



Ciência e Tecnologia de Alimentos

ISSN: 0101-2061

revista@sbcta.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência e
Tecnologia de Alimentos
Brasil

Tondella DANTAS, Sílvia; Segantini SARON, Elisabete; Balardin Hellmeister DANTAS, Fiorella; YAMASHITA, Daniela Mary; Massaharu KIYATAKA, Paulo Henrique
Determinação da dissolução de alumínio durante cozimento de alimentos em panelas de alumínio

Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 27, núm. 2, abril-junio, 2007, pp. 291-297
Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940082014>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Determinação da dissolução de alumínio durante cozimento de alimentos em panelas de alumínio

Determining aluminum dissolution when cooking food in aluminium cans

Sílvia Tondella DANTAS^{1*}, Elisabete Segantini SARON¹, Fiorella Balardin Hellmeister DANTAS¹, Daniela Mary YAMASHITA¹, Paulo Henrique Massaharu KIYATAKA¹

Resumo

Embora os estudos mais recentes não confirmem a correlação entre a presença do alumínio no organismo humano e o Mal de Alzheimer, com frequência esse assunto é trazido à tona. O presente trabalho foi realizado de forma a avaliar a ocorrência de migração significativa de alumínio proveniente de utensílios domésticos, durante o preparo de alimentos. Foram estudados sete tipos de alimentos com preparos diferenciados e três tipos de panela (caçarola, de pressão e frigideira), nas versões sem e com revestimento (Teflon). A análise do metal foi realizada em espectrômetro de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado. Os resultados demonstraram transferência desprezível do Al para alguns alimentos, sendo que a maior transferência ocorreu no preparo de molho de tomate (baixo valor de pH), na panela sem revestimento. Um cardápio preparado com todos esses alimentos para as duas refeições diárias, mostrou que a massa de Al incorporada pelo alimento corresponde a 2% do limite de ingestão diária de Al (1 mg.kg⁻¹ de peso corporal/dia), considerando-se um indivíduo de 60 kg. Assim, conclui-se que o uso de panelas de alumínio no preparo de alimentos praticamente não interfere na ingestão total do elemento para o ser humano.

Palavras-chave: panelas de alumínio; alimentos; migração de alumínio; cozimento.

Abstract

Aluminum is associated with neurological diseases, such as Alzheimer by some authors. Although this has never been confirmed, there is evidence of an accumulation in kidneys of people with renal problems. This present work was carried out to address this subject by evaluating the occurrence of significant aluminum migration from cooking utensils during food preparation. Eight types of food cooked in different ways and three distinct types of pans (a saucepan, pressure cooker and frying pan), with and without teflon coating, were evaluated. The metal analysis was conducted in an Optical Emission Spectrometer with Inductively Coupled Plasma. The results showed insignificant transference of aluminum in some food products. The main transference occurred when tomato sauce was prepared, which has a low pH, in the pan without teflon coating. The menu prepared with all the foods for two meals in a day showed that the aluminum mass incorporated by the food corresponded to 2% of the daily consumption limit of aluminum for a 60 kg person (1 mg.kg⁻¹ of body weight per day). Thus, the use of aluminum pans in food cooking practically does not interfere in the total consumption of aluminum allowed for people.

Keywords: aluminum cooking utensils; foods; aluminum migration; cooking.

1 Introdução

Várias são as possibilidades de ingresso do alumínio no ser humano por via digestiva: alimentos, aditivos para alimentos contendo alta concentração de Al, ingestão de antiácidos e outros medicamentos contendo hidróxido de alumínio e ainda água potável. Suspeitas são levantadas, através de vários estudos, de que as panelas e embalagens de alumínio possam se constituir também em fonte significativa de alumínio. Segundo LÓPEZ¹², a ingestão média de alumínio corresponde a cerca de 30 mg por dia; nos EUA, dados apresentados pela FDA em 1995 estimam que a exposição na dieta de mulheres adultas é de 7 mg.dia⁻¹ e em homens de 8 a 9 mg.dia⁻¹ ². Segundo a Organização Mundial de Saúde²⁰, a ingestão diária de alumínio em adultos varia entre os diferentes países, sendo de 1,9 a 2,4 mg na Austrália, de 3,9 mg no Reino Unido, de 6,7 mg na Finlândia e de 8 a 11 mg na Alemanha. Em crianças entre 5 e 8 anos, a mesma referência cita ingestão de 0,8 mg.dia⁻¹ na Alemanha e de 6,5 mg.dia⁻¹ nos EUA.

