during high-temperature heat treatment of meat products/D.A. Utyanov, A.V. Kulikovsky, N.L. Vostrikova, K.G. Chikovani, O.A. Kuznetsova//All about meat. - 2020. - № 1. - S. 42-47.

16. Kulikovsky, A.V. Risks of formation of heterocyclic aromatic amines in meat products/A.V. Kulikovsky, D.A. Utyanov, A.S. Knyazeva//Meat industry. – 2020. - №8. - S. 50-52