

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO EM ATUM ENLATADO E SUAS IMPLICAÇÕES

Giovana Soares*

Douglas Delaqua**

Camila Ortulan Pereira*

Resumo: O atum enlatado é um alimento muito presente na dieta humana, e avaliar os teores de elementos traço como o mercúrio é fundamental. Este elemento em sua forma orgânica é considerado extremamente tóxico e possui propriedade de bioacumulação, podendo causar problemas neurológicos, febre, tremores, problemas digestivos e possível morte, dependendo da concentração. Esse trabalho teve como objetivo analisar a concentração de mercúrio em amostras de atum enlatado de diferentes marcas, considerando as implicações da presença deste componente no alimento para a saúde humana. A amostragem foi realizada em supermercados da região de Campinas, interior do estado de São Paulo. O atum enlatado ralado foi escolhido para este estudo, baseando-se em dados de distribuição de vendas que mostram que este é o tipo mais vendido, com 53 % da preferência dos consumidores. A análise foi realizada pela técnica de espectrometria de absorção atômica por vapor a frio, através do método US-EPA 7471 (adaptado) e com digestão realizada em micro-ondas, baseada no método US-EPA 3051. Como referência para os limites de tolerância, foram utilizados os valores estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de 1mg/kg para peixes predadores. A média dos resultados encontrados para as marcas 1, 2 e 3 foram 0,0530 mg/kg \pm 0,0162 mg/kg, 0,0457 mg/kg \pm 0,0034 mg/kg e 0,0380 mg/kg \pm 0,0014 mg/kg, respectivamente. De acordo com os resultados encontrados, todas as amostras analisadas encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação, sendo consideradas seguras para o consumo humano.

Palavras-chave: atum ralado; espectrometria de absorção atômica por vapor a frio; bioacumulação; saúde; metal pesado.

EVALUATION OF CONTAMINATION BY MERCURY IN CANNED TUNA AND ITS IMPLICATIONS

Abstract: Canned tuna is a very common food in the human diet, and evaluating the levels of trace elements such as mercury is essential. This element in its organic form is considered extremely toxic and has bioaccumulation properties, which can cause neurological problems, fever, tremors, digestive problems and possible death, depending on the concentration. This work aimed to analyze the concentration of mercury in samples of canned tuna from different brands, considering the implications of the presence of this component in food for human health. The sampling was carried out in supermarkets in the Campinas region, in the interior of São Paulo. Grated

*Faculdade de Tecnologia de Campinas:

giovana_soareess@yahoo.com, camila.pereira15@fatec.sp.gov.br

** Instituto Agrônômico (IAC): douglasdellaqua@yahoo.com.br

canned tuna was chosen for this study, based on sales distribution data that show that is the best-selling type, with 53% of consumer preference. The analysis was performed by the cold vapor atomic absorption spectrometry technique, using the US-EPA 7471 method (adapted) and with microwave digestion, based on the US-EPA 3051 method. As a reference for the tolerance limits, the values established by the National Health Surveillance Agency (ANVISA), of 1 mg/kg for predatory fish, were used. The average results found for brands 1,2 and 3 were 0.0530 mg/kg \pm 0.0162 mg/kg, 0.0457 mg/kg \pm 0.0034 mg/kg and 0.0380 mg/kg \pm 0.0014 mg/kg, respectively. According to the results found, all samples analyzed are within the limits established by legislation, being considered safe for human consumption.

Keywords: grated tuna; cold vapor atomic absorption spectrometry; bioaccumulation; health; heavy metal.

INTRODUÇÃO

O mercúrio (Hg) é um metal com características toxicológicas que deve ser tratado com muita atenção, por possuir propriedades bioacumulativas e biomagnificativas. Ele pode entrar na cadeia alimentar do homem de diversas maneiras, tendo como principal fonte, o pescado. Por possuir uma longa meia-vida (640 dias a 1200 dias), são encontradas concentrações de mercúrio em peixes carnívoros maiores, pois à medida que avança na cadeia trófica, passa a se acumular no nível trófico mais elevado (YALLOUZ; CAMPOS; LOUZADA, 2001).

O atum, um dos principais alimentos na nutrição humana, é um peixe de águas oceânicas com grande habilidade natatória, por realizar longas migrações durante seu ciclo de vida, pode estar suscetível ao mercúrio ao atravessar regiões contaminadas, seja naturalmente ou por atividades antrópicas. Dessa maneira, este elemento bioacumula nos tecidos do peixe e pode ser passado através da cadeia alimentar. Esta contaminação pode aumentar até chegar ao homem (YALLOUZ; CAMPOS; LOUZADA, 2001; VIEIRA, *et al.*, 2016).

