

## ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПО СОДЕРЖАНИЮ БЕНЗ(А)ПИРЕНА – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Г.Д. Апалькова*

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск*

Проблема безопасности пищевых продуктов в научном мире приобрела актуальное значение. Особенно важными становятся вопросы обнаружения, определения содержания и нормирование допустимых уровней канцерогенных веществ в пищевых продуктах. В соответствии с постановлением Комиссии ЕС № 208/2005 в качестве показателя наличия и воздействия канцерогенных полициклических ароматических углеводородов в пищевых продуктах можно использовать содержание в них бенз(а)пирена, относящегося к числу наиболее распространенных канцерогенных веществ в окружающей человека среде. Проанализированы источники канцерогенных веществ. В свое время в научном мире считалось, что источниками канцерогенных полициклических углеводородов, встречающихся в окружающей человека среде, в пищевых продуктах и кормах, являются высокотемпературные пирогенетические процессы, происходящие при температуре 700–800 °С. Высказывается мнение, что присутствие полициклических ароматических углеводородов связано с их синтезом в процессе жизнедеятельности растений, а также вследствие высокой загрязненности ими всей окружающей человека среды. Показано, что современными исследованиями установлено, что судить о канцерогенной активности канцерогенных полициклических ароматических углеводородов только по содержанию бенз(а)пирена не вполне корректно, поскольку в них содержатся и другие, даже более опасные канцерогенные ароматические углеводороды, например, дибензпирены и др. Нормативные документы, определяющие перечень гетероциклических полициклических углеводородов в различных странах отличаются и содержат от 8 до 18 индивидуальных соединений. Описаны методы деканцерогенизации источников канцерогенных веществ в различных областях техники. Проанализированы нормативы допустимых уровней бенз(а)пирена в различных продуктах в соответствии Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». Показана актуальность научных исследований и поиска решений снижения содержания в пищевой продукции канцерогенных веществ с учетом знаний и опыта, накопленных в различных отраслях производства в сфере общих интересов.

**Ключевые слова:** безопасность пищевых продуктов, канцерогенные вещества, бенз(а)пирен, методы и средства контроля, деканцерогенизация.

Проблема безопасности пищевых продуктов в научном мире приобрела актуальное значение. Важными являются обнаружение, определение содержания и нормирование допустимых уровней канцерогенных веществ. В соответствии с Постановлением Комиссии ЕС № 208/2005 показателем наличия и воздействия канцерогенных полициклических ароматических углеводородов в пищевых продуктах можно использовать содержание в них бенз(а)пирена, относящегося к числу наиболее распространенных канцерогенных веществ в окружающей человека среде<sup>1</sup>. Содерж-

жание бенз(а)пирена в воздухе, почве, продуктах питания зачастую многократно превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК)<sup>2</sup>.

Впервые бенз(а)пирен был выделен из каменноугольной смолы<sup>3</sup>. Бенз(а)пирен относится к числу веществ первого класса опасности [1].

Одним из основных источников выброса бенз(а)пирена в атмосферу являются двигате-

<sup>1</sup> Постановлении Комиссии ЕС № 208/2005 от 04.02.05 / Законодательно-нормативные акты Европейского Союза (ЕС) в отношении пищевой промышленности.

<sup>2</sup> Регламент комиссии (ЕС) № 1881/2006 от 19 декабря 2006 года, максимальные уровни некоторых contaminants в пищевых продуктах, Раздел 6: Полициклические ароматические углеводороды, 6.1 Бензпирен. С. 24–25.

<sup>3</sup> Справочник химика 21, химия и химическая технология. <http://chem21.info/info/657497/>

## Обзорные статьи

ли внутреннего сгорания. Значительные количества его находят в составе выхлопных газов автотранспорта и самолетов.

Канцерогенные вещества найдены в выхлопных газах сравнительно недавно. В отработанных газах бензиновых двигателей содержание таких соединений особенно значительно<sup>4</sup>.

