I Simpósio Online Sulamericano de Tecnologia, Engenharia e Ciência de Alimentos
Online, 2 a 6 de maio de 2022

TECALI 2022

FORMAÇÃO DE COMPOSTOS BENZÊNICOS NO PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

Jessica Andressa Teodoro[1], Ana Paula Zapelini de Melo[1], Flávia Michelon Dalla Nora[2], Kátia Rezzadori[1], Silvani Verruck[1]

[1] Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, SC, Brasil (Silvani.verruck@ufsc.br)
[2] Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Santa Maria, RS, Brasil

Os compostos benzênicos são contaminantes alimentares com potencial carcinogênico formados em função de interações químicas e condições de processamento e armazenagem. O objetivo deste trabalho foi abordar estudos que indiquem as principais circunstâncias de formação destes compostos, como por exemplo, a interação entre benzoato de sódio e ácido ascórbico com formação de benzeno, processos que acarretam na formação HPAs e interação entre alimentos e embalagens contendo bisfenol A.

Palavras-chave: Benzeno; Benzoato de sódio; Bisfenol A; Contaminantes alimentares; Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

INTRODUÇÃO

Descoberto em 1825 por Michael Faraday, o benzeno configura-se como um composto aromático carcinogênico. Os compostos aromáticos diferenciam-se de outros compostos altamente insaturados em função das reações de substituição que sofrem, enquanto que compostos com alta insaturação estão associados a reações de adição. Sua estabilização se dá a partir da deslocalização de elétrons pi ao longo do anel em sua estrutura (Solomons e Fryhle, 2002).

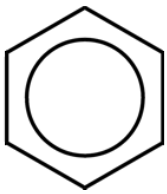

Figura 1: Estrutura química de uma molécula de benzeno.

Fonte: adaptado de Solomons e Fryhle (2002).

Dentre os compostos derivados de benzeno, menciona-se como exemplo o tolueno, o ácido benzoico, o fenol e a anilina. O ácido benzoico é comumente empregado como agente antimicrobiano em alimentos, sendo oriundo de matérias-primas como amoras, cravo e canela. Sua ação antimicrobiana se dá a partir do ácido dissociado, com atividade ótima em pH entre 2,5 a 4,0 sendo, portanto, adequado enquanto conservante para bebidas e alimentos ácidos. Em pequenas quantidades, não apresenta efeito danoso ao organismo humano (Damodaran et al., 2008).

Em 1990, a Food and Drug Administration (FDA), tomou conhecimento sobre a ocorrência de benzeno na indústria de bebidas. Desde então, pesquisas têm sido realizadas a fim de compreender os fatores envolvidos na formação deste composto na presença de sais de benzoato e ácido ascórbico (FDA, 2018). A formação de benzenos em alimentos e bebidas pode ocorrer a partir da interação de sais de benzoato, empregados como agentes antimicrobianos, e ácido ascórbico, em função da descarboxilação do benzoato por um radical hidroxila. Estas reações são catalisadas por íons metálicos em pequenas quantidades, e aceleradas por ação do calor e luz ultravioleta (Nyman et al., 2008).

Os benzoatos são utilizados nos alimentos como conservantes químicos, amplamente empregados em alimentos tais como bebidas, molhos, frutas em conservas e na forma de suco. Por se tratar de um conservante, o uso desta substância permite garantir maior vida de prateleira dos alimentos, retardando tanto alterações químicas, físicas quanto microbiológicas. Embora este conservante seja amplamente utilizado pelas indústrias de alimentos, é causador de vários efeitos adversos aos consumidores. O benzeno no organismo, pode ocasionar geração de metabólitos que se bioacumulam na medula óssea, acarretando em hematotoxicidade ao indivíduo, além do aumento à suscetibilidade ao desenvolvimento de câncer. A sintomatologia associada à exposição aguda a este contaminante contempla sonolência, irritação de

mucosas e vias respiratórias, cefaleia, dentre outros. A intoxicação crônica está associada ao comprometimento da medula óssea, tecidos adiposos e fígado (Mei et al., 2019; Torres et al., 2020).

