

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664:543

Методы снижения содержания полициклических ароматических углеводородов в копченых мясных продуктах

Блинохватов А.А., Пияйко П.И.

Аннотация. В статье представлены методы снижения содержания полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в приготовленных на гриле или копченых мясных и рыбных продуктах. Результаты обзора показали, что стратегии снижения содержания ПАУ можно применять либо до (или во время) приготовления на гриле или копчения (барьерные методы), либо после приготовления на гриле или копчения (методы удаления). Перед приготовлением на гриле или копчением основными стратегиями, которые можно применить, являются использование маринада, предварительный нагрев продуктов, подходящее топливо (с низким содержанием лигнина), фильтр, система сбора сока и жира (во избежание их попадания в угли). После приготовления на гриле или копчения методы заключаются в промывании поверхности копченых или жареных продуктов горячей водой (60 °С) или хранении копченых продуктов, упакованных в полиэтилен низкой или высокой плотности.

Ключевые слова: копчение, гриль, обработка, бенз(а)пирен, удаление ПАУ, безопасность пищевых продуктов.

Для цитирования: Блинохватов А.А., Пияйко П.И. Методы снижения содержания полициклических ароматических углеводородов в копченых мясных продуктах // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 2. С. 5–10.

Methods for reducing the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products

Blinohvatov A.A., Piyaiiko P.I.

Abstract. This article presents methods for reducing polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled or smoked meat and fish products. The results of the review showed that PAH reduction strategies can be applied either before (or during) grilling or smoking (barrier methods) or after grilling or smoking (removal methods). Before grilling or smoking, the main strategies that can be applied are the use of a marinade, pre-heating the food, suitable fuel (low lignin), a filter, a collection system for juices and fat (to prevent them from getting into the coals). After grilling or smoking, methods include rinsing the surface of the smoked or fried food with hot water (60°C) or storing the smoked food packaged in low-density or high-density polyethylene.

Keywords: smoking, grilling, processing, benzo(a)pyrene, PAH removal, food safety.

For citation: Blinohvatov A.A., Piyaiiko P.I. Methods for reducing the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2023. Vol. 10. No. 2. pp. 5–10. (In Russ.).

Введение

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются загрязнителями окружающей среды, которые также обнаруживаются в обработанных пищевых продуктах после термической обработки, такой как жарка, приготовление на гриле и копчение. Поскольку ПАУ признаны канцерогенными для человека, было проведено несколько исследований по изучению их присутствия в пищевых продуктах [1, 2]. Исходя из генотоксичности и канцерогенности 16 ПАУ выбраны в качестве приоритетных для исследования в пищевых продуктах. Четыре полициклических ароматических углеводорода (бензо(а)пирен (БаП), бенз(а)антрацен, бензо(б)флуорантен и хризен) являются индикатором, который можно использовать для определения наличия и токсичности ПАУ в пищевых продуктах. Среди этих ПАУ бензо(а)пирен отнесен к группе 1 (канцерогенные для человека), а три других – к группе 2 (возможно, канцерогенные для человека). Были установлены максимальные пределы 2 пг/кг и 12 пг/кг для бензо(а)пирена и суммы ПАУ4 соответственно в копченном мясе и рыбе. Традиционные методы приготовления на гриле и копчения приводят к загрязнению ПАУ обработанных пищевых продуктов, включая рыбу [3], а также жареное или копченое мясо [4]. При традиционном копчении продуктов продукт укладывают на сетчатый поднос или даже подвешивают на опору непосредственно над горящими дровами или древесным углем [5]. Кроме того, при традиционном копчении рыбной продукции можно использовать различные виды топлива (например, скорлупу и шелуху кокосового ореха), различные породы древесины и коптильное оборудование. Сообщалось, что эти виды топлива являются факторами, способствующими образованию ПАУ [3]. Повышенные уровни бензо(а)пирена также были зарегистрированы в образцах копченой рыбы, которые значительно превышают порог в 2 пг/кг. О присутствии ПАУ в жареном или копченном мясе и рыбных продуктах также сообщили несколько авторов [1, 2, 6]. Из-за высокой токсичности этих соединений (включая генотоксичность и канцерогенность) было проведено несколько исследований среди населения, потребляющего такие загрязненные ПАУ продукты питания, включая мясо и рыбные продукты [7].