Исследования по поиску путей уменьшения содержания бенз(а)пирена в отработанных газах двигателей внутреннего сгорания показали перспективность этих направлений путем оптимизации режимов работы двигателей, подбором материалов рабочих поверхностей выпускного тракта, использованием различных модификаторов [2], перевод автотранспорта на газомоторное топливо<sup>5</sup>, а также перевод автотранспорта на более экологичные марки бензина.

В металлургических регионах в атмосферном воздухе также содержится существенное количество вредных выбросов. По части бенз(а)пирена особо можно отметить каменноугольные пеки, широко используемые в производстве алюминия [3]. Исследования канцерогенных полициклических ароматических углеводородов в пеках показывают, что судить о канцерогенной активности канцерогенных полициклических ароматических углеводородов только по содержанию бенз(а)пирена не вполне корректно, поскольку в них содержатся и другие, даже более опасные канцерогенные ароматические углеводороды [4].

По этой причине в большинстве развитых стран в настоящее время канцерогенную опасность процессов высокотемпературной обработки углеводородных смесей оценивают по суммарному эффекту образующихся генотоксичных ПАУ. Наиболее полный перечень токсичных ПАУ (16) издан американским агентством по защите окружающей среды. В Норвегии этот перечень расширен до 18 ПАУ. В Канаде и Европейском Союзе аналогичный перечень содержит 8 ПАУ.

В литературе известны несколько вариантов оценки индексов токсичности ПАУ. Наиболее часто для пеков применяют реко-

мендуемый ЕРА-вариант Вайлеса (US EPA – environmental protection agency) [5]. Канцерогенную опасность пека рассчитывают по сумме индивидуальных ЭБП. В таблице приведен перечень контролируемых ЕРА 18 токсичных углеводородов с указанием индекса токсичности (ИТ) канцерогенных ПАУ (выделены жирным шрифтом).

Большое значение отводится методам оценки канцерогенов. Показано, что определение канцерогенности при определении эмиссии бенз(а)пирена в процессе карбонизации исследуемых углеродсодержащих материалов, более объективна и универсальна [6].

Определение присутствующих в пеке летучих компонентов, которые образуются при дистилляции до 360 °С при атмосферном давлении определяются методом газовой хроматографии в соответствующих условиях в соответствии с международным стандартом ISO 12977 «Carbonaceous materials used in the production of aluminium – Pitch for electrodes – Determination of volatile matter content» [7].

Перечень ПАУ, контролируемых ЕРА  
(по данным работы [5])

№	Наименование ПАУ	ИТ
1	Нафталин	0,000
2	Аценафтилен	0,000
3	Аценафтен	0,000
4	Флуорен	0,000
5	Фенантрен	0,000
6	Антрацен	0,000
7	<b>Флуорантен</b>	<b>0,034</b>
8	Пирен	0,000
9	Бенз[а]флуорен	0,000
10	Бенз[б]флуорен	0,000
11	<b>Бенз[а]антрацен</b>	<b>0,033</b>
12	<b>Хризен</b>	<b>0,260</b>
13	<b>Бенз[б]флуорантен</b>	<b>0,100</b>
14	<b>Бенз[е]пирен</b>	<b>0,050</b>
15	<b>Бенз[а]пирен</b>	<b>1,000</b>
16	<b>Инден[1,2,3-с,d]пирен</b>	<b>0,100</b>
17	<b>Дибенз[а,h]антрацен</b>	<b>1,400</b>
18	<b>Бенз[g,h,i]перилен</b>	<b>1,000</b>

Комплекс выполненных работ выявил основные закономерности и направления деканцерогенизации полициклических ароматических углеводородов коксохимического производства: низкотемпературное термоокисле-

<sup>4</sup> <http://za-prirodu.ru/page/cheljabinskije-metallurgii-dobavljajut-rabotu-onkologam>

<sup>5</sup> <http://sfera-construction.ru/news/perevod-avtotransporta-na-gazomotornoe-toplivo-kak-variant-resheniya-problemy-kachestva-atmosfery>

ние, использование различных органических и неорганических добавок, обезвреживание газов, отходящих в процессе карбонизации [5, 6], использовании технологии высокоэффективного парогазового цикла на объектах<sup>6</sup>.

