



TOXICOLOGIA DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS: LEVANTAMENTO DA CONTAMINAÇÃO POR BENZENO

Laura Thiebaut Andrade

Monografia de Final de Curso

Orientadora:

Prof^a. Karen Pereira Signori, Doutora

Co-Orientadora:

Vânia Paula Salviano dos Santos, Mestre

Novembro de 2013

TOXICOLOGIA DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS: LEVANTAMENTO DA CONTAMINAÇÃO POR BENZENO

Laura Thiebaut Andrade

Monografia de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado por:

Lauro Luís Martins Medeiros de Melo, D.Sc.

Luciana Maria Ramires Éspér, D.Sc.

Camilla Pires de Souza, Bióloga

Orientado por:

Prof^a. Karen Pereira Signori, Doutora, D.Sc.

Vânia Paula Salviano dos Santos, M.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil
Novembro de 2013

Andrade, Laura Thiebaut.
Toxicologia de bebidas não alcoólicas: Levantamento da contaminação por
benzeno / Laura Thiebaut Andrade. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2013
viii, 36, p.; il
Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2013
Karen Pereira Signori e Vânia Paula Salviano dos Santos
1. Benzoato de sódio. 2. Ácido Ascórbico. 3. Benzeno. 4. Monografia.
(Graduação Engenharia de Alimentos – UFRJ/EQ). 5. Karen Pereira
Signori e Paula S. Salviano. I. Toxicologia de bebidas não
alcoólicas: Estudo da contaminação por benzeno

Dedico este trabalho a minha família,
especialmente minha irmã Flávia que
tanto contribuiu com minha formação e
meu noivo Marcelo e sua família pelo
apoio e ajuda constante.

"Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que
você faz com aquilo que você sabe."

Aldous Huxley

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida e por me dar forças para concluir esse trabalho. E a Santa Rita pela constante proteção.

Agradeço aos meus pais, Maria José e Flávio, por serem os grandes responsáveis pela minha educação e serem meu maior exemplo de vida.

Agradeço a minha irmã mais velha Flávia, pelo exemplo constante, pela ajuda e companheirismo em todos os momentos da minha graduação.

Agradeço a minha irmã Luisa e minha sobrinha Helena por todo carinho e incentivo.

Ao meu noivo, Marcelo, por todo amor, companheirismo, paciência, incentivo, apoio e por acreditar no meu potencial.

Aos meus familiares maternos e paternos pelas orações e pensamentos positivos.

A minha orientadora e professora Karen Signori que desde o início da faculdade contribuiu para meu aprendizado, sempre me orientando e ajudando.

A minha co-orientadora Vânia Paula Salviano pela ajuda e apoio.

A todos os professores da Escola de Química pelos ensinamentos durante a minha graduação.

A UFRJ pela oportunidade de concluir meu curso.

A Escola de Química pelo esforço de formar grandes profissionais.

A todos que me ajudaram de alguma forma, muito obrigada.

Resumo da Monografia de Final de Curso apresentado à Escola de Química, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

TOXICOLOGIA DE BEBIDAS NÃO ALCÓOLICAS: LEVANTAMENTO DA CONTAMINAÇÃO POR BENZENO

Laura Thiebaut Andrade

Novembro de 2013

Orientadora: Prof^a. Karen Pereira Signori, Doutora
Co-Orientadora: Paula S. Salviano, Mestre

A contaminação de bebida vem sendo cada vez mais estudada devido a sua seriedade e impacto na economia mundial e na saúde humana. O presente trabalho visa esclarecer os possíveis riscos oriundos da contaminação de bebidas, enfatizando os possíveis riscos devido à formação de benzeno em bebidas não-alcólicas. Primeiramente, foi descrito problemas de toxicidade de alimentos levando em consideração possível contaminação por agentes biológicos e químicos. Dentre os contaminantes químicos, destacamos o benzeno, que é um contaminante cancerígeno, podendo ser formado através da reação entre o benzoato de sódio e o ácido ascórbico. Devido à toxicidade do benzeno, alguns métodos foram desenvolvidos para detectar a sua presença em bebidas. Apesar disso, ainda não existem legislações específicas para todos os tipos de bebidas, sendo utilizado mundialmente o limite estabelecido para a água potável, que é de acordo com a ANVISA, equivalente a 5 µg/L. Desta forma, o presente trabalho contribuiu com a reflexão da possível contaminação de benzeno em bebidas não alcólicas, enfatizando o processo de formação de benzeno em bebidas, os possíveis riscos oriundos desta contaminação, os métodos de detecção e a legislação existente.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	9
II. REVISÃO DE LITERATURA	11
II.1 – TOXICOLOGIA DE BEBIDAS	11
II.2 – CONTAMINANTES BIOLÓGICOS	11
II.3 – CONTAMINANTES QUÍMICOS.....	14
II.4 – CONTAMINAÇÃO POR BENZENO EM BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS.....	17
II.4.1 – O QUE É O BENZENO?	17
II.4.2 – COMO SE FORMA O BENZENO EM BEBIDAS?	21
II.4.3 – MÉTODOS DE DETECÇÃO.....	24
II.4.4 – LEGISLAÇÃO	25
III. DISCUSSÃO	28
IV. CONCLUSÃO.....	30
V. REFERÊNCIAS	31

I. INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos é um dos setores industriais com maior importância no mundo (ORTEGAS-RIVAS, 2010). De modo especial, a indústria de bebidas tem um grande impacto na economia mundial.

Dados estatísticos revelaram que em 2004 cada pessoa consumia cerca de 70 litros de refrigerantes por ano, sendo o consumo mundial de bebidas não alcoólicas equivalente a 412 bilhões de litros (SHACHMAN, 2004). Interessantemente, neste estudo foi mostrado que o consumo mundial de bebidas carbonatadas é maior que o de água.

De acordo com o relatório de 2011 da Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas (ABIR), esse mesmo panorama era observado no Brasil em 2004, onde o consumo de refrigerantes girava em torno de 12 mil litros por ano, enquanto que o consumo de água era de aproximadamente 10 mil litros por ano. Além disso, este relatório da ABIR mostra que em 2010, o consumo de bebidas não alcoólicas era distribuído entre as categorias com a seguinte proporção: 41,6% para os refrigerantes, 37,6% para a água e 20,8% para as demais bebidas não alcoólicas. Desta forma, o consumo de refrigerantes por pessoa se manteve maior que o da água envasada (ABIR, 2011). Neste mesmo relatório, foi ressaltado que em 2010, a região Sudeste possuía o maior consumo *per capita* de bebidas não alcoólicas (53%) quando comparado às demais regiões do Brasil; em contraste, a região Norte possuía apenas de 5%. Esse mesmo perfil de distribuição foi observado quando analisado apenas o consumo de refrigerantes (Sudeste – 51% e Norte – 5%).

Todas as bebidas não alcóolicas possuem uma composição básica, sendo a água o seu principal constituinte, representando cerca de 90% do volume total da bebida (SHACHMAN, 2004). Outros ingredientes são adicionados variando com o tipo da bebida. Além disso, no processamento de bebidas pode ser necessária a utilização de aditivos, dentre eles aromas, corantes e conservantes.