Em alimentos, principalmente nos processados encontra-se o grupo denominado hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), compostos que consistem de dois ou mais anéis de benzeno. Na área de alimentos, processos como defumação, assamento e fritura, além da pirólise da matéria orgânica, levam à formação destes compostos. A classificação dos HPAs se dá a partir do número de anéis aromáticos., congêneres com até quatro anéis aromáticos são denominados leves e apresentam menor toxicidade e volatilidade, enquanto aqueles com cinco ou mais anéis aromáticos são denominados pesados, apresentando maior toxicidade e maior estabilidade estrutural (Lemos et al., 2020).

Além do processamento, as embalagens utilizadas em alimentos são constituídas de materiais que podem apresentar produtos de decomposição de polímeros, dentre os quais o benzeno pode ser encontrado. Como exemplo destes materiais, cita-se o poliestireno de alto impacto (PSAI), o polietileno tereftalato (PET) (Freire et al., 2008) e o bisfenol A (BPA) (Bernardo et al., 2015). O BPA é amplamente utilizado na produção de polímeros sintéticos para envernizamento interno e externo de latas de alimentos para acondicionamento de pescado, vegetais, derivados de laticínios, carnes, dentre outros, além de compor policarbonatos para aplicação em garrafões de água e mamadeiras. Este composto atua como um disruptor endócrino, com interferência na produção e atividade de hormônios naturais, como os hormônios da tireoide. Desempenha ainda atividade estrogênica moderada, o que pode acarretar em interferência no sistema reprodutor (Bernardo et al., 2015).

Considerando a toxicidade desses compostos, de acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 4, de 15 de Janeiro de 2007, que aborda o uso de aditivos e seus limites máximos para molhos e condimentos, o limite máximo para benzoatos nesta categoria é de 0,1/100 g ou g/100 mL (BRASIL, 2007). Em suplementos alimentares, este valor varia entre 0,1 e 0,2 g/100 g ou g/100 mL (BRASIL, 2018). As águas envasadas do tipo mineral natural, natural e adicionada de sais, bem como gelo, destinados para consumo humano, são abordadas pela RDC n° 274, de 22 de Setembro de 2005, que determina para estes produtos os limites de 5 µg/L para benzeno e 0,7 µg/L para benzo[a]pireno (BRASIL, 2005). Para bebidas alcoólicas, excetuando-se as fermentadas, definiu-se como limite o valor de 0,05 g/100 mL de ácido benzoico (BRASIL, 2013). Para o BPA, a legislação somente determina limites entre 0,05 e 0,6 mg/kg para elaboração de embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos (BRASIL, 2012). Em relação aos limites para HPAs, menciona-se a RDC nº 281, de 6 de Outubro de 2003, que estabelece o limite de tolerância para o HPA, em benzo[a]pireno em azeite de oliva ou óleo de bagaço de oliva e/ou caroço de oliva importados como 2 µg/kg (BRASIL, 2003).

O presente trabalho tem como objetivo elucidar as principais circunstâncias de formação dos compostos benzênicos a partir da abordagem de estudos que avaliaram a formação destes compostos em função da interação entre benzoato de sódio e ácido ascórbico, bem como a partir da interação entre alimentos e embalagens contendo BPA, assim como a influência de determinados processos na formação de HPAs.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Benzenos em refrigerantes

Bonaccorsi et al. (2012) detectaram uma variação de concentração de benzeno entre 0,15 e 2,36 µg/L para 28 amostras de diferentes refrigerantes, sendo que duas bebidas à base de frutas cítricas apresentaram concentrações superiores ao que preconiza o limite europeu (1 µg/L). Ibolya et al. (2012) investigaram a presença de benzenos em 15 amostras de refrigerantes de diferentes sabores. De acordo com os resultados encontrados, concentrações de até 8,81 µg/L estavam presentes nas amostras, estando acima do limite europeu estabelecido, sendo o refrigerante de abacaxi a amostra com valores abaixo do limite de detecção e os refrigerantes de pêssego, laranja, cola e limão os com maiores concentrações de benzeno identificadas. Estes resultados indicam uma maior tendência à formação deste contaminante na presença de ácido ascórbico, o que pode ser explicado pelo fato deste ácido orgânico causar descarboxilação do benzoato por um radical hidroxila (Nyman et al., 2008).

Tendo em vista a problemática existente na utilização deste conservante em bebidas com considerável concentração de ácido ascórbico, verifica-se a necessidade em buscar conservantes alternativos a estes aditivos. Natamicina e nisina são conservantes geralmente reconhecidos como seguros (generally recognized as safe, GRAS) e podem ser empregados como alternativa ao benzoato de sódio, considerando as Boas Práticas, contribuindo para uma menor incidência de formação de benzeno (Garavaglia et al., 2019).