O metilmercúrio (MeHg) é a forma mais tóxica do mercúrio e a ingestão de peixes e frutos do mar contaminados é a maneira mais rápida de exposição. Uma das propriedades do metilmercúrio é a de se ligar com proteínas celulares, aumentando sua meia-vida e bioacumulando nas cadeias tróficas (NICKLISCH, *et al.*, 2017). Pode ainda, afetar principalmente o sistema nervoso central e prejudicar o desenvolvimento deste em fetos. Também é classificado como agente cancerígeno em potencial,

afetando o sistema gastrointestinal e funções renais (SEVILLANO-MORALES, *et al.*, 2015).

Diante do exposto, é de extrema importância o controle da concentração de mercúrio nos alimentos, pois o mesmo pode causar sérios danos à saúde humana (NICKLISCH, *et al.*, 2017). Assim, o presente trabalho teve por objetivos determinar a concentração deste metal em amostras de atum enlatado ralado e estudar seus prejuízos para a saúde humana.

REVISÃO DA LITERATURA

Mercúrio

Desde a Grécia antiga, o mercúrio é manipulado e empregado à diversos fins industriais, artísticos e medicinais. Por esse motivo, este elemento foi e continua sendo muito estudado por cientistas. Este metal, possui reatividade relativamente baixa e é classificado como um contaminante prioritário por conta da toxicidade, mobilidade, potencial de bioacumulação e por exibir ciclos biogeoquímicos complexos (ROOS, 2011, PETRANICH *et al.*, 2017).

O Hg pode ser encontrado em diversos compostos químicos. Na natureza está presente em sua grande maioria, na forma de mineral de cinábrio (HgS), em regiões associadas a atividades vulcânicas. Seus produtos de mercúrio solubilizados possuem a capacidade de se ligar com outros elementos como oxigênio, enxofre e cloro, formando mercúrio inorgânico (Hg⁺) e sais de mercúrio (Hg²⁺), que sofrem transformações oxidativas e conversões para formas orgânicas por processos antropogênicos ou por atividades microbianas (ROOS, 2011; GONZALEZ-RAYMAT *et al.*, 2017; BARKAY; MILLER; SUMMERS, 2003; ABASS *et al.*, 2018).

Grande parte dos contaminantes de mercúrio em sua forma inorgânica é de origem antropogênica, principalmente de rejeitos industriais. Os principais sais encontrados são fulminato (Hg(CNO)₂) utilizado como detonante, e seus resíduos têm grande potencial corrosivo e tóxico; cloreto de mercúrio I (Hg₂Cl₂), utilizado no passado como purgante, diurético e anti-helmintico; cloreto de mercúrio II (HgCl₂), utilizado como desinfetante e medicamento, e sulfeto de mercúrio (HgS), utilizado na área de ortodontia (ROOS, 2011).

O metilmercúrio, forma orgânica do Hg, é uma das espécies deste elemento que merece mais atenção. Presente na subclasse dos alquilmercúrios de cadeia curta, onde o grupo metil está ligado ao átomo de carbono, configura-se como a forma mais tóxica, podendo ser altamente biomagnificado na cadeia alimentar.

No passado esse composto era usado como fungicida, mas atualmente é proibido, devido aos seus malefícios, seja pela exposição do meio ambiente ou pelo acúmulo em alimentos como peixes e frutos do mar. Estes últimos são considerados as principais fontes de MeHg na dieta humana (GONZALEZ-RAYMAT *et al.*, 2017; PETRANICH *et al.*, 2017; COZZOLINO, 2012).

Uma vez na cadeia trófica, o MeHg é biogmanificado e bioacumulado com rapidez, enquanto que a eliminação ocorre vagarosamente (meia vida de 70 dias a 84 dias). Devido a este fenômeno, peixes carnívoros (predadores, situados no topo da cadeia alimentar) possuem maiores concentrações de MeHg acumulados nos tecidos e órgãos (ESTRELA; ROHLFS, 2012; ABASS *et al.*, 2018; GONZALEZ-RAYMAT *et al.*, 2017; ROOS, 2011).