Um grande desafio da indústria é garantir a segurança e qualidade dos alimentos durante toda a sua validade comercial, impedindo a deterioração e/ou contaminação. Baseado nisso, o processamento de alimentos exige um constante cuidado, pois qualquer deslize pode comprometer a qualidade do produto final (ORTEGAS-RIVAS, 2010). Dentre os possíveis problemas que podem alterar a qualidade dos alimentos e bebidas estão as contaminações causadas por agentes biológicos e químicos (TANIWAKI et al., 1999; CHAVES, 2004). Na indústria de bebidas, uma crescente preocupação é devido à vasta utilização de compostos capazes de levar a formação de benzeno. Esta contaminação por benzeno pode ser resultante da reação química oriunda da utilização de conservante na presença de vitamina C (LACHENMEIER et al., 2010), podendo causar sérios danos à saúde humana.

O presente trabalho visa destacar a contaminação de benzeno em bebidas não alcoólicas, enfatizando o processo de formação de benzeno em bebidas, os possíveis riscos oriundos desta contaminação, os métodos de detecção e, a legislação existente, gerando uma reflexão sobre o tema.

II. REVISÃO DE LITERATURA

II.1 – Toxicologia de bebidas

O termo toxicologia refere-se à ciência que estuda tanto a causa de intoxicações quanto as substâncias que as provocam, assim como alternativas para reverter às complicações causadas por ela e seus métodos de análises (MORAES et al., 1991). Recentemente, diversos casos de contaminação de bebidas vêm sendo relatados pela mídia, despertando a população para os eventuais riscos ao se ingerir um alimento contaminado. Devido à seriedade deste problema, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) criou o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) para verificar a presença de resíduos químicos potencialmente nocivos à saúde do consumidor. Um dos objetivos do Plano é a garantia que um alimento seguro esteja disponível ao consumidor (PNCRC, 2013). Além disso, a contaminação de alimentos pode impactar negativamente a imagem do produto ocasionando um declínio nas vendas, conseqüentemente no lucro dos fabricantes, conforme relatado pela PepsiCo devido ao incidente de contaminação ocorrido com um de seus produtos (SUZUKI, 2011). Com isso, a produção/consumo de alimentos e bebidas de qualidade é um interesse de todos: do consumidor que deseja ingerir produtos seguros e do fabricante que visa obter lucros.

II.2 – Contaminantes biológicos

Devido à grande parte dos componentes presentes nas bebidas criarem um ambiente rico, a proliferação de micro-organismo é favorecida, o que pode resultar em elevados índices de contaminação (ROCHA et al., 2004). Exemplos

de contaminantes biológicos que podem comprometer a qualidade das bebidas são: bactérias, leveduras e fungos filamentosos (TANIWAKI et al., 1999).

Em bebidas, a contaminação pode ser de origem endógena ou exógena provenientes do ambiente (BRISABOIS et al., 1997). A acidez de alguns produtos pode dificultar o crescimento de alguns micro-organismos, porém existem relatos de bactérias que sobrevivem em ambientes ácidos, como é o caso do *Lactobacillus plantarum* (MCDONALD et al. 1990; SAMPEDRO et al. 2006) identificada em sucos de laranja e das bactérias *Escherichia coli* e *Salmonella* sp. identificadas em iogurtes, causando a contaminação do alimento (LEE & CHEN, 2005; NASSIB et al., 2006). Além disso, também existem relatos de contaminação por *Salmonella* sp. em sucos de laranja (RUSCHEL et al., 2001; COOK et al., 2011). A contaminação por bactérias pode ser oriunda tanto do processamento quanto da estocagem ocasionando uma redução na validade comercial do produto (SHACHMAN, 2004). Devido a problemas no processamento e a utilização de matéria-prima contaminada, Akond e colaboradores (2009) relataram a presença de bactérias patogênicas, como *Salmonella* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus* sp. e *Bacillus stearothermophilus*, em refrigerantes. Um estudo realizado nos Estados Unidos identificou que aproximadamente 50% das bebidas analisadas, provenientes de máquinas *post-mix*, estavam contaminadas com bactérias coliformes, como por exemplo, *E. coli* (WHITE et al., 2010). De forma geral, as bactérias quando presentes em bebidas são resultantes de uma má condição sanitária e não são a principal forma de contaminação microbiológica encontrada em refrigerantes (SHACHMAN, 2004).

A deterioração de bebidas é comumente ocasionada por leveduras e fungos filamentosos e, normalmente, causam náuseas e indisposição estomacal

(SHACHMAN, 2004). Apesar de algumas espécies de leveduras serem comumente utilizadas em tecnologia de alimentos, a contaminação deve ser evitada em certos tipos de bebidas, pois pode causar o rompimento de embalagens devido à fermentação e consequente produção de gás (RYCHLIK, 2012). O crescimento de algumas leveduras é favorecido pela alta concentração de açúcar e baixo valor de pH das bebidas não alcoólicas (SHACHMAN, 2004). Rocha e colaboradores (2004) relataram o aparecimento de diversas leveduras em refrigerantes, ocasionando deterioração dos mesmos. Alguns exemplos de leveduras deteriorantes relatados são: *Zygosaccharomyces rouxii*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida lipolytica*, *Zygosaccharomyces bailii*, dentre outras. As três últimas leveduras citadas são resistentes a conservantes utilizados na indústria de bebidas, como o benzoato de sódio e o sorbato de potássio (BATTEY et al., 2002). Outros micro-organismos deteriorantes que tem o crescimento favorecido devido ao alto teor nutritivo das bebidas são os fungos filamentosos (ASHURST & HARGITT, 2009). Além disso, o armazenamento inadequado, bem como danificação das embalagens dos produtos pode influenciar na proliferação de fungos filamentosos, como relatado em março de 2013 pela Coca-Cola e Unilever após ser observada por consumidores a presença de fungos nas embalagens de suco (EXTRA ONLINE, 2013).

A deterioração das bebidas causa rejeição pelo consumidor, pois normalmente altera a cor, odor e gosto dos produtos (SHACHMAN, 2004). Essa deterioração por micro-organismos pode ser evitada através do uso de processos tecnológicos e/ou utilização de aditivos, tais como os conservantes (RYCHLIK, 2012). Um exemplo de conservante muito utilizado na indústria de bebidas são os

ácidos benzoico e sórbico. A utilização destes conservantes deve ser controlada, com base na legislação vigente. A legislação da União Europeia permite utilizar 150 mg/L de ácido benzoico e 300 mg/L de ácido sórbico na indústria de bebidas (ASHURST & HARGITT, 2009); enquanto os limites aceitáveis pela legislação brasileira são 500 mg/L de ácido benzoico (para bebidas não alcoólicas gaseificadas e não gaseificadas) e 300 mg/L e 800 mg/L de ácido sórbico para bebidas não alcoólicas gaseificadas e não gaseificadas, respectivamente, de acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC N°5, de 15 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007). É importante ressaltar que os conservantes possuem a capacidade de inibir o crescimento microbiológico, mas não garantem a ausência de deterioração, pois determinados micro-organismos são resistentes a alguns tipos de conservantes, como os exemplos citados anteriormente (BATTEY et al., 2002).

II.3 – Contaminantes químicos

Outro tipo de contaminação comum na indústria de alimentos ocorre devido a substâncias químicas, que podem acarretar sérios riscos à saúde. Alguns exemplos de contaminantes químicos encontrados na indústria alimentícia podem ser oriundos da lixiviação das embalagens; de resíduos de material de limpeza; pesticidas; metais tóxicos; nitratos, nitritos e nitrosaminas; aditivos químicos, e até mesmo toxinas produzidas por micro-organismos (CHAVES, 2004).

Uma grande preocupação das indústrias é a composição da embalagem utilizada, pois alguns compostos podem migrar para o alimento, contaminando-o (LAU & WONG, 2000). Essa migração é dependente da natureza do alimento e pode ser influenciada pelas características e concentração dos compostos

químicos constituintes da embalagem, além da forma de contato entre o alimento e a embalagem (COELHAN et al., 2009).