На образование полициклических ароматических углеводородов в пищевых продуктах могут влиять несколько факторов. В Кодексе Алиментарии перечислены десять таких факторов: содержание жира в пище и то, что происходит с ней во время обработки; топливо (древесина и другой растительный материал и др.); способ курения (прямой или непрямой); процесс дымообразования в зависимости от температуры пиролиза и расхода воздуха в случае дымогенератора (трение, тление, термостатированные пластины); расстояние между пищей и источником тепла; положение продукта

относительно источника тепла; продолжительность курения; температура во время курения; конструкция коптильной камеры и используемое оборудование для дымовоздушной смеси (влияющее на плотность дыма в коптильной камере); чистота и обслуживание оборудования.

В нескольких исследованиях [8, 9] сообщалось, что изменение традиционных методов курения позволяет уменьшить образование ПАУ. Среди инноваций, связанных с коптильным оборудованием, можно назвать наличие вентилятора (для обеспечения однородности тепла или поддержания температуры в коптильной камере), тележек (для подвешивания продукта) или устройств для сбора жира и предотвращения его попадания в коптильную камеру [4]. Также зафиксировано использование техники непрямого курения и наличие фильтра [10].

В этом обзоре литературы представлены несколько методов, используемых для снижения содержания ПАУ в копченном или приготовленном на гриле мясе и рыбных продуктах для будущей модернизации традиционных методов.

Результаты и обсуждение

Стратегии снижения содержания ПАУ, применимые до и во время приготовления на гриле или копчения

Тип используемого топлива

Некоторые авторы сообщали, что использование определенных пород древесины для образования дыма во время приготовления на гриле или копчения может привести к образованию большего количества ПАУ. Сообщалось также, что топливо, содержащее большое количество лигнина, при сжигании производит большее количество ПАУ. Более того, мягкая древесина содержит больше лигнина, чем твердая [4]. Древесина акации производит большее количество ПАУ, чем древесина мангового дерева. Также исследователи сообщили, что использование жома сахарного тростника для копчения рыбы позволяет снизить уровни ПАУ в копченой рыбе (скумбрии, сардине, тунце) по сравнению с древесиной акации. В аналогичных исследованиях, проведенных исследователями также протестированы несколько пород древесины (яблоня, ольха, ольха + можжевельник, ель, клен, орешник, слива, осина, черемуха, рябина, а также древесный уголь) для копчения свинины. Концентрации ПАУ в копченой свинине колебались от 6 до 35 мкг/кг для бензо(а)пирена и от 48 до 471 мкг/кг для суммы 15 ПАУ. Самая низкая концентрация бензо(а)пирена, зарегистрированная в копченой свинине, составила 6 мкг/кг, 9 мкг/кг и 9 мкг/кг для яблок, клена и ольхи соответственно [11].

О других исследованиях пород древесины, используемых в процессе промышленного копчения, сообщили исследователи [12] тестировали бук, дуб, ель, тополь, ольху, гикори, а также смешанную дре-

весину с добавлением пряностей. Эти авторы обнаружили, что древесину тополя можно использовать для ограничения образования ПАУ.

Улучшение процесса приготовления мяса или рыбы на гриле или копчения и влияние на снижение содержания ПАУ

Были проведены эксперименты с использованием оболочки в качестве барьера против отложения ПАУ и для предотвращения пиролиза расплавленного жира. Использование свиной или коллагеновой оболочки привело к значительному снижению образования ПАУ [13].

Также было предложено, что для снижения содержания ПАУ необходимо дать древесному углю полностью нагреться перед началом приготовления на гриле. Таким же образом предположили, что при приготовлении на углях мясо следует класть на противень через 12 минут после возникновения пламени. Благодаря использованию этой стратегии, направленной на предотвращение стекания мясного сока в угли, показали снижение суммы ПАУ4 на 89% (с 21,8 до 2,4 пг/кг) в мясе, приготовленном на гриле [14].

Было показано, что использование угольных фильтров (активированных или нет) в модифицированных традиционных печах позволяет снизить количество ПАУ (по сравнению с контролем без фильтров) в копченой рыбе [4]. Все образцы рыбы, копченной с использованием этих угольных фильтров, соответствовали нормам относительно концентрации БаП. Также разработали фильтры, состоящие из цеолита, которые при предварительной обработке перед использованием позволяют уменьшить отложение ПАУ на копченой пище. Таким же образом также сообщили об очень низкой концентрации ПАУ в копченом карпе, когда при копчении использовались цеолит и другие фильтры (гравий или гранулированный активированный уголь) [15].

