

## Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em leite e derivados: contaminação e influência na saúde dos consumidores

## Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in dairy products: pollution and influence on consumer health

## Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en los productos lácteos: la contaminación y la influencia en la salud de los consumidores

Raniely de Lourdes Fonseca Luz<sup>1</sup>

Sergio Augusto Sousa Campos<sup>2</sup>

Esteffany Reis<sup>3</sup>

Nayabi Garroni<sup>4</sup>

Luiz Ronaldo de Abreu<sup>5</sup>

---

### RESUMO

Os HPAs são contaminantes distribuídos em vários compartimentos ambientais que apresentam potenciais carcinogênicos. Em leite e derivados eles podem estar presentes por diversos fatores como contaminação da matéria prima (leite) ou pelo processamento do leite e seus derivados. O estudo teve como objetivo discutir os riscos da contaminação de produtos lácteos com HPAs e a influência na saúde dos consumidores. Conclui-se que se faz necessário maior empenho da indústria alimentícia para a busca de matéria-prima e processos que minimizem a geração dos HPAs nos alimentos e efetiva fiscalização quanto às normas de segurança no que tange aos limites de quantificação.

**Palavras-chave:** Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos; leite contaminado; câncer; saúde.

---

### ABSTRACT

PAH contaminants are distributed in various environmental compartments that have potential carcinogens. In dairy products they can present Outsider by several factors such as contamination of the raw material (milk) or the processing of milk and dairy products. The study aimed to discuss the risks of contamination of dairy products with PAHs and the influence on the health of consumers. It concludes that greater commitment is needed from the food industry in the search for raw materials and processes that minimize the generation of PAHs in food and effective oversight as to safety standards with regard to the limits of quantification.

**Keywords:** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; contaminated milk; Cancer; health.

---

<sup>1</sup> Química, Doutoranda em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras/MG. E-mail: [ranyfonseca@posgrad.ufla.br](mailto:ranyfonseca@posgrad.ufla.br)

<sup>2</sup> Zootecnista, Mestranda em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras/MG.

<sup>3</sup> Acadêmica em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras/MG.

<sup>4</sup> Acadêmica em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Lavras/MG.

<sup>5</sup> Zootecnista, Doutor em Food Science pela University of Wisconsin - Madison, WISC, Estados Unidos Professor titular do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras/MG

## RESUMEN

Contaminantes HAP se distribuyen en distintos compartimentos ambientales que tienen los carcinógenos potenciales. En los productos lácteos que pueden presentar Outsider por varios factores, como la contaminación de la materia prima (leche) o el procesamiento de la leche y los productos lácteos. El estudio tuvo como objetivo discutir los riesgos de contaminación de los productos lácteos con HAP y la influencia en la salud de los consumidores. Llega a la conclusión de que se necesita un mayor compromiso de la industria alimentaria en la búsqueda de materias primas y procesos que minimicen la generación de HAP en los alimentos y la supervisión eficaz como las normas de seguridad en relación con los límites de cuantificación.

**Palabras clave:** Hidrocarburos policíclicos aromáticos; leche contaminada; cáncer; salud.

---

## INTRODUÇÃO

Leite e derivados estão diariamente presentes na dieta humana. No aspecto nutricional o leite é considerado um dos alimentos mais completos ao passo que seus derivados são fonte de cálcio, ácidos graxos e aminoácidos essenciais. Contudo o leite e seus derivados estão sujeitos a vários contaminantes: físicos, químicos e biológicos.

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) são compostos formados durante a combustão incompleta de material orgânico. O processo de liberação desses compostos pode ser de forma natural como vulcões e incêndios florestais e por processos artificiais como queima de madeira, combustão incompleta do carvão, pela degradação do petróleo, e processamento a altas temperaturas. Quimicamente são formados por estruturas contendo dois ou mais anéis aromáticos fundidos, cuja importância se deve ao seu potencial carcinogênico em animais de laboratório e por relacionarem-se com alguns tipos de câncer no homem.