Uma substância conhecida popularmente como Bisfenol A (2,2-bis(4-hidroxifenil) propano) vem sendo muito utilizada na indústria de bebidas. Essa substância está presente na produção de vernizes epóxi e policarbonato, sendo, portanto, utilizada em garrafas retornáveis de água mineral, mamadeiras e revestimentos de embalagens metálicas. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a utilização desta substância vem sendo questionada quanto à sua capacidade de contaminação dos alimentos, porém ainda existe uma incerteza sobre os efeitos adversos causados pelo Bisfenol A. Como forma de precaução, organismos internacionais estabeleceram limite no uso desta substância, tendo o Brasil proibido o uso da mesma, na fabricação e importação de mamadeiras, preconizado na Resolução RDC Nº41 de 2011 vigente desde janeiro de 2012 (BRASIL, 2011). Esta decisão da ANVISA foi tomada por considerarem crianças na faixa etária de 0 a 12 meses como principais alvos de intoxicação por Bisfenol A, mesmo quando essa exposição ocorre em níveis inferiores aos que atualmente são considerados seguros. Apesar desta proibição, o Bisfenol A continua sendo utilizado na indústria alimentícia, inclusive no revestimento de embalagens metálicas com o intuito de prevenir o contato direto entre o alimento e o metal da embalagem (GALLART-AYALA et al., 2011).

No processamento de alimentos muitos metais vêm sendo relatados como possíveis contaminantes que implicam em toxicidade para o consumidor (HARTWIG e JAHNKE, 2012). Dentre os metais, um dos que merece ser ressaltado é o alumínio, devido à sua ampla utilização em embalagens, utensílios

domésticos e industriais (JAGANNATHA e VALESWARA, 1995). Lopez e colaboradores (2002) demonstraram que a concentração de alumínio em bebidas enlatadas é maior do que em outros tipos de embalagens. Além disso, a qualidade da lata influencia a migração deste metal para a bebida (POÇAS & MOREIRA, 2003). Devido aos possíveis riscos provocados pela intoxicação por alumínio, dentre eles desordens neurodegenerativas (MARTYN et al., 1989), é importante ressaltar que a concentração de alumínio ingerido não pode exceder 6 mg/dia (MASSEY e TAYLOR, 1991). Outro contaminante que pode ser transferido da embalagem para o produto é o antimônio. De acordo com a *Environmental Protection Agency* (EPA), dos Estados Unidos, este composto quando consumido em excesso pode causar o aumento do colesterol e a diminuição do açúcar no sangue. O antimônio está presente em embalagens PET (tereftalato de polietileno), devido à utilização do tri-óxido de antimônio como um dos principais catalisadores usados na produção deste tipo de embalagem (SHIMAMOTO et al., 2011). A EPA estabeleceu um padrão de 0,006 mg/L para antimônio em Águas de Abastecimento Público de água potável.

As micotoxinas, apesar de serem produzidas por micro-organismos (fungos filamentosos), são consideradas contaminantes químicos, sendo prejudiciais à saúde dos consumidores (CHAVES, 2004). Existe uma gama de micotoxinas isoladas de alimentos, sendo os fungos do gênero *Alternaria* exemplos de produtores de micotoxinas encontradas em sucos de frutas, cenouras e produtos a base de tomate (RYCHLIK, 2012).

Outros contaminantes que em elevadas concentrações podem causar danos à saúde humana, e também são encontrados em bebidas, são os aditivos químicos. Exemplos de aditivos químicos são os corantes, aromatizantes,

estabilizantes, edulcorantes, conservantes, dentre outros. Apesar de serem importantes para manter as características do produto, existem legislações que controlam os limites permitidos (CHAVES, 2004). Além disso, alguns aditivos podem ser precursores de substâncias altamente tóxicas, como é o caso do benzoato de sódio/ácido benzoico aventado como precursor de benzeno (LACHENMEIER et al., 2010).

II.4 – Contaminação por benzeno em bebidas não alcoólicas

II.4.1 – O que é o benzeno?

O benzeno é um hidrocarboneto aromático cuja fórmula molecular é C_6H_6 , CAS Nº 71-43-2 (Figura 1). Ele é um composto volátil, altamente inflamável e prejudicial à saúde humana devido à sua capacidade carcinogênica (IARC Benzene, 1987). De acordo com a EPA, o benzeno pode ser formado pela queima de carvão e de óleo, emissões de automóveis e poluição oriunda do cigarro; além de processos naturais como vulcões em erupção e incêndios florestais. Ademais, a Organização Mundial da Saúde (WHO) estabeleceu que o benzeno está presente naturalmente no petróleo bruto em níveis acima de 4 g/L (WHO, 2010). De acordo com o *National Library of Medicine* (NLM) dos Estados Unidos, o benzeno é um dos 20 produtos químicos mais comuns, sendo utilizado para a síntese de outros compostos químicos que são importantes para a produção de plásticos, resinas, *nylon*, e outras fibras sintéticas. Além disso, esse composto pode ser utilizado na indústria de explosivos, produtos químicos fotográficos, corantes, tintas, detergentes, medicamentos, pesticidas e pode ser formado durante o processamento de alimentos (VINCI et al., 2011).

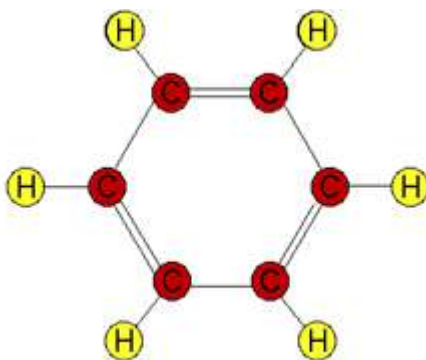


Figura 1: Estrutura química do benzeno. C = Carbono, H = hidrogênio.
FONTE: International Programme on Chemical Safety – IPCS, WHO.

Como o benzeno é altamente volátil, estamos expostos a pequenas quantidades deste composto constantemente. A exposição pode ocorrer em níveis elevados em ambientes de processos industriais envolvendo produtos derivados de petróleo, mas pode ocorrer, também, em ambientes como interior de veículos ou em locais fechados. Estudos identificaram altos níveis de benzeno em ambientes fechados devido à presença de materiais de construção (como por exemplo, tintas) e contato com queima de cigarro. No entanto, esses níveis são maiores quando o local é próximo a garagens, onde ocorre queima de combustíveis (CDC, 2013).

Segundo a WHO (WHO, 2010), a exposição humana ao benzeno tem sido associada a uma variedade de doenças agudas e de longo prazo, o que o torna uma preocupação mundial. Alguns sintomas como dor de cabeça, tontura, sonolência, tremores e perda de consciência são observados quando ocorre exposição ao benzeno (IPCS, 1993). Uma exposição prolongada pode causar danos na medula óssea ocasionando diminuição do número de glóbulos vermelhos e glóbulos brancos, ocasionando alterações no sistema imune, aumentando a chance de infecção e favorecendo a leucemia (CDC, 2013; IPCS,

1993). Além de leucemia, o benzeno tem relação com vários outros tipos de câncer, seja por sua ação direta ou por ação de seus produtos derivados, como a 1,4-benzoquinona, que podem levar a mutações nas células (SALGADO & PEZZAGNO, 1991). A Quadro 1 relata a resposta a diferentes concentrações de benzeno em função do tempo de exposição.