Еще один способ уменьшить отложение ПАУ на жареном мясе — создать барьер между продуктами и дымом. Когда мясо завернуто в алюминиевую фольгу или банановые листья, уровень БаП в мясе, приготовленном на гриле, был очень низким и ниже максимального предела в 2 пг/кг. Аналогичным образом, также наблюдали такие же низкие уровни БаП, когда говядина и баранина были завернуты в алюминиевую фольгу перед приготовлением на углях, по сравнению с контролем без упаковки [16].

В исследовании [16], БаП не обнаруживался (ниже 0,03 пг/кг) в приготовленной на гриле говядине или курице, когда маринованное мясо было предварительно нагрето в микроволновой печи (180 °С; 40–60 секунд) или предварительно нагрето на пару (100 °С, 2–4 минуты) перед приготовлением на гриле.

Кроме того, также сообщили, что использование инфракрасного, электрического гриля или скоровороды-гриля для жарки свиной грудки приводит к неопределяемым уровням БаП (<0,05 пг/кг).

Другим способом снижения содержания ПАУ

является использование копильной жидкости для ароматизации рыбы или холодное копчение, требующее низкой температуры (18–25 °С). Использование жидкого ароматизатора дыма в качестве альтернативы традиционному копчению дымовых газов для копчения филе форели позволило снизить загрязнение конечного продукта ПАУ. Для применения этого метода рыбу сначала замачивали в рассоле (210 г соли на литр), затем коптили холодным способом, погружая ее на 10–120 секунд в водный раствор, содержащий от 10 до 12,5% копильной жидкости. Таким же образом в статье [12] показали очень низкие концентрации БаП (0,3 пг/кг) и суммы ПАУ4 (2,5 пг/кг) в сырокопченой ферментированной колбасе после холодного копчения. Были исследованы различные методы производства дыма при производстве копченых ферментированных колбас, такие как тлеющий дым, паровой дым, дым от трения и дым от прикосновения. Все образцы мяса соответствовали максимальным нормам по БаП (2 пг/кг) и ПАУ4 (12 пг/кг).

Использование маринада для снижения содержания ПАУ

Недавно в нескольких исследованиях было подчеркнуто использование некоторых фруктовых соков, специй, трав и чая для ограничения образования ПАУ в копченом или приготовленном на гриле мясе путем замачивания мяса перед обработкой [17]. Также сообщали о снижении содержания БаП (70%) при вымачивании образцов говядины в различных кислых маринадах (лимонном соке) с уровнями БаП ниже максимального предела (2 пг/кг). Добавление масла и/или щелочи в маринад (вода, сахар, устричный соус, соль, чесночный порошок, порошок черного перца), нанесенный на курицу перед приготовлением на гриле, привело к увеличению сумм ПАУ4 и ПАУ16 по сравнению с контролем без маринада.

Проведены эксперименты с использованием трех разных сортов пива для маринования свинины перед приготовлением на гриле. Помимо пива, маринад с зеленым, белым или желтым чаем также приводил к неопределяемым уровням БаП и ПАУ8 в куриных крылышках, приготовленных на углях (Wang et al., 2018). Другие чаи, такие как чай мате или зеленый чай, используемые в разных пропорциях (0,25%, 0,5% и 1%) для маринования свиной грудки перед приготовлением на гриле, позволили снизить уровень БаП (от 12,9% до 24,5% для зеленого чая в свиной грудке, приготовленной на углях [18].

Исследователи показали, что использование маринада, состоящего из приправы из выжимок красного вина, перед приготовлением говядины на гриле приводит к значительному ($p < 0,05$) увеличению содержания ПАУ по сравнению с контролем [19].

Другие исследователи использовали молочнокислые бактерии (МКБ), такие как, для снижения содержания ПАУ в колбасе, применяя их до и после

копчения с помощью стерилизованной картофельный сок в качестве субстрата. По данным авторов, зафиксировано достоверное снижение содержания ПАУ (БаП и суммы ПАУ₄) в копченых колбасах, обработанных МКБ, до и после копчения [20].