Outro fator importante para a bioacumulação e conseqüente toxicidade, é o ânion de ligação. Quando possuem sulfato (SO_4^{2-}) ou nitrato (NO_3^-) ligados ao MeHg, os compostos organomercuriais possuem maior solubilidade em água. Em contrapartida, na forma de cloreto apresentam maior lipossolubilidade. Nestes casos, por apresentarem características lipossolúveis, são bem absorvidos por membranas biológicas em geral e nos tratos digestivos das cadeias tróficas. Esses processos colaboram para a permanência e o transporte do metal em meio aquático (ESTRELA; ROHLFS, 2012).

Para o mercúrio elementar se tornar MeHg no ambiente aquático ocorrem diversas reações de oxirredução. A metilação pode ocorrer por vias bióticas ou abióticas. Em sentido contrário, o metilmercúrio pode ser degradado (desmetilado) de maneira redutora para metano (CH_4) e Hg^0 (elementar) (BARKAY; MILLER; SUMMERS, 2003) ou oxidado por bactérias anaeróbias. Neste último caso, tem-se que o Hg^{2+} é o possível produto, sendo, em seguida, um substrato para a remetilação (BARKAY; MILLER; SUMMERS, 2003).

Comportamento do Hg no corpo humano

A partir dos alimentos, a absorção gastrointestinal dos compostos inorgânicos de Hg é menor que 7 % nos homens, já a absorção de MeHg é da ordem de 90 % a 95 % (COZZOLINO, 2012).

O vapor de metilmercúrio, se inalado, é absorvido pelos pulmões e transportado através do sangue, aglomerando-se principalmente nos rins, podendo também afetar o sistema nervoso central. Os sintomas apresentados são: tosse, fadiga, febre, tremores, distúrbios digestivos e nervosos. As taxas de absorção estimadas são em torno de 80 % (ESTRELA; ROHLFS, 2012; COZZOLINO, 2012).

A ingestão de alimentos contaminados por MeHg pode causar intoxicação aguda, variando entre sintomas leves a letais. Além disso, também pode ocorrer um quadro de intoxicação crônica. Porém, os efeitos não são imediatos, quanto maior o nível de exposição, mais rápido os efeitos se apresentarão no organismo humano (YALLOUZ; CAMPOS; LOUZADA, 2001).

A elevada afinidade que o MeHg possui pelo grupo sulfidril presente nas proteínas é a propriedade química mais importante que explica parte dos danos biológicos, causando inativação enzimática, desestruturação em proteínas e intervindo nas funções metabólicas celulares (ESTRELA; ROHLFS, 2012). O MeHg está sobretudo ligado às proteínas do plasma e é transportado pelas paredes celulares. No sangue, o metal acumula-se (~90 %) nas células vermelhas e é distribuído para o organismo (COZZOLINO, 2012).

O MeHg presente no corpo humano, após um período prolongado, é desmetilado para mercúrio (ABASS *et al.*, 2018). Todas as formas deste elemento podem atravessar a placenta e atingir fetos em gestantes. Estudos mostraram que as concentrações no feto, após a exposição aos compostos alquilmercúrio, são duas vezes maiores do que as concentrações encontradas nos tecidos maternos. Apenas 5 % da concentração materna de mercúrio está no leite materno, porém a exposição neonatal ao mercúrio pode aumentar pela amamentação no peito. O retardo psicomotor é um efeito grave na exposição pré-natal. Além disso, ao nascimento pode ocorrer maior incidência de danos, como paralisia cerebral, distúrbios mentais, retardamento do desenvolvimento de várias funções psicomotoras, convulsões,

cegueira e má-formação interna e externa dos ouvidos (COZZOLINO, 2012; YALLOUZ; CAMPOS; LOUZADA, 2001).

As principais vias de eliminação do metilmercúrio são: fígado (bile) e rim (urina). A maioria do MeHg excretado pela bile é absorvido pelo intestino, sendo a maior rota de eliminação pelas fezes. Cerca de 90 % do metal são excretados de forma iônica pelas fezes, seguidamente de exposição aguda ou crônica. A excreção pode variar de acordo com a forma, dose e tempo de exposição (COZZOLINO, 2012; ABASS *et al.*, 2018).

O diagnóstico da intoxicação mercurial é dificultado por apresentar sintomas e sinais similares a outras doenças. Um procedimento essencial é o acompanhamento dos níveis de Hg na urina de pessoas expostas afim de acessar os riscos da intoxicação pelo metal (ESTRELA; ROHLFS, 2012; ROOS, 2011).