Quadro 1: Resposta do organismo a diferentes concentrações de benzeno, em função do tempo de exposição. ppm = partes por milhão.

Concentração de vapor de benzeno (ppm)	Tempo de exposição	Resposta
25	8 horas	Nenhuma
50 a 100	6 horas	Leve sonolência e dor de cabeça ligeira
500	1 hora	Sintomas de toxicidade aguda
7000	30 minutos	Perigoso para a vida e efeitos depressores
20000	5 minutos	Fatal

FONTE: <http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0304/Benzeno/benzeno.htm>

Apesar dos altos níveis de exposição ao benzeno ocorrerem devido à inalação, não existe um nível seguro da quantidade de benzeno contido no ar recomendado pela WHO. Devido à solubilidade do benzeno em água, parte do benzeno presente no ar pode ser removido pela chuva e resultar na contaminação de águas e do solo (WHO, 2010). No entanto, apenas uma pequena quantidade de benzeno vem sendo detectada em produtos alimentícios (IPCS, 1993; LACHENMEIER et al., 2010).

Como já mencionado, Mcneal e colaboradores (1993) relataram a identificação de elevada contaminação por benzeno em água mineral Perrier, 12,3-19,9 ppb (partes por bilhão), despertando a necessidade de analisar os

níveis de contaminação de bebidas por benzeno, para evitar os malefícios que isto poderia causar à saúde. Segundo a WHO (WHO, 2003), a água potável, por exemplo, também pode conter benzeno, o que pode influenciar na contaminação de bebidas por benzeno, pois as bebidas possuem como maior componente a água .

Em 2005, a *Food and Drug Administration* (FDA) realizou um teste em mais de 100 refrigerantes e outros tipos de bebidas para verificar a contaminação por benzeno nestes produtos. Como resultado, apenas quatro bebidas continham níveis de benzeno acima do limite de 5 ppb. Este limite foi estabelecido pela ANVISA para água potável, segundo a Portaria Nº2914 de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011). Em 2009, uma revista brasileira que visa trazer informações para o consumidor, relatou que em um teste realizado no Brasil foi detectada a presença de benzeno em sete das 24 bebidas analisadas, sendo que apenas duas possuíam concentração de benzeno acima do limite recomendado (Pro Teste, 2009).

Uma análise realizada com 134 refrigerantes da Bélgica mostrou que 47% das bebidas continham traços de benzeno e 10 amostras continham níveis de benzeno acima do limite permitido pela União Europeia de 1 µg/L (POUCKE et al., 2008). Outro estudo realizado na Itália também revelou traços de benzeno em 28 diferentes tipos de refrigerantes, com concentração média de 0,45 µg/L, sendo observados níveis de benzeno acima do limite permitido para água em duas amostras de bebidas à base de frutas cítricas (BONACCORSI et al., 2012). Este resultado indica que a composição da bebida influencia a formação do benzeno, podendo esta ser resultante da presença de vitamina C encontrada nas frutas

cítricas. Lachenmeier e colaboradores (2010) também relataram a influência da composição de sucos de cenouras na formação do benzeno.

II.4.2 – Como se forma o benzeno em bebidas?

Diversos estudos relatam que a decomposição de certos aminoácidos e outros compostos comumente presentes em alimentos, tais como o caroteno e o limoneno, podem levar à formação de benzeno. Essa formação pode ser favorecida por tratamentos de irradiação e exposição a temperaturas elevadas (LACHENMEIER et al., 2010; AHN, 2002). O benzeno pode, também, ser formado em bebidas devido à reação que pode ocorrer entre o ácido ascórbico e benzoato de sódio (Figura 2), principalmente na presença de luz e calor.

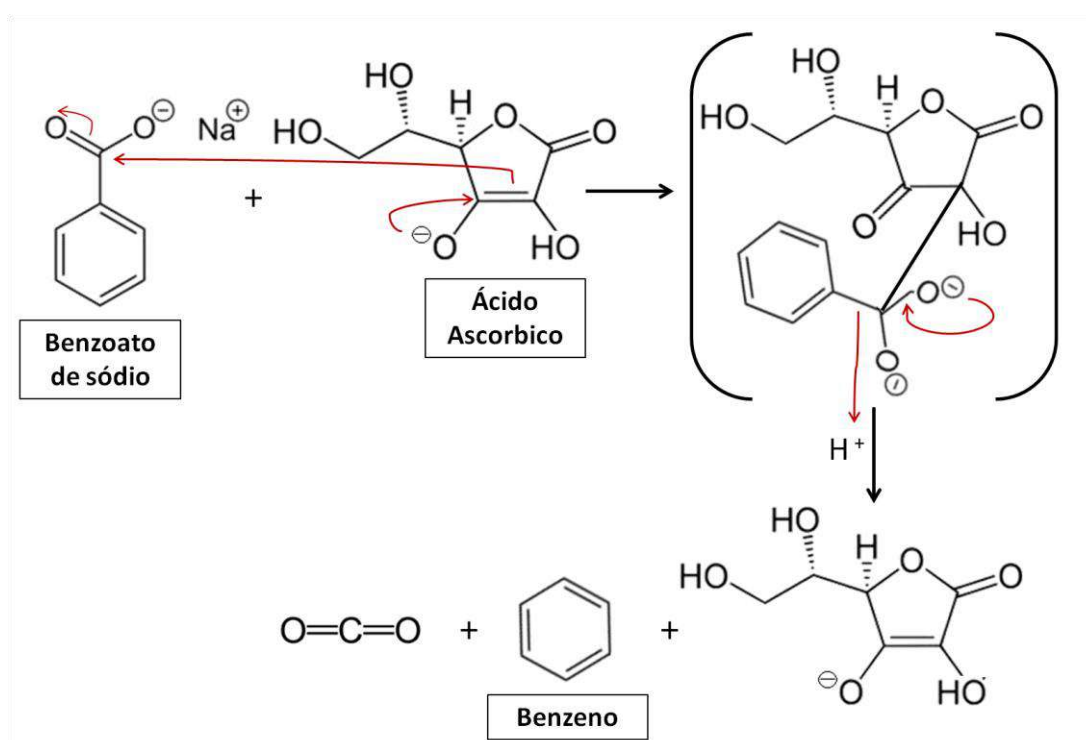


Figura 2: Reação química da formação do benzeno a partir de benzoato e ácido ascórbico. C = Carbono, H = Hidrogênio, O = Oxigênio.
FONTE: baseado em STEVENS, 2005.

O ácido ascórbico (INS 300), também conhecido como vitamina C, é encontrado naturalmente em alguns alimentos. Além disso, ele é utilizado na indústria alimentícia como um antioxidante, aumentando a validade comercial do alimento. Essa capacidade antioxidante permite que o ácido ascórbico seja oxidado no lugar de compostos presentes nos alimentos, como aldeídos, cetonas e ceto-éster (TAYLOR, 2005). Outra utilização comum do ácido ascórbico é com finalidade de fortificação de alimentos, ou seja, adição de níveis elevados de vitamina (GARDNET & LAWRENCE, 1993).