Методы, применяемые после приготовления на гриле или копчения для удаления ПАУ из обработанного мяса или рыбных продуктов.

Упаковочная система и ультрафиолетовое (УФ) применение.

При копчении шпроты хранили в пластиковых пакетах разных типов (ПЭТ, ПЭВП, ПЭНП, ПП), уровни ПАУ значительно снизились, и все упакованные образцы (хранившиеся при комнатной температуре (22 ± 2 °С) и при температуре охлаждения (от +4 °С до +6 °С)) соответствовали нормам. Сообщалось также о снижении уровня БаП (ниже 2 пг/кг) при использовании пленки ПЭВД для упаковки жареной утки и копченой колбасы. Упаковка жареного мяса утки в упаковку из ПЭНП при температуре 25 °С позволила снизить уровень БаП на 73% после 24 часов хранения. Более того, те же авторы сообщили, что применение УФ (2-3 часа) к пленке ПЭВД также способствует снижению содержания ПАУ (13,5%-29,2%), а среди ПАУ, на которые воздействовал этот метод, БаП оказался наиболее чувствительным к УФ. Однако имеется ограниченная соответствующая информация о влиянии использования УФ-излучения на безопасность пищевых продуктов в пищевой промышленности [21].

Мойка копченостей

Другой метод удаления ПАУ из копченой рыбы – промывание копченой рыбы горячей дистиллированной водой (60 °С, 2–3 минуты). Однако эти авторы не обсуждали органолептические характеристики мытой копченой рыбы, так как можно ожидать, что промывка копченого продукта ухудшит его вкус и аромат. Кроме того, срок хранения мытой копченой рыбы невелик, и дальнейшие исследования должны быть направлены на хранение и консервацию мытой копченой рыбы [22].

Перспективы будущего реинжиниринга процессов

Среди методов снижения содержания ПАУ в копченых продуктах или продуктах, приготовленных на гриле, некоторые методы можно использовать по отдельности или в сочетании для снижения

уровня ПАУ в пищевых продуктах. После основных операций по очистке сырое мясо, рыбу можно предварительно разогреть либо в микроволновой печи, либо приготовить на пару, чтобы сократить время воздействия дыма во время приготовления на гриле или копчения. Важным шагом является качество топлива (древесного угля или древесины), которое будет использоваться для производства дыма. Рекомендуется использовать сухую древесину с низким содержанием лигнина. Копчение может осуществляться прямым или непрямым способом. При прямом методе дым образуется в той же камере, в которой обрабатываются пищевые продукты, в отличие от непрямого процесса, при котором дым образуется в камере, отдельной от места копчения пищевых продуктов. В обоих методах оборудование для курения должно иметь фильтр, состоящий из древесного или активированного угля, или цеолита. Кроме того, оборудование для копчения должно иметь систему сбора жира, позволяющую избежать попадания жира в угли во время копчения или приготовления на гриле. Кроме того, перед укладкой сырья на сетчатый лоток коптильное оборудование следует сначала прогреть в течение примерно 12 минут с момента появления пламени. Копченый продукт в конечном итоге можно промыть горячей водой (для немедленного употребления) или сразу упаковать в тару из ПВД или ПНД. Несмотря на то, что некоторые стратегии, упомянутые выше, не могут быть применены для производства большого количества продуктов питания или могут повлиять на сенсорные характеристики, их можно изучить для будущей реорганизации традиционного процесса приготовления на гриле или копчения.

Выводы

В статье представлена информация о снижении или удалении ПАУ из жареного или копченого мяса и рыбных продуктов. Маринование, предварительный нагрев, использование фильтра и системы сбора жира, упаковка продукта – основные методы, которые можно применять перед копчением или приготовлением на гриле, для снижения содержания ПАУ. Применение этих методов в некоторых случаях предполагает дополнительные производственные затраты.

Литература

- [1] Rozentale, I., Zacs, D., Bartkiene, E., Bartkevics, V., 2018. Polycyclic aromatic hydrocarbons in traditionally smoked meat products from the Baltic States. Food Addit. Contam. B 11, 138-145. V
- [2] Ingenbleek L. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods from the first regional total diet study in Sub-Saharan Africa: Contamination profile and occurrence data // Food Control. – 2019. – Т. 103. – С. 133-144.