No leite e derivados os HPAs se apresentam como contaminantes químicos que podem ter sua origem de duas formas direta e indireta. A direta ocorre pela contaminação do leite e a indireta pelo processamento do leite e seus derivados.

O banco de dados de toxicidade para os HAPS é extenso e consiste em estudos sobre os diversos compostos isolados e misturas de HPAs. Diante do exposto este trabalho objetivou discutir a contaminação do leite e derivados por HPAs na saúde dos consumidores.

## MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre maio e novembro de 2015 nas principais bases de dados com as seguintes palavras-chaves: HPAs, contaminação, alimentos, câncer, sintomas. Com base na relevância e adequação ao tema a ser discutido foram selecionados 27 artigos.

## RESULTADOS

### *HPAs metabolismo e carcinogenicidade*

O primeiro indício de carcinogenicidade química de produtos de combustão orgânica foi publicado em 1775, quando foi observada uma maior incidência de cânceres em trabalhadores que limpavam chaminés (POTT, 1975). Anos mais tarde, atribuiu-se a presença de benzo[a]pireno nas amostras. Posteriormente, confirmou-se experimentalmente que a presença de um conjunto de HPAs seria responsável pelas doenças e não a presença de somente um composto.

As atividades carcinogênicas e mutagênicas dos HPAs foram associados ao grau de planaridade (BAUM, 1978). Em geral, HPAs planos são mais estáveis e menos reativos e biologicamente menos tóxicos, devido a questões envolvendo ressonância e impedimento estérico. A substituição do grupamento metil ou outros grupos no sistema de anéis dos HPAs podem resultar em distorção da planaridade molecular que às vezes se traduz em mais reatividade e carcinogenicidade.

A característica lipofílica dos HPAs torna-os capazes de penetrar nas membranas celulares e de permanecerem indefinidamente no organismo. A biotransformação dos HPAs envolve uma série de enzimas que catalisam reações de oxidação, redução e hidrólise e de enzimas que catalisam reações de conjugação. Essas enzimas estão distribuídas em todos os tecidos orgânicos (MUTTI; BERGAMASCHI, 1996).

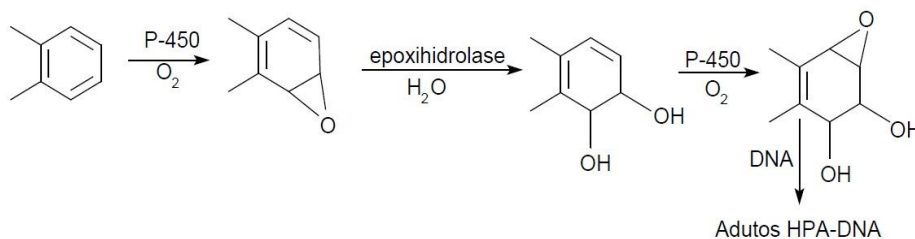
A atividade carcinogênica dos HPAs é expressa pela biotransformação de intermediários reativos capazes de se ligar covalentemente ao DNA para induzir quebras e causar danos que levam à iniciação de mutação e tumores. Intermediários, como epóxido diol dos HPAs alternantes, são considerados os mais potentes agentes cancerígenos conhecidos. Esses intermediários são rapidamente convertidos para carbocátions, que são bons agentes alquilantes e mutagênicos (iniciadores da carcinogênese) de macromoléculas celulares (por exemplo, DNA) (DABESTAN; IVANOV, 1999).

Monoxigenases dependentes do citocromo P 450 (CYP1A) são responsáveis pela oxidação enzimática dos HPAs. Elas agem principalmente sobre a região de elevada densidade eletrônica ou no nível da região angular da molécula do HPA, formando óxidos de arenos (epóxidos) que podem espontaneamente formar fenóis ou, por ação das epóxido hidrolases, produzirem di-hidrodióis viciniais (ANGERER; MANNUSCHRECK; GÜNDEL, 1997).