O benzoato de sódio (INS 211) vem sendo largamente utilizado como um aditivo na indústria de alimentos (JECFA, 2006). De acordo com a empresa Bandeirante Brazmo Indústria e Comércio Ltda., o benzoato de sódio é um sal de coloração branca com alta solubilidade em água, 55 g por 100 mL. Em água, este sal se dissocia em ácido benzoico que tem propriedades antimicrobianas, com ação máxima em pH igual a 3 (LIMA & AFONSO, 2008). Segundo a FDA, a utilização na indústria de alimentos de até 0,1% de benzoato não causa problemas para a saúde (FDA, 2008). Assim como o ácido ascórbico, o ácido benzoico pode ocorrer naturalmente em alguns sucos de frutas (ZUO et al., 2002). Em pH ácido, um radical hidroxila pode ser formado a partir do ácido ascórbico, e este radical reage com o ácido benzoico, resultando na formação do benzeno e perda de CO₂ (NYMAN et al., 2010), como mostrado na figura 2.

Lachenmeier e colaboradores (2010) realizaram estudos utilizando suco de cenoura onde foram identificadas inúmeras substâncias capazes de formar benzeno. Entretanto, apesar de identificados diversos compostos com essa capacidade, a amostra contendo ácido ascórbico e ácido benzoico foi a que apresentou o maior teor de benzeno. Foi interessante notar que substâncias como

o caroteno (associado ou não com o ácido ascórbico), fenilalanina, triptofano e tirosina, associados ao ácido ascórbico apresentaram elevada capacidade de formação de benzeno. O açúcar, que é um ingrediente muito utilizado nas indústrias de bebidas, pode inibir a formação de benzeno, por isto em algumas bebidas do tipo *Light* e *Diet* a produção de benzeno pode ser favorecida, pois não contêm açúcar e em alguns casos existe a presença natural de vitamina C, como nos refrigerantes à base de laranja e limão (GRUPPI, 2010).

Outro fator que influencia a formação de benzeno é a faixa de pH. O estudo realizado por Lachenmeier e colaboradores (2010) utilizou o pH 4, no estudo da produção de benzeno. Porém, Vinci e colaboradores (2010) demonstraram que a mistura de benzoato de sódio e ácido ascórbico tiveram maior produção de benzeno em pH próximo a 2, em pH neutro foi observado uma diminuição desta formação, e em pH básico essa produção caiu drasticamente, o que corrobora a ideia de que em pH ácido a produção de benzeno é favorecida

Além de avaliar a produção de benzeno em resposta a diferentes precursores e à acidez do meio, Lachenmeier e colaboradores (2010), também observaram por espectrometria de massa, que sucos de cenoura que receberam tratamento térmico a 150°C durante 120 min apresentaram elevada quantidade de benzeno quando comparadas com amostras não tratadas termicamente.

Além da formação do benzeno devido à reação dos ingredientes encontrados nas bebidas, análises estatísticas sugerem que a embalagem dos alimentos também pode influenciar na formação de benzeno (POUCKE et al., 2008), podendo ser uma justificativa para a identificação de traços de benzeno em todas as 28 bebidas analisadas na Itália (BONACCORSI et al., 2012).

II.4.3 – Métodos de detecção

Devido à toxicidade do benzeno, alguns métodos foram desenvolvidos para detectar a sua presença em bebidas. Os métodos mais utilizados são o *Purge & Trap* (BIANCHI et al., 2002) e microextração de fase sólida (*solid-phase microextraction* – SPME) (SERRANO e GALLEGO, 2004).

Purge & Trap é um método muito utilizado para extrair compostos orgânicos voláteis de alimentos sólidos e líquidos, para introdução em uma cromatografia gasosa (CG) que possibilita a separação e identificação destes compostos (LEWIS e SENSEL, 2003). Este método consiste na absorção dos compostos orgânicos voláteis, seguida de dessorção térmica em uma CG. Primeiramente, ocorre o processo de purga, com a remoção dos compostos voláteis presentes na amostra, através do aquecimento. Os gases são levados para um compartimento refrigerado com baixas temperaturas e em seguida a temperatura é elevada rapidamente para que ocorra a transferência dos compostos gasosos para a colona cromatográfica (Figura 3).

O método de detecção por SPME é uma técnica rápida, onde não é necessária a utilização de solventes. Similar ao *Purge & Trap*, o SPME também se baseia na extração e isolamento dos compostos orgânicos, seguidos de detecção e quantificação destes compostos por CG (PAWLISZYN, 2001).

Fabietti e colaboradores (2001) utilizaram o método *Purge & Trap* para detecção de benzeno em quatro tipos de refrigerantes (Cola, Cola-light, Laranja e outros). Este estudo foi capaz de detectar presença de benzeno em todas as amostras, apesar de ter sido observado um teor ligeiramente superior nas amostras contendo suco de laranja. Porém apesar da detecção de benzeno em todas as bebidas, os valores foram abaixo do limite estabelecido para a água

potável, sendo o teor médio de benzeno igual a 1,7 µg/kg para refrigerante de Cola, 2,3 µg/kg para refrigerante de Cola Light e 2,9 µg/kg para refrigerante de laranja.

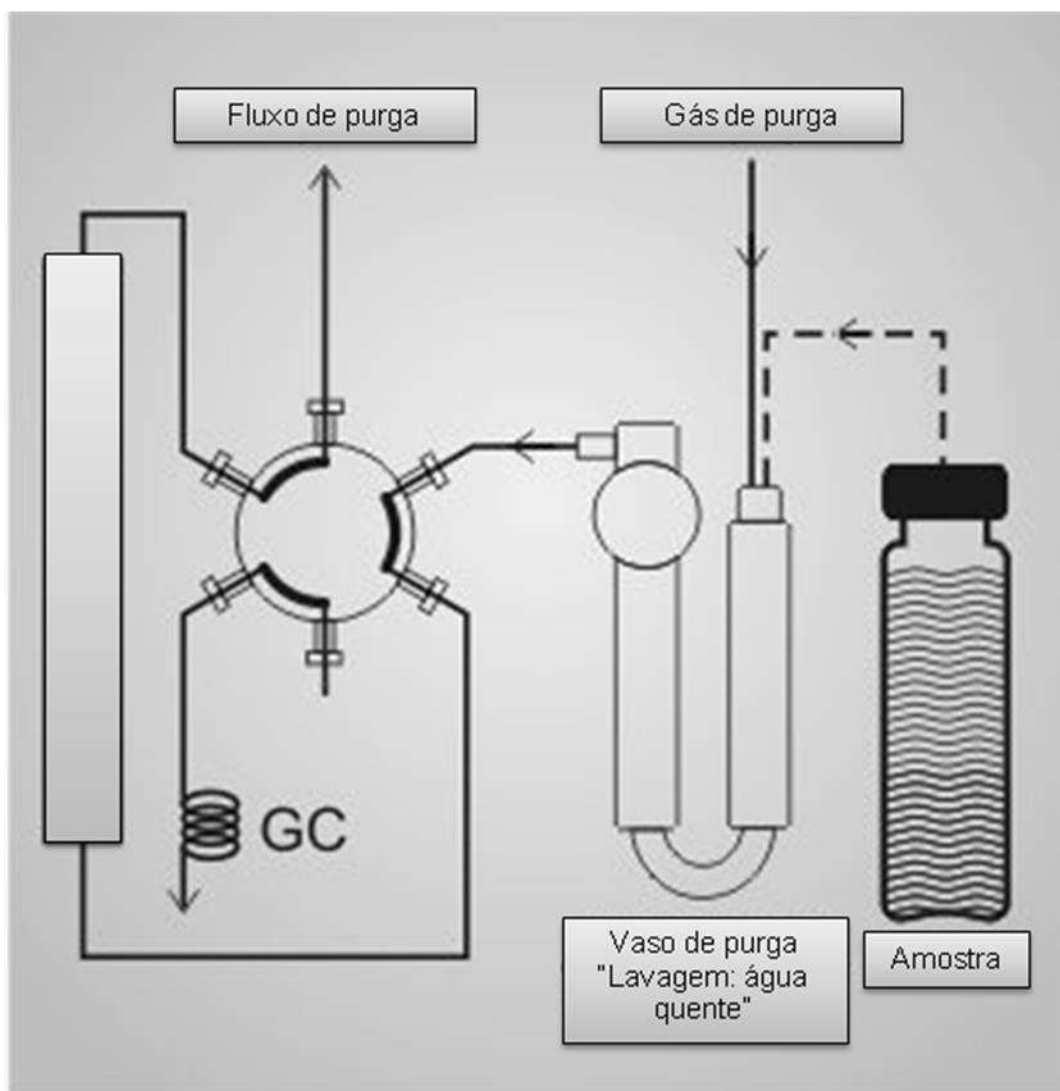


Figura 3: Método convencional de Purge & Trap.
FONTE: <http://www.imtgmbh.de/vsp4000-e.htm>