O alumínio é facilmente eliminado pelo organismo, mas quando absorvido, é distribuído principalmente nos ossos, fígado, rins e cérebro. Em mamíferos, a absorção gastrointestinal de alumínio é baixa devido à conversão de sais de Al em fosfato de alumínio, que é insolúvel no aparelho digestivo. Isso pode ocorrer a partir de mudanças no pH e presença de fosfato na dieta⁴. Vale salientar, portanto, que a sua biodisponibilidade é diretamente dependente da sua forma química.

A concentração natural de alumínio nos alimentos geralmente é baixa, da ordem de 5 mg.kg⁻¹, embora alguns aditivos contenham altas concentrações desse elemento, aumentando, portanto, o teor final no produto processado. Vegetais e saladas contêm cerca de 5 a 10 mg.kg⁻¹, enquanto alguns condimentos desidratados e folhas de chá apresentam teores de dezenas ou centenas de ppm de alumínio¹¹.

O alumínio foi considerado um elemento isento de risco para o ser humano por muito tempo; entretanto, a partir da década de 70, as referências de alguns autores, relacionando-o a doenças, motivaram sua avaliação toxicológica¹¹.

Alguns autores relacionam o elemento à doença de Alzheimer e a outros tipos de escleroses, já que nos pacientes com a doença foi detectado o aumento da concentração de alumínio no cérebro, músculos e ossos⁴. Na década de 80, alguns pesquisadores encontraram níveis elevados de elementos como

Recebido para publicação em 14/6/2006

Aceito para publicação em 23/4/2007 (001756)

¹ Centro de Tecnologia de Embalagem – CETEA,

Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL,

Av. Brasil, 2880, Jd. Chapadão, CEP 13070-178, Campinas - SP, Brasil,

E-mail: silviatd@ital.sp.gov.br

*A quem a correspondência deve ser enviada

alumínio, mercúrio, chumbo, bromo e ferro no cérebro de pacientes que faleceram em função do Mal de Alzheimer, mas a relação entre esses fatores não foi confirmada por outros autores, e além disso, existe a hipótese de que o acúmulo dessas substâncias seja consequência e não causa da doença. Algumas teorias tentam explicar a causa do Mal de Alzheimer em idosos baseando-se na genética, na auto-imunidade e em outros fatores².

Por outro lado, a ingestão de medicamentos contendo hidróxido de alumínio e de outras fontes agrava a saúde de pacientes renais crônicos, devido à sua dificuldade em eliminá-lo⁴. Nesses casos a sua ingestão por qualquer tipo de fonte deve ser evitada, ou seja, deve ser utilizada a prescrição médica relativamente à dieta a ser seguida.

Em 1989 a FAO/WHO apresentou um relatório, elaborado pelo Comitê de Especialistas em Aditivos de Alimentos, recomendando o estabelecimento de limite máximo provisorio para a ingestão semanal de alumínio (PTWI – *Provisional Tolerable Weekly Intake*) para humanos, correspondente a 7 mg de alumínio por kg de massa corporal⁶, limite esse mantido até o momento.

A contribuição do cozimento de alimentos em panelas de alumínio na dissolução e transferência desse elemento para a dieta humana tem sido avaliada por vários autores^{15,13,5,9,7}. Vários são os fatores que podem influenciar no aumento da dissolução do elemento da panela para o alimento, como o pH do alimento, o tempo de uso do utensílio, o tempo de cozimento, a presença de sal ou açúcar, etc. Embora alguns dados se diferenciem, em geral, a migração de alumínio é importante em alimentos ácidos e em casos de tempo de cozimento muito prolongado¹¹. LIUKKONEN-LILJA e PIEPPONEN¹¹ avaliaram a dissolução de alumínio em água e concluíram que, quando em ebulição, esta dissolve mais alumínio em utensílios novos do que em usados. Entretanto, depois de certo tempo de aquecimento, o teor de alumínio obtido em ambas as panelas é equivalente.

Observa-se consenso em vários artigos^{5,7,9,11,15} quanto ao fato de que o cozimento de alimentos com baixo pH, por exemplo, molhos e sucos de tomate, em utensílios de alumínio, contribui significativamente para a dissolução do metal para o alimento. Pode-se dizer que este é o principal fator a ser considerado na questão da dissolução do elemento.