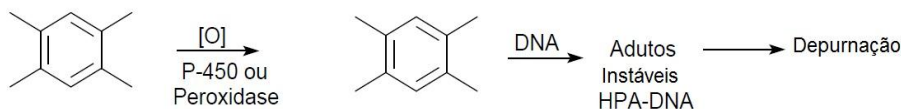
Desses fenóis, alguns são oxidados a quinonas e outros podem sofrer nova epoxidação, levando à formação de epóxidos secundários (di-hidrodiolépóxidos). O carbono benzílico dos di-hidrodiolépóxidos é capaz de reagir com as bases nucleofílicas, do DNA, notadamente a guanidina e, eventualmente, iniciar um processo mutagênico (MUTTI; BERGAMASCHI, 1996).

Os HPAs não são mutagênicos diretos e precisam passar por uma ativação metabólica preliminar para reagir com o DNA e outras macromoléculas. Assim, quatro mecanismos (Figura 1) têm sido propostos para a ativação dos HPAs: oxidação enzimática, seguida de hidrólise com a formação de diolépóxidos (sendo o mais aceito); formação de ésteres benzênicos, eletrofílicos, mediante uma série de reações de substituição, proposto (STANSBURY; FLESHER; GUPTA, 1994); produção de radicais catiônicos por meio de oxidação enzimática com envolvimento de um elétron e de-hidrogenação enzimática dos metabólitos di-hidrodióis produzindo quinonas capazes de reagirem diretamente com o DNA ou capazes de reagirem com  $O_2$ , gerando espécies oxigenadas reativas, como radicais hidroxilas ou ânions superóxidos, que atacam o DNA.

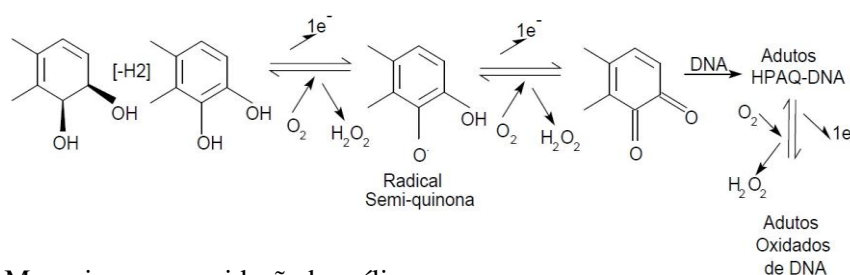
#### Mecanismo por formação de diol-epóxido



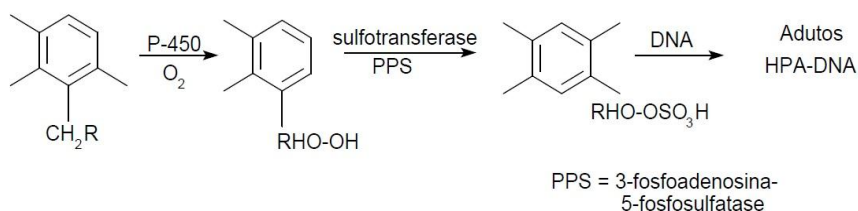
#### Mecanismo por formação de radical-cátion



#### Mecanismo via formação de quinona



#### Mecanismo por oxidação benzílica



**Figura 1:** Esquema proposto para formação de adutos entre HPAs e DNA. Fonte: Harvey e Dunne (1978)

Os mecanismos citados não são excludentes e podem ocorrer simultaneamente (PEREIRA NETTO et al., 2000).

Diversos estudos (*in vitro* e *in vivo*) comprovaram o risco a saúde dos HPAs. Sendo assim as agências e comitês reguladores de saúde desenvolveram tabelas e estudos comparativos a cerca do assunto (Tabela 1).

Assim os HPAs são classificados de acordo com a variação da toxicidade (ou potência) (Tabela 2).

### HPAs e alimentos

Na literatura encontram-se estudos relacionando a presença dos HPAs em diferentes categorias de alimentos tais como produtos lácteos, vegetais, frutas, óleos, café, chá, cereais e carne seca. A quantidade advinda da dieta depende em grande parte do tipo de cozimento, e da contaminação potencial do alimento, que origina a partir de materiais de embalagem e de transformação (Perelló et al., 2009).