II.4.4 – Legislação

Alguns órgãos nacionais e internacionais são responsáveis por fiscalizar e regulamentar a produção de alimentos, além de controlarem os riscos que

alimentos deteriorados e/ou contaminados podem causar à saúde. Dentre estes órgãos os mais relevantes são:

i) Nacionais:

- ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) – Foi criada em 1999, com o objetivo de regulamentar produto e serviços que podem afetar a saúde da população brasileira;
- MAPA (Ministério da Agricultura) – Uma de suas atribuições é o registro e fiscalização de bebidas alcoólicas e não alcoólicas.

ii) Internacionais:

- FDA (*Food and Drug Administration*) – É um órgão norte-americano governamental, criado em 1862 e visa controlar os alimentos e outros produtos;
- WHO (*World Health Organization*) – Trata-se da Organização Mundial da Saúde que foi criada em 1948 pela Organização das Nações Unidas com o intuito de garantir a saúde de toda a população.
- CODEX (*Codex Alimentarius Commission*) – Formado em 1963 pela FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) e WHO a fim de harmonizar as legislações de alimentos internacionais.

No campo da indústria de alimentos, a ANVISA utiliza dados de alguns órgãos internacionais como referência para elaborar os limites e especificações da legislação brasileira. Por exemplo, no início da década de 90, a FDA relatou a presença de contaminação por benzeno em algumas bebidas não alcólicas (MCNEAL et al., 1993). Essa contaminação foi observada na água mineral Perrier proveniente do Estado da Carolina do Norte (EUA), onde foram encontrados níveis de contaminação por benzeno variando entre 12,3-19,9 ppb (JAMES,

1990). Desde então, essa contaminação vem sendo estudada e regulamentada pelos órgãos anteriormente citados.

Apesar dos riscos de contaminação por benzeno em bebidas não-alcóolicas, a legislação brasileira não estabelece limites para o teor de benzeno em bebidas, assim como as legislações internacionais. No entanto, existem apenas padrões estabelecidos para a água potável, os quais são de 10 µg/kg para a Organização Mundial da Saúde e de 5 µg/L para a ANVISA, conforme a Portaria Nº2914 de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011). O mesmo limite é aplicado para qualquer água envasada e gelo, Resolução RDC Nº274, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005). Outros países, como os Estados Unidos e o Canadá, também estabeleceram o mesmo limite máximo de benzeno aceitável em água potável que o Brasil, sendo as organizações desses dois países: a EPA, dos Estados Unidos; e a *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality* do Canadá (GUIDELINES TECHNICAL DOCUMENT, 2009). No entanto, de acordo com os dados retirados na página da EPA, os Estados Unidos estabelecem como meta a redução do índice de contaminação com benzeno para zero, a fim de prevenir potenciais riscos à saúde.

Sendo o benzoato de sódio um possível precursor da reação capaz de formar benzeno, vale a pena ressaltar que existem legislações específicas, para diferentes tipos de bebidas, as quais estabelecem limites para o uso deste como conservante. Como exemplo, o limite de benzoato de sódio (como ácido benzoico) é 0,05 g/100 mL em bebidas não alcóolicas gaseificadas e não gaseificadas, de acordo com a Resolução RDC Nº5, de 15 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), e em bebidas não alcóolicas à base de soja, de acordo com a Resolução RDC Nº25, de 15 de fevereiro de 2005 (BRASIL, 2005).

III. DISCUSSÃO

O benzeno é considerado uma substância altamente tóxica e cancerígena, com isso, a exposição ao benzeno é uma preocupação para a saúde. A partir da identificação de benzeno em bebidas, muitos questionamentos vêm sendo feitos sobre a potencialidade de este fato causar riscos à saúde. Porém, de acordo com a FDA, a maior exposição ao benzeno se deve ao ar e não ao que ingerimos.

Uma grande preocupação da contaminação por benzeno nas indústrias de bebidas é porque ele se forma a partir da reação entre dois ingredientes comumente usados na indústria de bebidas: o ácido benzoico e o ácido ascórbico. Apesar desta preocupação, ainda não são completamente conclusivos os riscos da utilização destes ingredientes na indústria de bebidas, pois na maioria dos casos relatados a concentração de benzeno presente nas bebidas é abaixo do valor estipulado como seguro.

Como mencionado, a estocagem dos alimentos é um fator que pode contribuir com a contaminação por benzeno, pois a sua reação de formação é favorecida pela presença de luz e calor. Com isso, um dos questionamentos a respeito do método de detecção utilizado para quantificar a contaminação por benzeno é o fato de utilizarem elevação de temperatura no procedimento. Como mostrado por Frey e colaboradores (2007), o aumento da temperatura no método *Purge and Trap* resulta em um aumento da concentração de benzeno. Isso sugere que este método pode trazer resultados equivocados, sendo necessário rever a forma de detecção em casos de contaminação por benzeno em alimentos.

Apesar do possível risco à saúde humana, não podemos nos esquecer dos benefícios ao utilizar os dois ingredientes que podem levar à formação do benzeno. Estes compostos são utilizados porque possuem características

importantes para a conservação de bebidas. O benzoato de sódio é um agente antimicrobiano e o ácido ascórbico é um agente antioxidante, além de ser fonte de vitamina C. Essa característica antimicrobiana, além de impedir a proliferação tanto de bactérias quanto de fungos, também elimina o risco de formação e consequentemente ingestão de toxinas prejudiciais à saúde humana.

Posto isto, é estritamente necessária a utilização de métodos capazes de impedir esse tipo de contaminação. No uso de conservantes, uma alternativa encontrada é a reformulação das bebidas, utilizando ácido sórbico (LAWLEY et al., 2012) reduzindo, então, a concentração de ácido benzoico utilizado e, consequentemente, o teor de benzeno.

IV. CONCLUSÃO

A preocupação e questionamentos a respeito da contaminação de bebidas por benzeno é justificável e faz com que a sociedade (os fabricantes, os consumidores ou as organizações de saúde) reflita sobre esse assunto. Porém, esta preocupação é relativamente recente e conseqüentemente existem poucos trabalhos científicos abordando o tema. Além disso, não podemos descartar o fato de que a maior via de exposição ao benzeno se dá através do ar (queima de carvão e produtos oriundos do petróleo, e cigarro) e não por ingerir bebidas contaminadas. Com isso, o presente trabalho buscou ampliar o conhecimento e estimular a reflexão sobre contaminação de benzeno em bebidas não alcólicas.

V. REFERÊNCIAS

ABIR (2011). BNA Relatório Brasil. Disponível em <http://abir.org.br/2011/10/24/dados-de-mercado-2011/>, acessado em 25/10/2013.