Legislação

A Organização Mundial da Saúde (OMS), com uma revisão realizada em 2007, estabeleceu a ingestão tolerável de metilmercúrio de $1,6 \times 10^{-3}$ mg/kg. E em relação ao mercúrio total, em 2011 a OMS estabeleceu 4×10^{-3} mg/kg de ingestão semanal tolerável. Alguns autores consideram também o limite de tolerância de mercúrio estabelecido pela *Food and Agriculture Organization of the United Nation* (FAO), que é menor, de 1 mg/kg (RAHMANIA, *et al.* 2018; OKYERE; VOEGBORLO; AGORKU, 2015).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de acordo com a resolução de número 42 realizada em 2013, determinou o limite máximo de mercúrio considerado em qualquer alimento de 0,05 mg/kg, para peixes não predadores 0,50 mg/kg e para peixes predadores 1,0 mg/kg (BRASIL, 2013).

Atum

Uma das pescas mais importantes do mundo é a do atum. Seus produtos tornaram-se profundamente populares e são negociados e vendidos dentro de uma cadeia de valor mundial (GARCÍA-DEL-HOYO; JIMÉNEZ-TORIBIO; GUILLOTREAU, 2017). A indústria de processamento de pescado no Brasil, passa por uma ampliação

nos mercados de atuns, com várias opções de tempero e formas de venda, para agradar diferentes gostos (MINOZZO; HARACEMIV; WASZCZYNSKYJ, 2008).

O consumo de peixes é demasiadamente recomendado devido ao baixo teor de gorduras se comparado à carne vermelha e alimentos embutidos, além de ser fonte de proteínas ricas em aminoácidos fundamentais, macro e micro-elementos como cálcio (Ca), flúor (F) e fósforo (P), vitaminas, fontes de energia e ácidos graxos insaturados primordiais (ômega 3) (NIEKRASZEWICZ, 2010).

A produção e o consumo de peixes no Brasil aumentam a cada ano. De acordo com o IBGE, o Brasil produz em média 483 mil toneladas de peixe, sendo o consumo médio de pescado por habitante/ano de 14,4 kg. Este valor está, inclusive, acima do valor recomendado pela FAO que é de 12 kg por habitante a cada ano (BRASIL, 2017).

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras utilizadas neste estudo foram obtidas em diferentes supermercados na cidade de Campinas (estado de São Paulo, Brasil), no mês de agosto de 2018. Adquiriu-se 3 diferentes lotes de conservas de atum ralado de cada uma das três marcas diferentes, conservadas em água, resultando-se no total de 09 amostras. A amostragem teve como objetivo obter diferentes lotes de fabricação e analisar uma marca como um todo, não somente um lote específico. Quando tal não se encontrava especificado, optou-se por datas de fabricação diferentes.

Realizou-se o experimento com amostras *in natura* e, previamente as análises, procedeu-se a homogeneização das amostras no próprio recipiente comercializado e retirou-se uma alíquota que foi mantida em refrigeração.

Para análise, pesou-se cerca de 0,5g das amostras homogeneizadas e a digestão foi realizada em micro-ondas, pelo método US-EPA 3051 de 2007, utilizando água régia invertida, na proporção de 3:9 (v/v) de ácido clorídrico e ácido nítrico (HCl/HNO₃). Após o resfriamento, os extratos obtidos pela digestão foram filtrados (filtro quantitativo faixa azul “filtração lenta”, 80g/m², 2µm) em um balão de 50mL.

Como controle de qualidade, o método analítico foi avaliado por determinações através de um padrão MRC de mercúrio com diluições nas concentrações de: 0 µg/L;