No estudo de Pinheiro et al. (2009) evidenciou que em pessoas não fumantes e não ocupacionalmente expostas aos HPAs estima-se que a ingestão diária

total esteja a cerca de 3,2g de HPAs. Os alimentos são responsáveis por 96% dessa ingestão. O restante é absorvido diretamente pelo ar 1,6%, água 0,2% e solo 0,4%.

Devido ao caráter lipofílico e características hidrofóbicas dos HPAs, eles tendem a acumular-se na cadeia alimentar (Pensado et al., 2005; Shadi et al., 2012). Esta característica também reflete na concentração dos HPAs no alimento. Estudos como de Aguinaga et al., (2007); Chung et al., (2011); Girelli, Speratia & Tarola (2014) e Duedahl-Olesen et l., (2015) evidenciam que alimentos com maior teor de gordura tendem a refletir em maiores concentrações de HPAs, caso de creme de leite x gordura de leite; carne de porco x carne de vaca; leite integral cru x leite pasteurizado x leite UHT; carne de porco x carne de frango, respectivamente.

Certos tipos de processamento como, defumação, torrefação e secagem direta com madeira, poluição do ar e da água e sua presença em solos terrestres e marinhos contribuem para a formação (Tfouni et al., 2007).

**Tabela 1:** HPAs e carcinogenicidade em humanos

Agência	HPAs	Classificação carcinogênica
US Departamento de Saúde e Serviços Humanos (HHS)	B[a]A, B[b]F, DB[a,h]A e IP	Demonstrado carcinogênico em animais
Agencia internacional de Pesquisa em câncer (IARC)	B[a]A e B[a]P	Provável carcinogênico humano
	B[a]F, B[k]F e IP	Possível carcinogênico humano
	NA, B[g,h,i]P, B[e]P, CR, FL, F, FE e PI	Não classificado como carcinogênico humano
(US EPA) Agencia de Proteção Ambiental	B[a]A, B[a]P, B[b]F, B[k]F, CR, DB[a, h]A, IP	Provável carcinogênico humano
	AC, NA, B[g, h, i]P, FL, F, FE e PI	Não classificado como carcinogênico humano (tóxico)

**Fonte:** WHO, 2005

(B[a]A: benzo[a]antraceno, B[b]F: benzo[f]fluoranteno, DB[a,h]A: bibenzo[a]antraceno, IP: indeno pireno, B[a]P: benzo[a]pireno, B[a]F: benzo[a]fluoranteno, NA: naftaleno, B[g,h,i]P: benzo[g,h,i]pireno, B[k]F: bnzo[k]fluoranteno, B[e]P: benzo[e]pireno, CR: criseno, F: Fluoreno, FL: fluoranteno, FE: fenantreno, PI: pireno, AC: Acenafileno)

**Tabela 2:** Classificação dos HPAs segundo sua genotoxicidade e carcinogenicidade.

HPAs	JCA Classificação		Classificação IARC
	Genotoxic	Carcinogenic	
Acenafiteno	-/+	-	Group 3
Acenafileno	-/+	-	Not assessed
Antraceno	-	-	Group 3
Fluoreno	-/+	-	Group 3
Fluoranteno	-/+	-	Group 3
Fenantreno	-/+	-	Group 3
Pirene	-	-	Group 3
Benz[a]antraceno	+	+	Group 2B
Ciclopenta[c,d]pireno	+	-	Group 3
Crisene	+	+	Group 2B
5-Metil Criseno	+	+	Group 2B
Benzo[b,k,j]fluoranteno	+	+	Group 2B
Benzo[a]pireno	+	+	Group 1
Indeno[1,2,3-c,d]pireno	+	+	Group 2B
Benzo[g,h,i]perileno	+	-	Group 3
Dibenz[a,h]antraceno	+	+	Group 2A
Dibenzo[a,e]pireno	+	+	Group 3
Dibenzo[a,h]pireno	+	+	Group 2B
Dibenzo[a,i]pireno	+	+	Group 2B
Dibenzo[a,l]pireno	+	+	Group 2A