AHN, DU (2002). Production of volatiles from amino acid homopolymers by irradiation. *J. Food Sci.*, 67 (7), 2565–2570.

AKOND, MA; ALAM, S; HASAN, SMR; MUBASSARA, S; UDDIN, SN; SHRIN, M (2009). Bacterial contaminants in carbonated soft drinks sold in Bangladesh markets. *International Journal of Food Microbiology*, 130, 156–158.

ANVISA (2013): ANVISA proíbe bisfenol em mamadeiras. Disponível em <http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/cIE>, acessado em 14/06/2013.

ANVISA (2013): Bisphenol A. Disponível em <http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/NDC>, acessado em 14/06/2013.

ANVISA (2007): Resolução RDC nº 5, de 15 de janeiro de 2007. Regulamento técnico sobre “Atribuição de aditivos e seus limites máximos para a categoria de alimentos 16.2: Bebidas não alcóolicas, subcategoria 16.2.2: Bebidas não alcóolicas Gaseificadas e não gaseificadas”. D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 17 de janeiro de 2007.

ANVISA (2011): Resolução RDC nº 41, de 16 de setembro de 2011. “Dispõe sobre a proibição de uso de bisfenol A em mamadeiras destinadas a alimentação de lactentes e dá outras providências”. D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 19 de setembro de 2011.

ANVISA (2005): Resolução RDC nº 274, de 22 de setembro de 2005. "REGULAMENTO TÉCNICO PARA ÁGUAS ENVASADAS E GELO". D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005.

ANVISA (2011): Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011 (Federal) Data D.O.: 14/12/2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

ARSHURST, PR; HARGITT, R (2009). *Soft drink and fruit juice problems solved*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 180

BATTEY, A S.; DUFFY, S.; SCHAFFNER, D. W. (2002) Modeling Yeast Spoilage in Cold-Filled Ready to Drink Beverages with *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii* and *Candida lipolytica*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, (4), 1901-06.

BIANCHI, F; CARERI, M; MARENGO, E; MUSCI, M (2002). Use of experimental design for the purge-and-trap-gas chromatography-mass spectrometry determination of methyl tert.-butyl ether, tert.-butyl alcohol and BTEX in groundwater at trace level. *J Chromatogr A*.975(1):113-21.

BONACCORSI, G; PERCICO, A; COLZI, A; BAVAZZANO P; DI GIUSTO M; LAMBERTI I; MARTINO G; PUGGELLI F; LORINI C (2012). Benzene in soft drinks: a study in Florence (Italy). *Igiene e Sanita Pubblica*, 68 (4), 523-532.

BRISABOIS, A; LAFARGE, V; BROIUILLAUD, A; BERYSER, ML; COLLETE, C; GAREN-BASLEYI; THOREEL, MF (1997) Pathogenic microorganisms in milk and dairy products: the situation in France and Europe. ScienceTechnology Office International Epizootics. 16 452-471.

CDC - Centers for Disease Control (2013). Facts About Benzene, disponível em <http://www.bt.cdc.gov/benzene/basics/facts.asp>, acessado em 20/04/2013.

CHAVES, J B P (2004). Análise de Riscos na Indústria de Alimentos, disponível em: <http://www.dta.ufv.br/artigos/appcc.htm>, acessado em 30/07/2013.

COELHAN, M; YU, JT; ROBERTS, L (2009) Presence of the biocide *ortho*-phenylphenol in canned soft drinks in the United States and Germany. Food Chemistry, 112, 515-519.

COOK, KA; DOBBS, TE; HLADY, WG; WELLS; JG; BARRETT, TJ; PUHR ND; LANCETTE, GA; BODAGER, DW; TOTH, BL; GENESE, CA; HIGHSMITH, AK; PILOT, KE; SWERDLOW, DL. (1998) Outbreak of Salmonella Serotype Hartford Infections Associated With Unpasteurized Orange Juice. JAMA, 280, No. 17.

EPA (2013). Disponível em: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/benzene.cfm#four>, acessado em 10/05/2013.

EPA (2013). Basic Information about Antimony in Drinking Water . Disponível em: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/antimony.cfm>, acessado em: 29/07/2013.

EXTRA ONLINE (2013); Consumidoras encontram fungos em embalagem de sucos. Disponível em: <http://extra.globo.com/noticias/economia/consumidoras-encontram-fungos-em-embalagem-de-sucos-7874510.html>, acessado em 20/10/2013

FABIETTI, F; DELISE, M; BOCCA, AP (2001). Investigation into the benzene and toluene content of soft drinks. Food Control. V.12, 505-509.

FDA - Food and Drug Administration (2008) U.S.Code of Federal Regulations, Part184, seção 184.1021, título 21.

FREY, R; SHOMO II, RE; MANURA, JJ (2007). Scientific Instrument Service, Disponível em: <http://www.sisweb.com/referenc/applnote/app-93.htm>, acessado em 20/03/2013.

GARDNER, LK; LAWRENCE, GD (1993). Benzene production from decarboxylation of benzoic acid in the presence of ascorbic acid and a transition-metal catalyst. 41 (5), 693-695.

GALLART-AYALA, H; MOYANO, E; GALCERAN, MT (2011). Analysis of bisphenols in soft drinks by online solid phase extraction fast liquid chromatography–tandem mass spectrometry. Analytica Chimica Acta, 683, 227–233.

GRUPPI, D (2010). Refrigerantes e a Saúde. Disponível em: http://www.bemestartreinamentos.com.br/home/index.php?option=com_content&view=article&id=100%3Arefrigerantes-e-saude&catid=35%3Acuriosidades&Itemid=60, acessado em 20/03/2013.

GUIDELINES TECHNICAL DOCUMENT (2009). Benzene. Guidelines for Canadian Drinking water quality. Disponível em: http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-hesc/pdf/pubs/water-eau/benzene/benzene-eng.pdf, acessado em 10/05/2013.

HARTWIG, A and JAHNKE, G (2012) Toxic metals and metalloids in foods. In: Chemical contaminants and residues in food, 235, cap. 10.

IARC Benzene (1987). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Supplement 7. 1 to 42 ed.; International Agency for Research on Cancer: France, Lyon.

IPCS (1993). Benzene. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 150; Disponível em: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc150.htm>, acessado em 12/11/2012

JAGANNATHA, KS and VALESWARA G (1995). Aluminium leaching from utensils— a kinetic study. Int J Food Sci Nutr, 46, 31 –38.

JAMES G (1990). Perrier Recalls Its Water in U.S. After Benzene Is Found in Bottles. The New York Times. Disponível em: <http://www.nytimes.com/1990/02/10/us/perrier-recalls-its-water-in-us-after-benzene-is-found-in-bottles.html>, acessado em 29/07/2013.

JECFA (2006). Sodium Benzoate. Disponível em: http://www.fao.org/index_en.htm, acessado em 12/11/2012.

LACHENMEIER, D W; KUBALLA, T; REUSCH, H; SPROLL, C; KERSTING, M; ALEXY, U (2010) Benzene in infant carrot juice: Further insight into formation mechanism and risk assessment including consumption data from the DONALD study. Food Chem. Toxicol., 48 (1), 291–297.

LAU, OW; WONG, SK (2000). Contamination in food from packaging material. Journal of Chromatography A, 882, 255–270.

LAWLEY, R; CURTIS, L; DAVIS, J (2012). Non Biological Chemical Contaminants. In: The food Safety Hazard Guidebook, Cap. 2.2.