References

- [1] Rozentale, I., Zacs, D., Bartkiene, E., Bartkevics, V., 2018. Polycyclic aromatic hydrocarbons in traditionally smoked meat products from the Baltic States. Food Add. Contam. B 11, 138-145. V
- [2] Ingenbleek L. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods from the first regional total diet study in Sub-Saharan Africa: Contamination profile and occurrence data // Food Control. – 2019. – Т. 103. – P. 133-144.

- [3] Kpoclou E. Y. et al. Effect of fuel and kiln type on the polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) levels in smoked shrimp, a Beninese food condiment // *Food Additives & Contaminants: Part A.* – 2014. – T. 31. – №. 7. – С. 1212-1218.
- [4] Essumang D. K., Dodoo D. K., Adjei J. K. Effective reduction of PAH contamination in smoke cured fish products using charcoal filters in a modified traditional kiln // *Food Control.* – 2014. – T. 35. – №. 1. – С. 85-93.
- [5] Assogba M. F. et al. Processing methods, preservation practices and quality attributes of smoked and smoked-dried fishes consumed in Benin // *Cogent Food & Agriculture.* – 2019. – T. 5. – №. 1. – С. 1641255.
- [6] Mastanjević K. M. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in traditionally smoked Slavonska kobasica // *Food Additives & Contaminants: Part B.* – 2020. – T. 13. – №. 2. – С. 82-87.
- [7] Iko Afé O. H. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons contamination of traditionally grilled pork marketed in South Benin and health risk assessment for the Beninese consumer // *Food Additives & Contaminants: Part A.* – 2020. – T. 37. – №. 5. – С. 742-752.
- [8] Škaljac S. et al. Influence of smoking in traditional and industrial conditions on polycyclic aromatic hydrocarbons content in dry fermented sausages (Petrovska klobasa) from Serbia // *Food Control.* – 2014. – T. 40. – С. 12-18.
- [9] Škaljac S. et al. Influence of smoking in traditional and industrial conditions on colour and content of polycyclic aromatic hydrocarbons in dry fermented sausage “Petrovska klobasa” // *Lwt.* – 2018. – T. 87. – С. 158-162.
- [10] Bomfeh K. et al. Reducing polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in smoked fish in the Global South: a case study of an improved kiln in Ghana // *Journal of the Science of Food and Agriculture.* – 2019. – T. 99. – №. 12. – С. 5417-5423.
- [11] Stumpe-Viksna I. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood // *Food Chemistry.* – 2008. – T. 110. – №. 3. – С. 794-797.
- [12] Hitzel A. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in meat products smoked with different types of wood and smoking spices // *Food chemistry.* – 2013. – T. 139. – №. 1-4. – С. 955-962.
- [13] Gomes, A., Santos, C., Almeida, J., Elias, M., Roseiro, L.C., 2013. Effect of fat content, casing type and smoking procedures on PAHs contents of Portuguese traditional dry fermented sausages. *Food Chem. Toxicol.* 58, 369-374.
- [14] Lee J. G. et al. Effects of grilling procedures on levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meats // *Food Chemistry.* – 2016. – T. 199. – С. 632-638.
- [15] Babić J. M. et al. Reduction of polycyclic aromatic hydrocarbons in common carp meat smoked in traditional conditions // *Food Additives & Contaminants: Part B.* – 2018. – T. 11. – №. 3. – С. 208-213.
- [3] Kpoclou E. Y. et al. Effect of fuel and kiln type on the polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) levels in smoked shrimp, a Beninese food condiment // *Food Additives & Contaminants: Part A.* – 2014. – Vol. 31. – No. 7. – pp. 1212-1218.
- [4] Essumang D. K., Dodoo D. K., Adjei J. K. Effective reduction of PAH contamination in smoke cured fish products using charcoal filters in a modified traditional kiln // *Food Control.* – 2014. – T. 35. – No. 1. – pp. 85-93.
- [5] Assogba M. F. et al. Processing methods, preservation practices and quality attributes of smoked and smoked-dried fishes consumed in Benin // *Cogent Food & Agriculture.* – 2019. – T. 5. – No. 1. – P. 1641255.
- [6] Mastanjević K. M. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in traditionally smoked Slavonska kobasica // *Food Additives & Contaminants: Part B.* – 2020. – Vol. 13. – No. 2. – pp. 82-87.
- [7] Iko Afé O. H. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons contamination of traditionally grilled pork marketed in South Benin and health risk assessment for the Beninese consumer // *Food Additives & Contaminants: Part A.* – 2020. – Vol. 37. – No. 5. – pp. 742-752.
- [8] Skaljic S. et al. Influence of smoking in traditional and industrial conditions on polycyclic aromatic hydrocarbons content in dry fermented sausages (Petrovska klobasa) from Serbia // *Food Control.* – 2014. – T. 40. – P. 12-18.
- [9] Skaljic S. et al. Influence of smoking in traditional and industrial conditions on color and content of polycyclic aromatic hydrocarbons in dry fermented sausage “Petrovska klobasa” // *Lwt.* – 2018. – T. 87. – P. 158-162.
- [10] Bomfeh K. et al. Reducing polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in smoked fish in the Global South: a case study of an improved kiln in Ghana // *Journal of the Science of Food and Agriculture.* – 2019. – T. 99. – No. 12. – pp. 5417-5423.
- [11] Stumpe-Viksna I. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood // *Food Chemistry.* – 2008. – T. 110. – No. 3. – pp. 794-797.
- [12] Hitzel A. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in meat products smoked with different types of wood and smoking spices // *Food chemistry.* – 2013. – T. 139. – No. 1-4. – pp. 955-962.
- [13] Gomes, A., Santos, C., Almeida, J., Elias, M., Roseiro, L.C., 2013. Effect of fat content, casing type and smoking procedures on PAHs contents of Portuguese traditional dry fermented sausages. *Food Chem. Toxicol.* 58, 369-374.
- [14] Lee J. G. et al. Effects of grilling procedures on levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meats // *Food Chemistry.* – 2016. – T. 199. – P. 632-638.
- [15] Babić J. M. et al. Reduction of polycyclic aromatic hydrocarbons in common carp meat smoked in traditional conditions // *Food Additives & Contaminants: Part B.* – 2018. – Vol. 11. – No. 3. – pp. 208-213.