Dados sobre dissolução de Al em bebidas foram obtidos por SARON et al.¹⁷. Os autores estudaram a interação de bebidas carbonatadas com latas de alumínio, determinando a migração de Al para o líquido e caracterizando a embalagem, no que diz respeito à área de metal exposto em contato com o produto (medida da porosidade da camada de verniz aplicada internamente). Verificaram um bom desempenho desse tipo de embalagem para o acondicionamento de bebidas carbonatadas, sendo que os teores médios de Al encontrados foram inferiores a 1,0 µg.g⁻¹.

Uma vez que a ingestão de alumínio varia consideravelmente em função do tipo de dieta da população e de outros fatores, como as condições de cozimento e a própria qualidade da panela, o presente estudo foi realizado com o objetivo de

levantar dados sobre o potencial de dissolução do alumínio da panela durante o preparo de alimentos no Brasil, variando-se a forma de preparo, o tipo de alimento, o tipo de panela e o uso de revestimento.

2 Material e métodos

Foram estudados sete produtos alimentícios mais comuns na dieta da população brasileira, com o objetivo de medir a alteração na concentração de alumínio nos alimentos, em função de sua interação com panelas de alumínio durante o seu cozimento. Os seguintes produtos alimentícios foram avaliados: arroz, feijão, batata cozida, carne de panela (lagarto), bife (alcatra), macarrão e molho de tomate.

Cada alimento foi preparado em dois tipos de panela: de alumínio não fundido, sem revestimento interno – identificada como polida - e outra de alumínio não fundido, com revestimento interno antiaderente. Os tipos de peças utilizadas foram: tipo caçarola com tampa, panela de pressão ou frigideira, e a escolha foi definida conforme a prática comum de preparação dos alimentos.

As panelas utilizadas no estudo foram obtidas junto a dois produtores brasileiros, sendo que a coleta foi realizada diretamente no estoque das duas empresas, de forma a garantir a aleatoriedade da amostragem.

A Tabela 1 apresenta a descrição das panelas empregadas no estudo, sendo que de cada uma e, para cada variável de produto, foram utilizadas panelas identificadas como polidas (P) e panelas com revestimento interno antiaderente, identificadas como revestidas (R). Foram avaliadas duas unidades de cada tipo de panela (P e R) na preparação de todos os alimentos.

Tabela 1. Panelas utilizadas no cozimento dos diferentes alimentos.

| Produto | Diâmetro/capacidade | Tipo |
|-----------------|---------------------|------------|
| Arroz | 18 cm | Caçarola |
| Feijão | 4,5 L | Pressão |
| Batata cozida | 22 cm | Caçarola |
| Carne de panela | 4,5 L | Pressão |
| Bife | 22 cm | Frigideira |
| Macarrão | 22 cm | Caçarola |
| Molho de tomate | 24 cm | Caçarola |

Todas as panelas foram submetidas a uma utilização prévia, como tratamento preliminar recomendado pelo fabricante, por meio de cozimento de produto similar aos estudados, anteriormente ao preparo definitivo dos alimentos em consideração.

2.1 Definição da formulação e procedimento de preparo dos alimentos

Os procedimentos e os ingredientes usados no preparo dos alimentos seguiram a prática doméstica, conforme indicação no livro 365 RECEITAS RÁPIDAS¹. Para a carne cozida foi utilizada formulação apresentada em receitas promocionais pela Refinações de Milho Brasil¹⁶.

Foi utilizada água bidestilada em todos os processamentos de alimentos em que havia necessidade de adição de água, de forma a evitar qualquer possível interferência do tratamento da água nos resultados dos diferentes produtos. Todos os ingredientes da formulação foram pesados em balança de precisão Mettler, modelo PM 6100, com resolução de 0,01 g utilizando béqueres de vidro previamente limpos com solução de ácido nítrico a 30% (v.v⁻¹) em água bidestilada e enxágüe com água bidestilada, para garantia de inexistência de qualquer contaminação prévia de alumínio.

A quantidade final de cada produto foi determinada por meio da pesagem de cada panela, utilizando-se a mesma balança mencionada anteriormente, antes e após finalizado o preparo dos alimentos e seu resfriamento até a temperatura ambiente. Para os produtos batata, macarrão e carne de panela, foi conduzida uma drenagem do produto e pesagem feita separadamente do líquido de cocção e do produto.

2.2 Determinação da concentração de alumínio nos alimentos e matérias-primas

As amostras cozidas dos produtos macarrão, arroz e feijão foram trituradas e homogeneizadas com o auxílio de pistilo e almofariz de ágata, e os produtos bife, lagarto, molho de tomate e todas as amostras cruas, em um multiprocessador/liqüidificador marca Arno, modelo Triton.