**Fonte:** WHO, 2008. (1 = baseado em *in vitro* and *in vivo*; -/+ = dados ambíguos ou insuficientes; 2 = em animais de laboratório; + = positivo; - = negativo; 3 = Grupo 1 = carcinogenico em humanos; Grupo 2A = provavelmente carcinogenico em humanos; Grupo 2B = possivelmente carcinogênico em humanos; Grupo 3 = Não classificável como carcinogênico para humanos; Grupo 4 = provavelmente não carcinogênico para humanos)

### HPAs em leite e derivados

A incidência de HPAs em leite e derivados pode se dá por contaminação ambiental do leite e assim este atuar como matéria-prima para os produtos lácteos, bem como pelo processamento que o leite ou o produto lácteo é submetido.

No campo, a contaminação advém de três formas básicas: pelo ar, solo e água. A contaminação das pastagens por HPAs oriundas das emissões veiculares é o primeiro passo da contaminação da cadeia

alimentar, incluindo os ruminantes de pastagem que produzem alimentos lácteos. O solo é outro fator que pode contribuir na contaminação de HPAs na cadeia do leite. Costera et al., (2009) avaliaram a biodisponibilidade de HPAs no leite de ovelhas sendo o solo uma das matrizes contaminadas. Os resultados demonstraram que o solo contribuiu para a contaminação dos leites.

A ração que é oferecida ao animal também pode conter HPAs e estes podem ser metabolizados pelos

animais e serem encontrados no leite. Os estudos de Costera et al., 2009; Crépineau et al., (2003); Lutz et al., (2006); Kishikawa et al., (2003) revelam a interação.

O processamento o qual o leite e seus derivados também podem acarretar na formação dos HPAs. Destacando-se processos que envolvam altas temperaturas como pasteurização, secagem, defumação e etapas que envolva cozimento, fervura e tostas.

No que tange o processamento a eficiência desta rota para a produção dos HPAs é dependente de vários fatores tais como a fonte de calor, a distância do aquecimento, o dispositivo de alimentação, e o tipo de combustível, que pode ainda ajudar a promover a produção de PAHs em produtos alimentares (Lijinsky, 1991; Vyrand et al., 2007).

A Tabela 3 relaciona diversos trabalhos de leite e derivados e os HPAs.

**Tabela 3:** Trabalhos correlacionando HPAs em leite e derivados.

Tipo alimento	Origem HPAs	Concentration HPAs ( $\Sigma$ ) ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )	Autor
Queijo <i>Circassiano</i>	defumação	Defumação tradicional: 19,6 - 6,73 Defumação industrial: 0,77 - 0,48	Gul et al., 2015
Queijo mussarela de búfala	defumação	B(a)P ( $\text{ng.g}^{-1}$ ww) Não defumada: nd defumada:0,09	Fasano, et al., 2015
Queijo Mussarela de Búfala <i>Campana</i>	defumação	26,2	Esposito, et al., 2015
Queijo Provolone	defumação	0,09	Luz e Abreu, 2013
Queijo defumado	defumação	Processo controlado: 0,11 Processo caseiro: 1,11	Suchanova et al., 2008
Queijo <i>Circassiano</i>	defumação	Queijo controle: nd Defumado tradicional: 5 Defumação líquida: nd	Aydinol, & Ozcan, 2013
Queijo Mussarela e Queijo <i>Caciocavallo</i>	defumação líquida	(M) não defumado:129,45 defumado: 163,31 (C) não defumado: 124,78 defumado: 216,29	Cirillo, Milano & Cocchieri, 2004.
Leite	processamento	Integral Pasteurizado: 5,86 Leite UHT: 18,6	Girelli, Speratia & Tarola, 2014
Leite	processamento	B(a)P: cru: 0,03 pasteurizado :0,035 UHT: 0,038	Naccari et al., 2011
Leite de camelo	contaminação ambiental	0,22	Konuspayeva et al., 2011
logurte	contaminação causada pelos autores	4	Abou-Arab et al., 2010
Derivados lácteos	processamento	7,57	Martorell et al., 2010
Derivados lácteos	processamento	B(a)P logurte: 5,7 Crème: 3,4 Gordura leite: 3,4 Leite semi-desnatado: 18,9	Aguinaga et al., 2007

Nd: não determinado

### Monitoramento e controle dos HPAs

Sendo os alimentos a maior fonte da contaminação por HPAs existe a preocupação em regular e monitorar os HPAs na indústria alimentícia. Na ausência de limites legais, alguns países passaram a adotar limites próprios (Tabela 4).