Исследования по диетической оценке воздействия бензпирена в пищевой продукции и оценки степени риска показали его большое количество в жареном мясе (до 4 мкг/кг), так же в жареной курице (до 5,5 мкг/кг) [8–10].

Аналогичные исследования по другим пищевым продуктам легли в основу Регламента Комиссии ЕС № 1881/2006 по содержанию бенз(а)пирена. Определено, что в копченых продуктах должно содержаться до 5 мкг/кг бенз(а)пирена, в растительных маслах и жирах менее 2 мкг/кг, в зерновых, в том числе в детском питании, до 1 мкг/кг<sup>7</sup>.

ВОЗ рекомендует поступление бенз(а)пирена с пищей на уровне не более 0,36 мкг в день, при среднем уровне в 0,05 мкг в день [11].

Рассматривая процессы копчения, специалисты отмечают, что в копченых продуктах содержание бенз(а)пирена составляет до 500 мкг/кг. Уменьшить содержание ПАУ можно различными способами:

- регулированием процесса образования дыма;
- обезвреживанием дыма;
- применением современных копильных сред.

На содержание ПАУ оказывают влияние и вопросы технологии. Продукты горячего копчения содержат больше канцерогенных веществ, чем продукты холодного копчения. Эффективна газоочистка отходящего дыма [12].

Определение содержания бенз(а)пирена в отечественной практике регламентируется ГОСТ Р 51650-2000 Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена [13].

Данный стандарт входит в перечень стандартов, содержащих правила и методы иссле-

дований и измерений, необходимые для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011<sup>8</sup>.

Предельно допустимое содержание (ПДС) бенз(а)пирена на территории Таможенного союза устанавливается регламентом ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» на уровне не более 0,001 мг/кг для большинства продуктов, 0,002 мг/кг в растительном масле и молоке и молочной продукции, 0,005 мг/кг для копченой рыбной продукции, не допускается (менее 0,0002 мг/кг) в кашах для беременных и кормящих и детском питании<sup>9,10</sup>. В качестве примечания можно отметить использование различных единиц показателя содержания бенз(а)пирена в различных документах: мг/кг и мкг/кг, численное значение которых отличается в  $10^3$  раз и несколько усложняет восприятие регламентируемых показателей.

Дальнейшую актуализацию научных исследований и поиска решений снижения содержания бенз(а)пирена как индикаторного ПАУ в пищевых продуктах целесообразно проводить с учетом знаний и опыта, накопленных в различных отраслях производства и окружающей среды в сфере общих интересов.

**Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011).**

### Литература

1. Информационная карта потенциально опасного химического и биологического вещества. Бензпирен. Свидетельство о государственной регистрации ВТ № 000387. – М.: РПОХБВ, 1995.

2. Курагина, Т.И. Пути уменьшения содержания бензпирена в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания: дис. ... канд. техн. наук / Т.И. Курагина. – Волгоград, 1993. – 115 с.

<sup>6</sup> <http://chelyabinsk.74.ru/text/news/262272320823296.html?full=3>

<sup>7</sup> Регламент комиссии (ЕС) № 1881/2006 от 19 декабря 2006 года, максимальные уровни некоторых загрязнителей в пищевых продуктах, Раздел 6: Полициклические ароматические углеводороды, 6.1 Бензпирен. С. 24–25.

<sup>8</sup> ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880.

<sup>9</sup> ТР ТС 024/2011 Технический регламент Таможенного союза «Технический регламент на масложировую продукцию»

<sup>10</sup> ТР ТС 033/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции».

3. Совершенствование технической документации на электродную продукцию как один из аспектов экологической безопасности алюминиевого производства на современном этапе / Г.Д. Апалькова, А.И. Мурашкин, В.И. Карпов, Д.В. Сорокин // *Алюминий Сибири* – 2005. Сб. докладов XI международной конференции. – Красноярск: Бона компани, 2005. – С. 232–233.