LEE, SM; CHEN, J (2005). The influence of extracellular polysaccharide, comprised of calanic acid, on the fate Escherichia coli O157:H7 during processing and storage of stirred yogurt. Food Science and Technology, 38, 785-790.

LEWIS, ET; SENSEL, AK (2003). Fundamentals of Purgue and Trap. Disponível em: www.tekmar.com, acessado em 10/06/2013.

LIMA, ACS & AFONSO, JC (2009). A Química do Refrigerante. Química Nova na Escola, 31, 3.

LOPEZ, FF; CABRERA, C; LORENZO, ML; LOPEZ, MC (2002). Aluminium content of drinking waters, fruit juices and soft drinks: contribution to dietary intake. The Science of the Total Environment, 292, 205-213.

MARTYN, CN; OSMOND, C; EDWARDSON, JÁ; BARKER, DJ; HARRIS, EC; LACEY, RF (1989). Geographic relation between Alzheimer's disease and aluminium in drinking water. Lancet, 1, 59-62.

MASSEY, RC; TAYLOR, D (1991). Aluminium in food and the environment. London: Royal Society of Chemistry. New Scientist 1677

MC DONALD, LC; FLEMING, HP; HASSAN, HM (1990). Acid Tolerance of *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus plantarum*. App. Environ. Microbiol., 56, 2120-2124.

MCNEAL, TP; NYMAN, PJ; DIACHENKO, GW; HOLLIFIELD, HC (1993). Survey of benzene in foods by using headspace concentration techniques and capillary gas chromatography. AOAC Int., 76, 1213-1219.

MORAES, ECF; SZNELWAR, RB; FERNICOLA, NAGD (1991) Manual de toxicologia analítica. 229 p.

NASSIB, TA; EL-DIN, MZ; EL-SHAROUD, WM (2006). Effect of thermophilic lactic acid bacteria on the viability of Salmonella serovar Typhimurium PT8 during milk fermentation and preparation of buffalo s yogurt. International Journal of Dairy Technology, 59, 29-34.

National Library of Medicine http://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php?id=5

NUTRITION NEWS (2007). Benzoates preserve soft drinks, other foods – But are they safe? Department of Human Nutrition, K-State Research and Extension, Kansas State University.

ORTEGA-RIVAS, E (2010). Processing effects on safety and quality of foods. Contemporary food engineering series.

PAWLISZYN, J (2001). Solid Phase Microextraction. In: Headspace Analysis of Foods and Flavors, 488, 73-87.

PNCRC (2013). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/qualidade-seguranca-alimentos-bebidas/alimentos/residuos-e-contaminantes>, acessado em 16/03/2013.

POÇAS, MFF; MOREIRA, R (2003). Segurança Alimentar e Embalagem, 11-16.

POUCKE, CV; DETAVERNIER, C'L; BOCXLAER, JFV; VERMEYLEN, R; PETEGHEM, CV (2008). Monitoring the Benzene Contents in Soft Drinks Using Headspace Gas Chromatography-Mass Spectrometry: A Survey of the Situation on the Belgian Market. J. Agric. Food Chem., 56, 4504–4510.

Practice concentrated in toxic tort and environmental litigation. Disponível em: <http://www.toxic torts.com/index.php/toxic-chemicals/benzene/benzene-exposure>, acessado em 16/03/2013.

PRO TESTE (2009). Os diets não escaparam. 80.

ROCHA, CD; SCHMIDT, HJ; MONTEIRO, C; ODEBRECHT, E (2004). Deterioração de refrigerantes por leveduras. Visão Acadêmica, 5 (2), 95-100.

RUSCHEL, CK; CARVALHO, HH; SOUZA, RB; TONDO, EC (2001). Qualidade microbiológica e físico-química de sucos de laranja comercializados nas vias públicas de Porto Alegre/RS. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 21 (1), 94-97.

RYCHLIK, M (2012). Mycotoxins in foods. In: Chemical contaminants and residues in food, 235, cap. 13.

SALGADO, PET; PEZZAGNO, G (1991) Indicadores biológicos de exposição ao benzeno. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 19, 25-31.

SAMPEDRO, F; RIVAS, A; RODRIGO, D; MARTÍNEZ, A; RODRIGO, M (2006). Effect of temperature and substrate on PEF Inactivation of *Lactobacillus plantarum* in an Orange juice-milk beverage. Eur. Food Res. Technol., 223, 30-34.

SERRANO, A; GALLEGO, M (2004). Direct screening and confirmation of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes in water. J Chromatogr A. 1045(1-2):181-8.

SHACHMAN, M (2004). The soft drinks companion: a technical handbook for the beverage industry. In: A Technical Handbook for the Beverage Industry.

SCHIMAMOTO, G G; KAZITORIS, B; LIMA, L F R; ABREU, N D; SALVADOR, V T; BUENO, I M S; CASTRO, E V R; FILHO, E A; ROMÃO, W (2011). Quantificação de antimônio em garrafas de politereftalato de etileno (pet) brasileiras por fluorescência de raios-x e avaliação quimiométrica para verificar a presença de pet reciclado através do teor de ferro. Quim. Nova 34 (8), 1389-93.

STEVENS, F (2005). Sodium Benzoate and Ascorbic Acid in beverages. J. Organometallic Chemistry 690(16), 3652-3663, disponível em: <http://drtdedwilliams.net/kb/index.php?pagename=722%20Additional%20Obesity%20Lecture%20Questions>), acessado em 12/02/2013.

SUZUKI, F (2011). PepsiCo encara sua pior crise de imagem no país. Disponível em: http://www.brasileconomico.com.br/noticias/pepsico-encara-sua-pior-crise-de-imagem-no-pais_108165.html, acessado em: 29/07/2013.

TANIWALKI, MH; IAMANAKA, BT; BANHE, AA (1999). Comparison of culture media to recover fungi from flour and tropical fruit pulp. J. Food Mycol. 2, 291-302.

TAYLOR, B (2005) Other beverage ingredients. In: Chemistry and Technology of soft drinks and fruit juices, 2.

US EPA (2013). Disponível em: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/benzene.cfm>, acessado em 10/07/2013

VINCI, RM; CANFYN, M; DE MEULENAER, B; DE SCHAEZTEN, T; OVERNEIRE, IV; DE BEER, J; LOCO, JV (2010). Determination of benzene in different food matrices by distillation and isotope dilution HS-GC/MS. Analytica Chimica Acta. 672 (1-2), 124-129.

VINCI, RM; DE MEULENAER, B; ANDJELKOVIC, M; CANFYN, M; OVERMEIRE, IV; LOCO, JV (2011). Factors Influencing Benzene Formation from the Decarboxylation of Benzoate in Liquid Model Systems. J. Agric. Food Chem. 59, 12975–12981.

WHITE, AS; GODARD, RD; BELLING, C; KASZA, V; BEACH, RL (2010). Beverages obtained from soda fountain machines in the U.S. contain microorganisms, including coliform bacteria. International Journal of Food Microbiology. 137 (1), 61-66.

WHO – World Health Organization (2003). Benzene in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/benzenesum.pdf, acessado em 15/10/2013.

WHO – World Health Organization (2010). Exposure to benzene: a major public health concern. Disponível em: <http://www.who.int/ipcs/features/benzene.pdf>, acessado em 03/02/2013.

ZUO, Y; WANG, C; ZHAN J (2002). Separation, characterization and quantification of benzoic and phenolic antioxidants in American cranberry fruit by GC-MS. J. Agric. Food Chem., 50, 3789-3794.