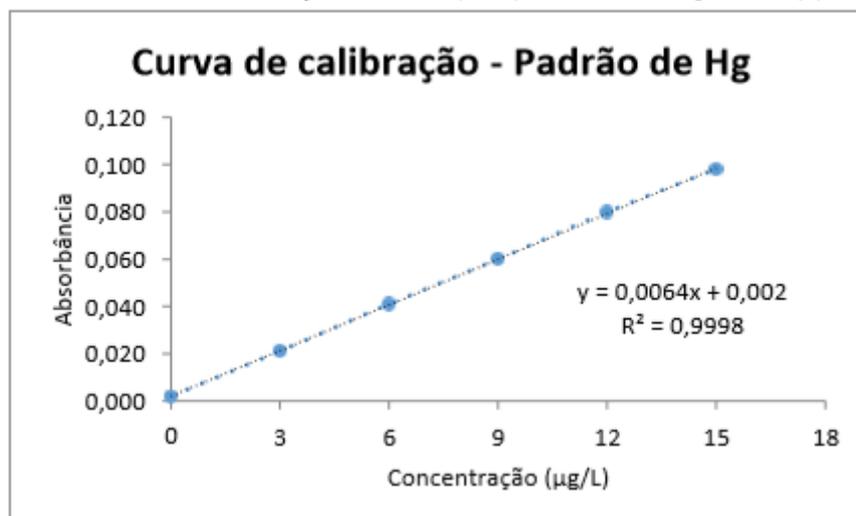
3,0 µg/L; 6,0 µg/L; 9,0 µg/L; 12,0 µg/L e 15,0 µg/L e posterior construção da curva analítica. Utilizou-se a regressão linear simples para medir a incerteza.

A determinação e quantificação dos teores totais de mercúrio foi realizada através do método US-EPA 7471B de 1998 pelo espectrofotômetro de absorção atômica (Thermo série M), com vapor a frio (marca Thermo e modelo VP100), no comprimento de onda de 253,7 nm. O limite de detecção (LD) para este método é de 0,2 µg/L e o limite de quantificação (LQ) é de 0,02 mg/Kg.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Previamente as análises das amostras, foi construída uma curva de calibração com o padrão de Hg (MRC) e suas respectivas diluições. A curva obtida se mostrou linear, com coeficiente de correlação de 0,9998, indicando que o modelo consegue explicar bem os valores observados (Figura 1).

Figura 1 – Curva de calibração obtida por padrão de Hg 1000 ppm (MRC)



Fonte: Próprio autor.

Com os resultados do padrão na curva de calibração apresentada acima, pode-se calcular os resultados das amostras de atum enlatado. As concentrações de mercúrio total encontradas nesse estudo estão listadas na Tabela 1.

De maneira geral, as marcas 1, 2 e 3 apresentaram resultado sem muita discrepância entre as réplicas e desvio padrão relativamente pequeno. Na marca 1, ocorreu a maior variação entre as amostras analisadas, com concentrações variando

entre 0,0315 mg/kg – 0,0706 mg/kg e conseqüentemente, apresentou o maior desvio padrão entre elas ($\pm 0,0162$).

A marca número 2, apresentou a segunda maior variação nos valores de concentração entre as réplicas e portanto, o segundo maior desvio padrão ($\pm 0,0034$). Porém, essas discrepâncias observadas em suas réplicas apresentaram diferença apenas na terceira casa decimal, mostrando que este desvio é muito pequeno.

Tabela 1 – Concentrações de mercúrio em três diferentes marcas de atum enlatado comercializadas na região de Campinas – SP.

Amostra in Natura	Massa (g)	Leitura ($\mu\text{g/L}$)	Resultado (mg/kg)	Média dos resultados (mg/kg)	Desvio Padrão
1 A	0,5080	0,3197	0,0315	0,0530	0,0162
1 B	0,5094	0,7188	0,0706		
1 C	0,4966	0,5668	0,0571		
2 A	0,5105	0,4834	0,0473	0,0457	0,0034
2 B	0,4920	0,4810	0,0489		
2 C	0,5071	0,4150	0,0409		
3 A	0,4957	0,3579	0,0361	0,0380	0,0014
3 B	0,5012	0,3873	0,0386		
3 C	0,5023	0,3952	0,0393		

Fonte: Próprio autor.

Apesar da amostragem ser feita em latas adquiridas em supermercados variados e com data de fabricação e lote diferentes, nota-se na Tabela 1 que a marca 3 mostrou-se sem diferença significativa no resultado de concentração das réplicas. Uma explicação para essa pouca variação, pode ser o controle de fabricação e qualidade rigoroso na empresa, resultando em lotes similares em relação a concentração dos compostos analisados.

As variáveis em amostras de atum industrializado são a marca, embalagem, tipo de conserva, data de fabricação, as espécies enlatadas, a época e local em que é realizada a pesca, além do tamanho e a idade do atum, conforme citado por Storelli; Stuffer; Marcotrigiano (2002) em seu trabalho, sobre a correlação entre tamanho, idade e concentração de mercúrio para a espécie *Thunnus thynnus*.