Garavaglia et al. (2019) avaliaram o potencial desses conservantes em aumentar a vida de prateleira, inibir o crescimento microbiano e diminuir a formação de benzenos em refrigerantes, em comparação a uma formulação contendo benzoato de sódio e sorbato de potássio como conservantes. Neste estudo, foi possível alcançar uma inibição total (100%) dos microrganismos com o uso conjunto de nisina e natamicina, nas concentrações de 167 UI/mL e 0,017% (p/v), respectivamente. Em relação à vida de

prateleira, após 120 dias de armazenamento entre 20 ºC e 30 ºC, obteve-se um resultado de crescimento microbiano inferior a 1 log de unidade formadora de colônia (UFC) por 100 mL, enquanto que, nas mesmas condições, a formulação contendo benzoato de sódio e sorbato de potássio, nas concentrações de 380 mg/L e 180 mg/L, respectivamente, atingiu um crescimento microbiano de 2 log UFC/100 mL para leveduras, bolores e bactérias láticas e 5 log UFC/100 mL para bactérias ativas (Garavaglia et al, 2019).

HPAs em alimentos

Zelinkova e Wenzl (2015) avaliaram a ocorrência de quatro HPAs (benzo[a]antraceno, criseno, benzo[b]fluoranteno e benzo[a]pireno) em suplementos alimentares fitoterápicos e botânicos; peixes e suplementos alimentares de óleos comestíveis; própolis e produtos de apicultura adquiridos na Bélgica, Holanda, Áustria, República Tcheca, Polônia, Irlanda e França, além de alguns suplementos adicionais obtidos na Índia. Destes, 48% das amostras não excederam o limite estabelecido pela União Europeia (UE) de 0,5 µg/kg para benzo[a]pireno, enquanto que apenas 28 % estavam abaixo do limite estabelecido para os quatro HPAs. O criseno foi identificado como o composto mais abundante. As amostras foram categorizadas da seguinte forma: suplementos alimentares botânicos e fitoterápicos, óleos comestíveis e de peixe, e própolis e produtos de apicultura (Zelinkova e Wenzl, 2015).

Os alimentos da categoria de óleos comestíveis e de peixe mostraram-se, em média, com relativa baixa contaminação, embora alguns suplementos alimentares à base de óleo excederam os limites máximos estabelecidos pela UE (30,0 µg/kg para a soma de todos os HPAs). A relativa baixa presença de HPAs em óleos de peixe pode estar relacionada com a suscetibilidade do seu organismo em metabolizar HPAs provenientes de contaminação ambiental. Em relação aos óleos comestíveis, aponta-se como possíveis fontes de contaminação os processos de secagem das sementes oleaginosas e o aquecimento durante o processamento do óleo (Zelinkova e Wenzl, 2015).

Por fim, os alimentos da categoria própolis e produtos de apicultura apresentaram valor médio de 188,2 µg/kg, sendo considerado um valor relativamente alto de contaminação. Para a própolis, a principal fonte de contaminação pode estar associada à poluição ambiental em função do processo de combustão, além do fato de que as abelhas comumente coletam materiais fabricados por humanos para produção de mel. Para suplementos botânicos e fitoterápicos, encontraram-se valores sem nenhuma tendência específica para os quatro HPAs avaliados, possivelmente associados com poluição ambiental e condições de processamento (Zelinkova e Wenzl, 2015).

Ingenbleek et al. (2019) investigaram a presença de HPAs em alimentos selecionados a partir de uma pesquisa de consumo alimentar em residências da região da África subsaariana, preparados de acordo com livros de receitas locais recomendados por autoridades competentes como representativos da dieta das populações estudadas. Os alimentos estudados foram peixe defumado, óleos vegetais comestíveis (palma, amendoim, algodão e chia), amêndoa de palma, amendoim, pimenta, tubérculos (inhame, mandioca e batata), preparados para caldos em tabletes, leite em pó e açúcar. Os principais contaminantes encontrados foram criseno, ciclopenta[cd]pireno, benzo[a]antraceno, benzo[e]acefenantrileno, benzo[a]pireno, benzo[j]fluoranteno, indeno[1,2,3-cd]pireno, benzo[ghi]perileno e benzo[k]fluoranteno. Benzo[a]pireno, benzo[a]antraceno, benzo[e] acefenantrileno e criseno estavam presentes em constituíram 77 % dos alimentos analisados. Os resultados demonstraram que as concentrações de HPAs excederam os valores limites estipulados pelas regulações da UE nas amostras de peixe defumado (100 %) e de óleos comestíveis (50 %). Os processos de aquecimento, secagem, defumação e combustão foram apontados como os principais responsáveis pela contaminação dos alimentos estudados (Ingenbleek et al., 2019).