Apesar de haver muitos estudos centrado-se em identificar e quantificar os HPAs em leite e derivados nota-se a falta de estudos mais aprofundados a cerca do comportamento dessas substâncias com a própria matriz contaminada. Estes estudos podem ser de grande importância, haja vista, que contribuiriam na compreensão de como os constituintes do leite reagiria com os HPAs.

Há de se destacar também a falta de legislação específica tanto nacional quanto internacional no que diz respeito aos limites de HPAs em leite e derivados. Esta ausência de legislação deixa brechas para a elaboração de derivados lácteos, haja vista a grande variação de contaminação nesses produtos acarretando aos consumidores danos a saúde muitas vezes penosos.

Por fim é importante salientar que os HPAs estão presentes em vários tipos de alimentos e que em leite e derivados a contaminação pode vir por várias rotas. Como a ingestão de tais produtos é contínua e nutritiva aos consumidores cabe à indústria alimentícia buscar alternativas de diminuir ou remediar esta contaminação.

### CONCLUSÃO

Faz-se necessário a busca por parte da indústria de processamento de leite e derivados a busca por soluções que minimizem a incidência de HPAs nos alimentos finais, tomando cuidados desde a matéria prima (leite) até o produto elaborado. Contudo é considerável a necessidade de mais pesquisas científicas na averiguação da interação dos HPAs e os alimentos contaminados e seu impacto na saúde de seus consumidores bem como a elaboração de legislação específica.

**Tabela 4:** Legislação de limites de HPAs em alimentos

Países	HPAs	Limite	Alimento
(1) Alemanha, Austria, República Tcheca, Eslováquia, Itália e Polônia	B[a]P	$1\mu\text{g.kg}^{-1}$	Alimentos defumados
(1) Alemanha (Germany society for fat Science)	HPAs totais/HPAs de massa molecular elevada	$25\mu\text{g.kg}^{-1}$ e $5\mu\text{g.kg}^{-1}$	Alimentos defumados
(2) Itália (Italian ministry of health) e Espanha (Concil regulation, ordem 25 de julho 2001)	I[1,2,3-c,d]P, B[g,h,i]P, B[e]P, B[b]F, B[a]A, B[k]F, B[a]P, e DB[a,h]A	$2\mu\text{g.kg}^{-1}$ e $\Sigma = 5\mu\text{g.kg}^{-1}$	Resíduos de óleo de oliva
(3) União europeia (Directive 98/83/EC)	B[b]F, B[k]F, B[g, h,i]P e I[1,2,3-c,d]P	$100\text{ng.L}^{-1}$	Água potável
(4) União europeia (Directive 98/83/EC)	B[a]P	$10,0\text{ng.L}^{-1}$	Água potável
(5) União europeia (Directive 83/388)	B[a]P	$0,03\mu\text{g.kg}^{-1}$	Alimentos defumados
(6) EUA (Snack food association, SFA)	B[a]P B[a]A	$10\mu\text{g.kg}^{-1}$ $20\mu\text{g.kg}^{-1}$	Aromas, aromatizante e condimentos
(7) Brasil	B[a]P	$0,7\mu\text{g.kg}^{-1}$	Água envasada

Fonte: Venturini Filho, 2011.