A heterogeneidade da amostra, devido as diferentes partes do peixe que podem estar contidas na lata também pode ser uma variável, ou seja, até mesmo partes do atum que em uma mesma lata podem ser inconstantes e apresentar diferenças nas concentrações do metal analisado. De acordo com Medeiros *et al.* (2008), a distribuição do Hg no atum não é uniforme e apresenta ampla dispersão no

fígado, brânquias, baço e tecido muscular, sendo esse último com concentração maior. Segundo Viera *et al.* (2016), até mesmo diferenças entre os tipos de músculo podem ser observadas, como músculos claro e escuros do peixe apresentaram variações da concentração deste metal, diferenças estas comprovadas também no estudo de Yamashita; Omura; Okazaki *et al.* (2005).

De acordo com a OMS, a ingestão tolerável semanal de mercúrio total é de 0,004 mg/kg e para metilmercúrio, de 0,0016 mg/kg. A fim de avaliar se o consumo semanal está dentro do indicado pela OMS, realizou-se um estudo utilizando a concentração média de mercúrio (assumindo que 100 % seja metilmercúrio), pois é a espécie que causa maiores danos à saúde, seguindo a mesma base de raciocínio de Storelli *et al.* (2010).

Considerando-se o consumo aproximado de 12 g de atum enlatado por semana, segundo dados da Folha de São Paulo (2015), a ingestão semanal de metilmercúrio calculada seria de $6,36 \times 10^{-4}$ mg/kg na marca número 1, $5,484 \times 10^{-4}$ mg/kg na marca 2 e $4,56 \times 10^{-4}$ mg/kg na marca 3. Assim, observa-se que os resultados obtidos ficaram muito abaixo do estabelecido para a ingestão de metilmercúrio, como também ocorreu na pesquisa de Storelli *et al.* (2010).

No Brasil, a ANVISA, estabelece o limite máximo de mercúrio em peixes predadores como 1mg/kg. Se observamos os resultados na Tabela 1, é possível verificar que todas as concentrações obtidas, nas três diferentes marcas, não ultrapassam esse limite.

Outros autores, como Rahmania *et al.* (2018), levam em consideração o limite determinado para mercúrio estabelecido pela FAO de 1 mg/kg. No estudo realizado por Rahmania *et al.* (2018), com amostras de atum enlatado de diferentes locais do mundo, através de uma revisão da bibliográfica, obteve-se um resultado médio de 0,11 mg/kg, que também ficou abaixo do limite de tolerância, tanto para os critérios da FAO quanto da ANVISA. A mesma conclusão foi obtida por Okyere; Voegborlo; Agorku (2015), que constataram as concentrações médias de mercúrio nas amostras de atum enlatado da África Ocidental de $0,16 \text{ mg/kg} \pm 0,03 \text{ mg/kg}$. Adicionalmente, os resultados obtidos por este trabalho, considerando a média das três marcas analisadas, foram menores do que os obtidos no estudo dos autores citados acima, porém todos encontram-se abaixo do limite estabelecido pela FAO e ANVISA.

Levando em consideração o aumento nos últimos anos do consumo de atum fresco no Brasil, presente em pratos como o sushi e sashimi, realizou-se pesquisas na literatura, a fim de comparar os resultados obtidos neste estudo e os resultados da concentração de mercúrio em atum fresco. Os artigos encontrados mostram resultados diferentes para cada parte do peixe. Para fins comparativos, adotou-se os valores da concentração de mercúrio obtidos no músculo, pois além de ser a principal parte contida na lata de atum, Yallouz; Campos; Louzada (2001) e Medeiros *et al.* (2008) revelaram que a musculatura dos peixes apresenta concentrações mais elevadas de mercúrio.

Medeiros *et al.* (2008), Morgano; Milani; Perrone (2015) determinaram em seus estudos, concentrações de mercúrio em atum fresco, com resultados de 0,080 mg/kg \pm 0,050 mg/kg e 0,279 mg/kg, respectivamente, novamente abaixo do previsto pela legislação brasileira. Porém em outros trabalhos também realizados com amostras de atum fresco, como de Bosch *et al.* (2015) e Paiva *et al.* (2017), alguns resultados apresentaram-se acima do tolerável, sendo 0,45 mg/kg a 1,52 mg/kg (28,6%) e 0,261 mg/kg a 1,395 mg/kg, respectivamente. Os resultados podem ser explicados de forma hipotética, levando-se em consideração somente o músculo do peixe, que como já citado acima, é onde existe maior concentração do metal e como o atum enlatado é realizado em escala industrial, há um controle de qualidade para verificar possíveis contaminações.