- [16] Farhadian A. et al. Effects of marinating on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons (benzo [a] pyrene, benzo [b] fluoranthene and fluoranthene) in grilled beef meat //Food Control. – 2012. – Т. 28. – №. 2. – С. 420-425.
- [17] Lu F., Kuhnle G. K., Cheng Q. The effect of common spices and meat type on the formation of heterocyclic amines and polycyclic aromatic hydrocarbons in deep-fried meatballs //Food Control. – 2018. – Т. 92. – С. 399-411.
- [18] Park K. C. et al. Effects of cooking methods and tea marinades on the formation of benzo [a] pyrene in grilled pork belly (Samgyeopsal) //Meat Science. – 2017. – Т. 129. – С. 1-8.
- [19] García-Lomillo J. et al. Influence of red wine pomace seasoning and high-oxygen atmosphere storage on carcinogens formation in barbecued beef patties //Meat science. – 2017. – Т. 125. – С. 10-15.
- [20] Bartkiene E. et al. The impact of lactic acid bacteria with antimicrobial properties on biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons and biogenic amines in cold smoked pork sausages //Food Control. – 2017. – Т. 71. – С. 285-292.
- [21] Chen J., Chen S. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons by low density polyethylene from liquid model and roasted meat //Food chemistry. – 2005. – Т. 90. – №. 3. – С. 461-469.
- [22] Mahugija J. A. M., Njale E. Effects of washing on the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contents in smoked fish //Food Control. – 2018. – Т. 93. – С. 139-143.

Сведения об авторах

Information about the authors

| | |
|---|--|
| <p>Блинохватов Антон Александрович кандидат сельскохозяйственных наук заведующий кафедрой «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: bl-anton58@rambler.ru</p> | <p>Blinokhvatov Anton Alexandrovich PhD in Agricultural Sciences head of the department of «Food productions» Penza State Technological University E-mail: bl-anton58@rambler.ru</p> |
| <p>Пияйко Павел Игоревич студент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: p.a.v.e.l_p@mail.ru</p> | <p>Piyayko Pavel Igorevich student of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: p.a.v.e.l_p@mail.ru</p> |