## REFERÊNCIAS

1. ABOU-ARAB, A.A.K; ABOU-BAKR SALIM; MAHER, R.A.; EL-HENDAWY, H.H., AWAD, A.A. Degradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons As Affected By Some Lactic Acid Bacteria. *Journal of American Science*. 2010, 6:11.
2. AGUINAGA, N., CAMPILLO, N., VIÑAS, P., HERNÁNDEZ-CÓRDOBA, M. Determination of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons in milk and related products using solid-phase microextraction coupled to gas chromatography–mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*. 2007, 596:285–290.
3. ANGERER, J.; MANNUSCHRECK, C.; GÜNDEL, J. Biological monitoring and biochemical effect monitoring of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Berlin, v. 70, p. 365, 1997.
4. AYDINOL, P., OZCAN, T. The effect of natural and liquid smokes on the benzo[a]pyrene content and quality parameters of Circassian cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 2013, 66(4).
5. BAUM, E. Occurrence and surveillance of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal Polycyclic Hydrocarbons and Cancer*. New York: Academic, v.1, p.45-70, 1978.
6. CHUNG, S.Y., YETTELLA, R.R., KIM, J.S., KWON, K., KIM, M.C., MIN, D.B. Effects of grilling and roasting on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in beef and pork. *Food Chemistry*. 2011, 129:1420–1426.
7. CIRILLO, T., MILANO, N., COCCHERI, R. A. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in traditional smoked dairy products from Campania (Italy). *Italian Journal of Public Health*. 2004, 1:1-2.
8. CREPINEAU, C., RYCHEN, G., FEIDT, C., LE ROUX, Y., LICHTFOUSE, E., LAURENT, F. 2003. Contamination of pastures by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the vicinity of a highway. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003, 51:4841–4845.
9. DABESTAN, R.; IVANOV, I. N. A compilation of physical, spectroscopic and photophysical properties of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Photochemistry and Photobiology*. 1999, 70(1):10-34.
10. DUEDAHL-OLESEN, L., AASLYN, M., MEINERT, L., CHRISTENSEN, T., JENSEN, A.H., BINDERUP, M.-L. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Danish barbecued meat. *Food Control*. 2015, 57:169-176.
11. ESPOSITO, M., CITRO, A., MARIGLIANO, L., URBANI, V., SECCIA, G., MAROTTA, M. P., CLARA DE NICOLA, C. de. Influence of different smoking techniques on contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in traditional smoked Mozzarella di Bufala Campana. *International Journal of Dairy Technology*. 2015, 68(1).
12. FASANO, E., ESPOSITO, F., SCOGNAMIGLIO, G., AMODIO, R. C., CIRILLO, T. Detection of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked buffalo mozzarella cheese produced in Campania Region, Italy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015, May, 28.
13. GIRELLI, A.M., SPERATIA, A.M., TAROLA, A.M. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in Italian milk by HPLC with fluorescence detection. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2014, 31(4):703–710.
14. GUL, O., DERVISOGLU, M., MORTAS, M., AYDEMIR, O., ILHAN, E., KUBRA AKSEHIR, K. Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons in Circassian cheese by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015, 37:82–86.
15. HARVEY, R. G.; DUNNE, F. B. Multiple regions of metabolic activation of carcinogenic hydrocarbons. *Nature*, London, v. 273, p. 566, 1978.
16. KISHIKAWA, N., WADA, M., KURODA, N., AKIYAMA, S., NAKASHIMA, K. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in milk samples by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Chromatography B*. 2003, 789:257–264.
17. KONUSPAYEVA, G., JURJANZ, S., LOISEAU, G., BARCI, V., AKHMETSADYKOVA, S., MELDEBEKOVA, A. A., FAYE, B. Contamination of Camel Milk (Heavy Metals, Organic Pollutants and Radionuclides) in Kazakhstan. *Journal of Environmental Protection*, 2011, 2:90-96.
18. LJINSKY, W. The formation and occurrence of polynuclear aromatic hydrocarbons associated with food. *Mutation Research*. 1991, 259:251-261.