De acordo com os resultados obtidos, todas as amostras analisadas neste estudo são seguras para o consumo humano. Considerando os trabalhos citados, as amostras enlatadas, em geral, mostraram-se ter um controle de qualidade por apresentarem resultados aceitáveis pela legislação brasileira. É de extrema importância controlar a presença de mercúrio no atum para evitar possíveis malefícios à saúde, principalmente em amostras de atum fresco, pois como citado anteriormente, outros estudos mostraram resultados acima do permitido pela ANVISA e FAO.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de análise de mercúrio total utilizado neste trabalho mostrou-se adequado ao objetivo, em relação a determinar os teores do metal nas amostras de atum enlatado, pois seus limites de detecção e quantificação foram suficientemente

bons para detectar pequenas concentrações. Uma sugestão para otimizar e melhorar ainda mais essa determinação, seria a utilização de amalgamento, que consiste em concentrar os átomos de mercúrio antes da detecção para se obter melhor leitura em concentrações muito baixas. Porém, a desvantagem seria ter um método de maior custo financeiro daquele que foi realizado.

A partir dos resultados obtidos nesse estudo pode-se afirmar que as amostras de atum enlatado conservado em água (ao natural), de todas as marcas analisadas, são seguras para o consumo humano, em relação ao teor de mercúrio total. Metal este que poderia causar intoxicação grave se estivesse presente nesse alimento que é popularmente consumido, mesmo em concentrações baixas.

Esse fato pode ser assegurado uma vez que tanto os resultados obtidos neste estudo quanto aqueles apresentados em estudos similares por outros autores para atum em lata, mostraram-se dentro do limite de tolerância determinados pela agência brasileira, a ANVISA, de 1 mg/Kg e pela organização internacional FAO (1mg/kg). Em contrapartida, resultados apresentados em outros trabalhos merecem atenção, pois há casos em que estes excederam o limite determinado por tais órgãos responsáveis.

Vale ressaltar que o monitoramento das espécies de atum e de outros peixes predadores que são consumidos em larga escala, é de extrema importância para garantir a qualidade desses e dos seus subprodutos, objetivando manter a segurança à saúde pública.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Flávia Vosgrau De Negri Tozzi do Instituto Brasileiro de Análises (IBRA) e ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) pelo auxílio com as análises em espectrofotometria de absorção atômica, possibilitando a execução deste projeto.

REFERÊNCIAS

ABASS, K. *et al.* **Quantitative estimation of mercury intake by toxicokinetic modelling based on total mercury levels in humans.** Environment international, v.114, p. 1-11, 2018.

- BARKAY, T.; MILLER, S. M.; SUMMERS, A. O. **Bacterial mercury resistance from atoms to ecosystems**. FEMS Microbiology Reviews, v. 27, p. 355-384, 2003.
- BOSCH, A.C. *et al.* **Mercury accumulation in Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) with regards to muscle type, muscle position and fish size**. Food Chemistry, v. 190, p. 351-356, 2015.
- BRASIL (2013). Ministério da Saúde – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Dispõe sobre o regulamento técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos**. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n. 42, de 29 de agosto de 2013.
- BRASIL (2017). **Produção de peixes no Brasil cresce com o apoio de pesquisas da Embrapa**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/01/producao-de-peixes-no-brasil-cresce-com-apoio-de-pesquisas-da-embrapa>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.
- COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 4ª. Barueri: Manole, 2012. 1334p.
- ESTRELA, M. A. A.; ROHLFS, D. B. **Mercúrio: implicações para a saúde e o meio ambiente**. 7ª MOSTRA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU DA PUC GOIÁS, v. 1, p. 1489-1506, 2012.
- GARCÍA-DEL-HOYO, J.J.; JIMÉNEZ-TORIBIO, R.; GUILLOTREAU, P. **A demand analysis of the Spanish canned tuna market**. Marine Policy, v. 86, p. 127-133, 2017.
- GONZALEZ-RAYMAT, H. *et al.* **Elemental Mercury: Its unique properties affect its behavior and fate in the environment**. Environmental Pollution, v. 229, p. 69-86, 2017.
- MEDEIROS, R.J. *et al.* **Distribuição do metal mercúrio em atum (*Thunnus albacares*) e pescada bicuda (*Cynoscion microlepidotus*) capturados no litoral do Rio de Janeiro, Brasil**. Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec, v. 60, p. 656-662, 2008.