Além disso, menciona-se o derramamento de petróleo na costa do nordeste brasileiro ocorrido em 2019, que se configura como uma matriz de alta viscosidade e densidade que reflete diretamente na contaminação de alimentos provenientes do mar. A partir do processo de intemperismo, parte dos hidrocarbonetos de baixo peso molecular presentes no petróleo são removidos por evaporação, acarretando em uma maior concentração de HPAs de baixa solubilidade, que podem ser formados a partir da ação de processos físicos e químicos como a ação da luz ultravioleta. Em razão da lipofilicidade destes compostos, ocorre a sua rápida dissolução e transporte através das lipoproteínas que constituem as membranas celulares, a partir do que contaminam diversas fontes de alimentos oriundos do mar (Disner e Torres, 2020).

Em razão deste derramamento, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a partir da Nota Técnica N° 27 de 2019, estabeleceu níveis de preocupação para HPAs em pescado proveniente das regiões contaminadas com petróleo no litoral brasileiro. Tendo em vista as possíveis contaminações de peixes, foram estabelecidos níveis de preocupação para peixes (6 µg/kg B[a]P equivalentes) e moluscos e crustáceos 18 µg/kg B[a]P equivalentes) (BRASIL, 2019).

Bisfenol A em alimentos

Vilarinho et al. (2017) determinaram a concentração de BPA em 12 amostras de pescado enlatado de diferentes marcas. Os valores encontrados variaram entre 0,4 e 1,2 mg/kg, estando acima dos limites de migração específica (LME) determinados pela EU, que é de 0,6 mg/kg (BOMFIM et al., 2015). Bomfim et al. (2015) quantificaram BPA em amostras de fórmula infantil em pó. Os resultados encontrados variaram entre 0,2 a 10,2 µg/kg, em conformidade com os valores de LME indicados pela UE. Teleginski (2016) determinou o conteúdo de BPA em água mineral armazenada em garrafões de policarbonato, encontrando valores entre 0,1 a 57,47 mg/L, configurando-se como o produto que mais destoou dos LME.

Tabela 1. Compostos benzênicos determinados em diferentes amostras de alimentos e bebidas.

Contaminante	Amostra	Limite Legislação Europeia	Limite Legislação Brasileira	Concentração	Ref.
Benzeno	Refrigerante	1 µg/L	ND*	0,15 a 2,36 µg/L	Bonaccorsi et al. (2012)
				0 a 8,1 µg/L	Ibolya et al. (2012)
HPAs	Suplementos botânicos, suplementos de peixes, suplementos alimentares oleicos, própolis e produtos de apicultura	0,5 µg/kg	ND*	0,25 a 709,4 µg/kg	Zelinkova e Wenzl (2015)
	Peixe defumado, óleos vegetais comestíveis (palma, amendoim, algodão, chia), amêndoa de palma, amendoim, pimenta, tubérculos (inhame, mandioca e batata), caldo em cubos, leite em pó e açúcar		2 µg/kg**	0,01 a 984,7 µg/kg	Ingenbleek et al. (2019)
BPA	Pescado enlatado	0,6 mg/kg	ND*	0,4 e 1,2 mg/kg	Vilarinho et al. (2017)
	Fórmula infantil em pó			0,2 a 10,2 µg/kg	Bomfim et al. (2015)
	Água mineral armazenada em garrafões de policarbonato			0,1 a 57,47 mg/L	Teleginski (2016)

*Não descrito

**Limite definido para "azeite de oliva" ou óleo de bagaço e/ou caroço de oliva importados na Legislação Brasileira (BRASIL, 2012; BRASIL, 2013)

CONCLUSÃO

A ocorrência de compostos benzênicos provenientes do processamento de alimentos é uma questão preocupante em função da variedade de efeitos adversos à saúde vinculados com a sua ingestão. Faz-se necessária a ampliação da legislação nacional para englobar os limites seguros de ingestão para todos os compostos benzênicos verificados no processamento, bem como no incentivo de pesquisas que determinem os valores ainda não são conhecidos para estes contaminantes. Mudanças nas tecnologias empregadas no processamento, bem como a substituição de precursores da formação de benzenos nas formulações de alimentos e bebidas, são algumas das medidas a serem incentivadas em busca de produtos mais seguros para o consumo.