19. LUTZ, S., FEIDT, C., MONTEAU, F., RYCHEN, G., LE BIZEC, B., JURJANZ, S. Effect of exposure to soil-bound polycyclic aromatic hydrocarbons on milk contaminations of parent compounds and their monohydroxylated metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, 54:263–268.
20. LUZ, R. DE L. F., ABREU, L. R. *Hydrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em queijos defumados e em queijos assados em churrasqueiras*. Dissertação (mestrado) – Luiz Ronaldo de Abreu – orientador. Universidade Federal de Lavras, 122p. 2013.
21. MARTORELL, I., PERELLÓ, G., MARTÍ-CID, R., CASTELL, V., LLOBET, J. M., DOMINGO, J. L. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in foods and estimated PAH intake by the population of Catalonia, Spain: Temporal trend. *Environment International*. 2010, 36:424–432.
22. MUTTI, A.; BERGAMASCHI, E. *Idrocarburi policiclici aromatici negli ambienti de vita e di lavoro: esposizione ed effetti*. Gargnano: ATTI, p. 213, 1996.
23. NACCARI, C.; CRISTANI, M.; GIOFRÉ, F.; B, FERRANTE, M.; SIRACUSA, L. e TROMBETTA, D. PAHs concentration in heat-treated milk samples. *Food Research International*. 2011, 44:716–724.
24. PENSADO, L., CASAIS, M.C., MEJUTO, M.C., CELA, R. Application of matrix solid phase dispersion in the analysis of priority polycyclic aromatic hydrocarbons in fish samples. *Journal of Chromatography A*. 2005, 1077:103–109.
25. PEREIRA NETTO, A. D. et al. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados nitrados (NPHAs): uma revisão metodológica. *Química Nova*. 2000, 23(6):765-73.
26. PINHEIRO, LUCIDALVA S. et al. Polyyclic Aromatic Hydrocarbons from asphalt Binder: extraction and characterization. *Journal of Brazilian Chemical Society*. 2009, 20(2):222-228.
27. POTT, P. *Chirurgical observations relative to the cataract, the polypus of the nose, the cancer of the scrotum, the different kind of ruptures and the mortification of the toes and feet*. London: Clark & Collins, 1975. p. 63-68.
28. SHADI, A., MAZANDARANI, M.K., NIKPOUR, Y., 2012. Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) in sediments of Khowre-Musa System (Persian Gulf). *World* 4. 2012, 1:83–86.
29. STANSBURY, K. H.; FLESHER, J. W.; GUPTA, R. C. *Chemical Research in Toxicology*. 1994, 7:254.
30. SUCHANOVA, MARIE, HAJSELOVA, JANA, TOMANIOVA, MONIKA, LUBOSBABIČKA, VLADIMÍR KOCOUREK. 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked cheese. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008, 88:1307–1317.
31. TFOUNI, S. A. V.; MACHADO, R. M. D.; CAMARGO, M. C. R.; VITORINO, S. H.P.; VICENTE, E.; TOLEDO, M. C. F. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in cachaça by HPLC with fluorescence detection. *Food Chemistry*, 101:334-338. Costera, A.; Feidt, C.; Dziurla, M.A.; Monteau, F.; Bizec, B. Le; Rychen.G. 2009. Bioavailability of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Soil and Hay Matrices in Lactating Goats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, 57:5352–5357.
32. VENTURINI FILHO, W. G. Séries Bebidas. *Indústria de bebidas, Inovação, Gestão e Produção*. v. 3, cap.17, 1ªed. São Paulo, 360p. 2011.
33. VYRAND, B., BROUSSEAU, A., SARCHER, L., VARLET, V., MONTEAU, F., MARCHAND, P., et al. Innovative method for determination of 19 polycyclic aromatic hydrocarbons in food and oil samples using gas chromatography coupled to tandem mass spectrometry based on an isotope dilution approach. *Journal of Chromatography A*. 2007, 1149(84):333–344.
34. Who – World Health Organization. Proposed draft code of practice for the reduction of contamination of food with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from smoking and direct drying processes. Summary and conclusions of the thirty-first Joint FAO/WHO Food Standards Programme, *Codex Committee on Contaminants in foods*. Rome (Italy): FAO CX/CF 08/2/9, 2008.

Recebido em: 30/8/2015.

Aceito em: 4/4/2015.