4. Wiles F., Friar S., Barry I. *Application of Risk Assessment to Point Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 5th Conference on Toxic Substances, Montreal, Canada, 1992.*

5. Сидоров, О.Ф. Экологические проблемы каменноугольных пеков / О.Ф. Сидоров // *Современное состояние и перспективы развития электродной продукции, конструкционных и композиционных углеродных материалов: сб. докл. международн. конф.* – Челябинск: ООО «Энциклопедия», 2010. – С. 86–96.

6. Сидоров, О.Ф. О критериях оценки канцерогенной опасности углеродсодержащих связующих материалов / О.Ф. Сидоров, А.А. Дерюгин, А.Ю. Сидельников // *Кокс и химия.* – 2016. – № 12. – С. 39–46.

7. ISO 12977:1999(E) *Carbonaceous materials used in the production of aluminium – Pitch for electrodes – Determination of volatile matter content.*

8. Lee BM, Shim GA. *Dietary exposure estimation of benzo[a]pyrene and cancer risk assessment // Journal of Toxicology and Environmental Health Part A.* – 2007 Aug; 70 (15-16):1391-4.

9. Aygün S.F., Kabadayi F. *Determination of benzo[a]pyrene in charcoal grilled meat samples by HPLC with fluorescence detection // International Journal of Food Sciences and Nutrition.* – 2005. Dec; 56(8):581-5.

10. Kazerouni N., Sinha R., Hsu C.H., Greenberg A., Rothman N. *Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study // Food and Chemical Toxicology* 2002;40(1):133. DOI: 10.1016/S0278-6915 (00)00158-7

11. *Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. In: Guidelines for Drinking-water Quality, 2nd ed. Vol. 2. Health Criteria and other Supporting Information.* Pfannhauser. 1991.

12. Винникова, Л.Г. *Технология мяса и мясных продуктов / Л.Г. Винникова // Киев. ИНКОС, 2006. – 600 с.*

13. ГОСТ Р 51650-2000 *Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена (Food stuffs. Methods for determination of benz(a)pyren fraction of total mass).* Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 3 октября 2000 г. № 247-ст.

Апалькова Галия Давлетхановна. Доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые биотехнологии». Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), apalkovagd@susu.ru

Поступила в редакцию 19 апреля 2017 г.

DOI: 10.14529/food170201

## FOOD SAFETY INDICATORS IN TERMS OF BENZ(A)PYRENE CONTENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

**G.D. Apalkova**

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

The issue of food safety in the scientific world has assumed importance. The issues of detection, determination and rate setting of allowable levels of carcinogenic substances in food products are of prime importance. In accordance to the resolution of the EU Commission No. 208/2005 an indicator of presence and effect of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in food items can be the content of benz(a)pyrene, which is rated the most wide-spread carcinogenic substances in the human environment. The sources of carcinogenic substances have been analyzed. Once in

the scientific world it's been considered that the sources of carcinogenic polycyclic hydrocarbons, found in the human environment, food products and fodder, are high-temperature pyrogenic processes which occur at the temperature of 700–800 °C. It's thought that the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons is related to their synthesis in the vital processes of plants and as a result of high pollution of the human environment by them. It's shown that by modern studies it's found out that to judge about carcinogenic activity of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons only according to benz(a)pyrene content is incorrect, as they have more hazardous carcinogenic aromatic hydrocarbons, for example, dibenz(a)pyrene and others. The regulatory documents specifying the list of genotoxic polycyclic hydrocarbons in different countries differ and have from 8 to 18 individual compounds. The methods of decancerogenization of the sources of carcinogenic substances in different fields of engineering are described. The standards of allowable levels of benz(a)pyrene in different food items in compliance with the Technical Regulation of the Customs Union "On Food Safety" are analyzed. The paper shows the topicality of research studies and the search for a way of reducing cancerogenic substances in food products taking into account the knowledge and experience, gathered in different production branches in the field of common interests.