AGRADECIMENTOS

A.P.Z.M. agradece o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, Paulo Eduardo Masselli; NAVAS, Sandra Aparecida; MURATA, Lúcia Tieco Fukushima; ALCÂNTARA, Maria Rosa da Silva de. Bisfenol A: o uso em embalagens para alimentos, exposição e toxicidade – Uma Revisão. **Rev Inst Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 74, n. 1, p. 1-11, mar. 2015.

BOMFIM, Marcus Vinicius Justo; SILVESTRE, Fábio Bazilio; ZAMITH, Helena Pereira da Silva;

ABRANTES, Shirley de Mello Pereira. Determinação de bisfenol A em fórmulas infantis. **Vigilância Sanitária em Debate**, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 85-90, 27 nov. 2014. Vigilancia Sanitaria em Debate: Sociedade, Ciencia y Tecnologia. http://dx.doi.org/10.3395/2317-269x.00415

BONACCORSI, Guglielmo; PERICO, Andrea; COLZI, Alessio; BAVAZZANO, Paolo; GIUSTO, Maurizio Di; LAMBERTI, Ilaria; MARTINO, Gianrocco; PUGGELLI, Francesco; LORINI, Chiara. Benzene in soft drinks: a study in Florence (Italy). **Igiene e Sanita Pubblica**, [S.L.], v. 68, n. 4, p. 523-532, out. 2012.

BRASIL. Nota Técnica n° 27/2019. Trata-se de manifestação da Gerência-Geral de Alimentos sobre os parâmetros que devem ser considerados para avaliação do impacto à saúde relacionado ao consumo de pescados oriundos das regiões contaminadas por óleo cru no litoral brasileiro. **Legislação em Saúde**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2019.

BRASIL. Resolução Anvisa nº 239, de 26 de Julho de 2018. Dispõe sobre a autorização de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em suplementos alimentares. **Legislação em Saúde**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2018.

BRASIL. Resolução Anvisa n° 274, de 22 de Setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para águas envasadas e gelo. **Legislação em saúde**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005.

BRASIL. Resolução Anvisa n° 281, de 6 de Outubro de 2003. Exige como procedimento de importação para "aceite de orujo de oliva" ou óleo de bagaço e ou caroço de oliva, sem prejuízo da documentação exigida para este fim, a apresentação do laudo. **Legislação em Saúde.** Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003.

BRASIL. Resolução Anvisa nº 4, de 15 de Janeiro de 2007. Dispõe sobre a atribuição de aditivos e seus limites máximos para a categoria de alimentos 13: molhos e condimentos. **Legislação em Saúde**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2007.

BRASIL. Resolução Anvisa nº 5, de 4 de Fevereiro de 2013. Dispõe sobre a autorização de aditivos alimentares com suas respectivas funções e limites máximos para bebidas alcoólicas (exceto as fermentadas). **Legislação em Saúde**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2013.

BRASIL. Resolução Anvisa nº 56, de 16 de Novembro de 2012. Dispõe sobre a lista positiva de monômeros, outras substâncias iniciadoras e polímeros autorizados para a elaboração de embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos. **Legislação em Saúde**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2012.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk. L.; FENNEMA, Owen. R. **Fennema's Food Chemistry**. 4. ed. Boca Raton: Crc Press, 2008. 1158 p.

DISNER, Geonildo Rodrigo; TORRES, Mariana. The environmental impacts of 2019 oil spill on the Brazilian coast: overview. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, [S.L.], v. 7, n. 15, p. 241-255, 2020. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. http://dx.doi.org/10.21438/rbgas(2020)071518.

FDA. 2018. **Questions and Answers on the Occurrence of Benzene in Soft Drinks and Other Beverages**. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/chemical-contaminants-food/questions-and-answers-occurrence-benzene-soft-drinks-and-other-beverages>. Acesso em: 04 ago. 2021.