- MINOZZO, M.G.; HARACEMIV, S.M.C; WASZCZYNSKYJ, N. **Perfil dos consumidores de pescado nas cidades de São Paulo (SP), Toledo (PR) e Curitiba (PR) no Brasil.** Revista da SPCNA, v. 14, n. 3, p. 133-140, 2008.
- MORGANO, M.A.; MILANI, R.F.; PERRONE, A.A.M. **Determination of total mercury in sushi samples employing direct mercury analyzer.** Springer Science - Food Anal. Methods, v. 8, p. 2301-2307, 2015.
- NICKLISCH, S.C.T. *et al.* **Mercury levels of yellowfin tuna (thunnus albacares) are associated with capture location.** Environmental Pollution, v. 229, p. 87-93, 2017.
- NIEKRASZEWICZ, L. A. B. **Embalagens metálicas e alimentos: O caso do atum enlatado.** 2010. 65p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal Do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2010.
- OKYERE, H.; VOEGBORLO, R. B.; AGORKU, S. E. **Human exposure to mercury, lead and cadmium through consumption of canned mackerel, tuna, pilchard and sardine.** Food Chemistry, v. 179, p. 331-335, 2015.
- PAIVA, E.L. *et al.* **Methylmercury in fish used in preparing sashimi: a case study in Brazil.** Food Control, 2017.
- PETRANICH, E. *et al.* **Evaluation of Mercury biochemical cycling at the sediment-water interface in anthropogenically modified lagoon environments.** Journal of Environmental Sciences, 2017.
- PINTO, A. E. S. **Sardinha avança entre consumidor mais rico; atum, entre mais pobres.** Folha de São Paulo. 2016. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/09/1813685-sardinha-avancaentreconsumidor-mais-rico-atum-entre-mais-pobres.shtml>>. Acesso em: 28 de maio de 2018.
- RAHMANIA, J. *et al.* **A systematic review and meta-analysis of metal concentrations in canned tuna fish in Iran and human health risk assessment.** Food and Chemical Toxicology. v. 118, p. 753-765, 2018.

- ROOS, D. H. **Mecanismos de captação e toxicidade do metilmercúrio: Envolvimento do sistema glutamatérgico e do cálcio em fatias e mitocôndrias de ratos.** 2011. 77p. Tese (Doutorado em Bioquímica Toxicológica) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2011.
- SEVILLANO-MORALES, J.S. *et al.* **Risk profile of methylmercury in seafood.** *Current Opinion in Food Science*, v. 6, p. 53-60, 2015.
- STORELLI, M.M.; STUFFLER, R.G.; MARCOTRIGIANO, G.O. **Total and methylmercury residues in tuna-fish from the Mediterranean Sea.** *Food Add. Contam.* v. 19, p. 715-720, 2002.
- STORELLI, M.M. *et al.* **Occurrence of toxic metals (Hg, Cd and Pb) in fresh and canned tuna: Public health implications.** *Food and Chemical Toxicology*, v. 48, p. 3167-3170, 2010.
- USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Test methods for evaluating solid waste: physical/chemical methods.** 3 ed. Washington, DC: U.S. EPA, 2007. (SW846, Method 3051).
- USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Mercury in solid or semisolid waste (manual cold-vapor technique).** 2 rev.: U.S. EPA, 1998. (SW-846, Method 7471b).
- VIEIRA, H.C. *et al.* **Mercury content in the white and dark muscle of Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) along the canning process: Implications to the consumers.** *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 56, p. 67-72, 2016.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2007). **Evaluations of the FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA).** Disponível em: <http://apps.who.int/foodadditives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=3083>. Acesso em: 28 de maio de 2018.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2011). **Evaluations of the FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA).** Disponível em: <http://apps.who.int/foodadditives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=1806>. Acesso em: 28 de maio de 2018.

YALLOUZ, A.; CAMPOS, R.C.; LOUZADA, A. **Níveis de mercúrio em atum sólido enlatado comercializado na cidade do Rio de Janeiro.** Ciênc. Tecnol. Aliment, v. 1, p. 1-4, 2001.

YAMASHITA, Y.; OMURA, Y.; OKAZAKI, E. **Total mercury and methylmercury levels in commercially important fishes in Japan.** Fisheries science. v. 71, p. 1029-1035, 2005.