**Keywords:** food safety, carcinogenic substances, benz(a)pyrene, control methods and tools, decancerogenization.

### References

1. *Informatsionnaya karta potentsial'no opasnogo khimicheskogo i biologicheskogo veshchestva. Benzpiren. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii VT № 000387* [The informational map of a potentially harmful chemical and biological substance. Benzapyrene. The certificate of state registration BT No. 000387]. Moscow, 1995.
2. Kuragina T.I. *Puti umen'sheniya sodержaniya benzpirena v otrabotavshikh gazakh dvigateley vnutrennego sgoraniya* [The ways of reducing the benzapyrene content in exhaust gases of combustion engines]. Candidate's dissertation (Engineering). Volgograd, 1993. 115 p.
3. Apalkova G.D., Murashkin A.I., Karpov V.I., Sorokin D.V. [The improvement of technical documentation for electrode products as one of the aspects of ecological safety of aluminum production in recent times]. *Aluminium Sibiri – 2005* [Aluminum of Siberia – 2005]. Collection of XI International Conference Papers. Krasnoyarsk, 2005, pp. 232–233. [in Russ.]
4. Wiles F., Friar S., Barry I. Application of Risk Assessment to Point Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *5th Conference on Toxic Substances*, Montreal, Canada, 1992.
5. Sidorov O.F. [Environmental issues of coal tar pitch]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya elektrodnoy produktsii, konstruksionnykh i kompozitsionnykh uglerodnykh materialov* [Modern state and prospects for the development of electrode products, structural and carbon composite materials: collection of the international conference papers]. Chelyabinsk, 2010, pp. 86–96. [in Russ.]
6. Sidorov O.F., Deryugin A.A., Sidelnikov A. Yu. [About criteria of evaluation of carcinogenic danger of carbon containing binder materials]. *Koks i khimiya* [Coke and chemistry], 2016, no. 12, pp. 39–46. (in Russ.)
7. *ISO 12977:1999(E) Carbonaceous materials used in the production of aluminium – Pitch for electrodes – Determination of volatile matter content.*
8. Lee BM, Shim GA. Dietary exposure estimation of benzo[a]pyrene and cancer risk assessment. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*. 2007 Aug;70 (15-16):1391-4.
9. Aygün SF, Kabadayi F. Determination of benzo[a]pyrene in charcoal grilled meat samples by HPLC with fluorescence detection. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2005. Dec; 56(8):581-5.
10. Kazerouni N, Sinha R, Hsu CH, Greenberg A, Rothman N. Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. *Food and Chemical Toxicology*, 2002;40(1):133. DOI:10.1016/S0278-6915 (00)00158-7
11. Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. In: *Guidelines for Drinking-water Quality*, 2nd ed. Vol. 2. Health Criteria and other Supporting Information. Pfannhauser, 1991.
12. Vinnikova L.G. *Tekhnologiya myasa i mjasnykh produktov* [Meat and meat products technology]. Kiev, 2006. 600 p.

## Обзорные статьи

---

13. *GOST R 51650-2000 Produkty pishchevye. Metody opredeleniya massovoy doli benz(a)pirena* [Food stuffs. Methods for determination of benz(a)pyren fraction of total mass]. Prinyat i vveden v deystvie Postanovleniem Gosstandarta Rossii ot 3 oktyabrya 2000 g. № 247-st.

**Galia D. Apalkova.** Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University (Chelyabinsk), apalkovagd@susu.ru.

*Received 19 April 2017*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Апалькова, Г.Д. Показатели безопасности пищевых продуктов по содержанию бенз(а)пирена – проблемы и перспективы / Г.Д. Апалькова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 5–10. DOI: 10.14529/food170201

### FOR CITATION

Apalkova G.D. Food Safety Indicators in Terms of Benz(a)pyrene Content: Challenges and Opportunities. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 5–10. (in Russ.) DOI: 10.14529/food170201

---