FREIRE, Maria Teresa de Alvarenga; BOTTOLI, Carla Beatriz Grespan; FABRIS, Samanta; REYES, Felix Guillermo Reyes. Contaminantes voláteis provenientes de embalagens plásticas: desenvolvimento e validação de métodos analíticos. **Química Nova**, [S.L.], v. 31, n. 6, p. 1522-1532, 2008. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422008000600043

GARAVAGLIA, Juliano; PINTO, Laura Massochin Nunes; SOUZA, Daiana de; CASTILHOS, Juliana de; ROSSI, Rochele Cassanta; MACHADO, Isabel Cristina Kasper; RAMOS, Renata Cristina de Souza; ZIEGLER, Denise Dumoncel Righetto. Natamycin and nisin to improve shelf life and minimize benzene generation in lemon soft drinks. **Food Science and Technology**, [S.L.], v. 39, n. 2, p. 274-279, jun. 2019. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/fst.13217

IBOLYA, Fülöp; ANCA, Pădureanu; MÁRIA, Kincses Ajtay; MD, Croitoru. Benzene Determination in Soft Drinks. **Acta Medica Marisiensis**, [S.L.], v. 58, n. 5, p. 297-299, 2012.

INGENBLEEK, Luc; VEYRAND, Bruno; ADEGBOYE, Abimbola; HOSSOU, Sètondji Epiphane; KONÉ, Abdoulaye Zié; OYEDELE, Awoyinka Dada; KISITO, Chabi Sika K.J.; DEMBÉLÉ, Yara Koreissi; EYANGOH, Sara; VERGER, Philippe; LEBLANC, Jean-Charles; DURAND, Sophie; VENISSEAU, Anaïs; MARCHAND, Philippe; BIZEC, Bruno Le. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods from the first regional total diet study in Sub-Saharan Africa: contamination profile and occurrence data. **Food**

Control, [S.L.], v. 103, p. 133-144, set. 2019. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.006

LEMOS, Andressa Cunha; SCAGLIONI, Priscila Tessmer; BORBA, Verônica Simões de; FURLONG, Eliana Badiale. Contaminantes formados durante o processamento de alimentos. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.L.], v. 1, p. 111-157, dez. 2020. Editora Científica Digital. http://dx.doi.org/10.37885/201102166

NYMAN, Patricia J.; DIACHENKO, Gregory W; PERFETTI, Gracia A.; MCNEAL, Timothy P; HIATT, Michael H; MOREHOUSE, Kim M. Survey Results of Benzene in Soft Drinks and Other Beverages by Headspace Gas Chromatography/Mass Spectrometry. **Journal Of Agricultural and Food Chemistry**, [S.L.], v. 56, n. 2, p. 571-576, Jan. 2008. American Chemical Society (ACS). http://dx.doi.org/10.1021/jf072479l.

SOLOMONS, T. W. Graham; FRYHLE, Craig B. **Química Orgânica 2**. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2002. 474 p.

TELEGINSKI, Larissa. **Determinação de bisfenol A em água mineral armazenada em garrafões de policarbonato**. 2016. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.

TORRES, Danielly de Souza; SILVA, Leticia Amorim; CAIXETA, Bruno Tolentino. Exposição humana ao benzeno e sua relação com as alterações hematológicas. **Scientia Generalis**, [S.L.], v. 1, n. 3, p. 61-71, 2020.

VILARINHO, F.; KELLEN, A. Van der; SENDÓN, R.; FIGUEIRA, Maria E.; VAZ, M. Fátima; SANCHES-SILVA, A. Determinação de bisfenol a éter diglicidílico do bisfenol A em alimentos enlatados. **Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge**, [*s. l*], v. 1, n. 1, p. 1-1, jan. 2017.

MEI, Jun; MA, Xuan; XIE, Jing. Review on natural preservatives for extending fish shelf life. **Foods**, v. 8 (10), n. 490. p. 1-23, 13 out. 2019. https://doi.org/10.3390/foods8100490

ZELINKOVA, Zuzana; WENZL, Thomas. EU marker polycyclic aromatic hydrocarbons in food supplements: analytical approach and occurrence. **Food Additives & Contaminants**: Part A, [S.L.], v. 32, n. 11, p. 1914-1926, 14 out. 2015. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2015.1087059