O almofariz de ágata foi submetido a uma limpeza em relação à possível contaminação com alumínio por meio de lavagem com solução diluída de ácido nítrico e enxágüe com água bidestilada e o multiprocessador por lavagem com detergente e enxágüe com água bidestilada. A batata cozida foi homogeneizada com garfo de cozinha previamente submetido à lavagem com água bidestilada.

A preparação das amostras de arroz, feijão, bife, carne de panela (lagarto), batata e macarrão para a quantificação do alumínio foi realizada pelo método de calcinação por via seca, para obtenção de cinzas, enquanto o molho de tomate foi preparado por via úmida, por meio de digestão ácida.

No método por via seca, foram pesados 2,5 g dos produtos arroz, feijão, bife, lagarto, batata e macarrão em cápsulas de platina, utilizando-se uma balança analítica marca Mettler Toledo, modelo AT400, com resolução de 10⁻⁴ g. Posteriormente, as amostras foram secas em bico de Bunsen até a completa carbonização e calcinadas até a obtenção de cinzas em mufla marca Quimis, modelo Q318.25T, operando com temperatura de 400 °C. As cinzas foram solubilizadas a quente com 5 mL de HNO₃ concentrado e diluídas com solução de HCl a 5% em água bidestilada para um volume final de 50 mL⁷.

Na digestão ácida, aplicada ao molho de tomate, foram pesados 2,0 g de amostra na mesma balança analítica mencionada anteriormente. Posteriormente, a amostra foi digerida a quente com 5 mL de HNO₃ concentrado e diluída com solução de HCl a 5% (v.v⁻¹) em água bidestilada, para um volume final de 50 mL⁵.

Após o tratamento, o teor de alumínio foi quantificado por espectrometria de emissão atômica induzida por plasma,

utilizando-se um equipamento marca Perkin Elmer, modelo OPTIMA 2000DV, empregando-se curva de calibração apropriada para a análise. As condições de operação usadas nas medidas estão na Tabela 2.

Tabela 2. Condições de operação do ICP-OES.

| Parâmetros | Valores utilizados |
|------------------------------------|-----------------------------|
| λAl | 396,153 nm |
| Potência do plasma | 1300 W |
| Altura de observação | 15 mm |
| Vazão de introdução da amostra | 1,5 mL.minuto ⁻¹ |
| Fluxo de gás (argônio) | 15 L.minuto ⁻¹ |
| Fluxo de gás auxiliar (nitrogênio) | 0,2 L.minuto ⁻¹ |
| Fluxo do nebulizador | 0,8 L.minuto ⁻¹ |
| Tipo de nebulizador | Cross Flow |
| Vista | Axial |

Foram realizadas três determinações em cada produto preparado em cada uma das duas panelas de cada tipo (polida e revestida). Os resultados apresentam a média aritmética de todas as determinações.

2.3 Determinação do pH dos alimentos preparados¹⁰

O pH dos diferentes produtos, preparados em cada panela, foi determinado por meio de um potenciômetro (pHmetro) Micronal, modelo B474, com resolução de 0,01 unidade de pH, medido nos produtos homogeneizados, conforme descrito no item anterior.

2.4 Determinação da umidade nos alimentos e matérias-primas⁸

A determinação de umidade nos diferentes produtos foi realizada utilizando-se metodologia gravimétrica descrita pela AOAC⁸. Os produtos foram homogeneizados em moinho (crus) ou em processador doméstico (cozidos). Nos alimentos sem cozimento foi utilizado o procedimento específico indicado na AOAC⁸, utilizando secagem em temperatura de 130 °C pelo período de 1 hora. Para os alimentos cozidos, a umidade foi determinada utilizando-se temperatura de 105 °C até obtenção de peso constante. Na secagem foi utilizada uma estufa ventilada marca Precision Scientific e as massas foram determinadas por meio de uma balança analítica Mettler, modelo AE200.

Para a determinação de umidade, foram tomadas porções idênticas das panelas A e B de cada tipo de panela (polida e revestida) de cada produto preparado, as quais foram homogeneizadas, tendo sido realizada avaliação em duplicata.

3 Resultados e discussão

3.1 Definição da formulação e procedimento de preparo dos alimentos

A Figura 1 apresenta os dados de ingredientes, modo de preparo e massa final dos produtos: a) arroz; b) feijão; c) batata cozida; d) carne de panela; e) bife; f) macarrão; e g) molho de

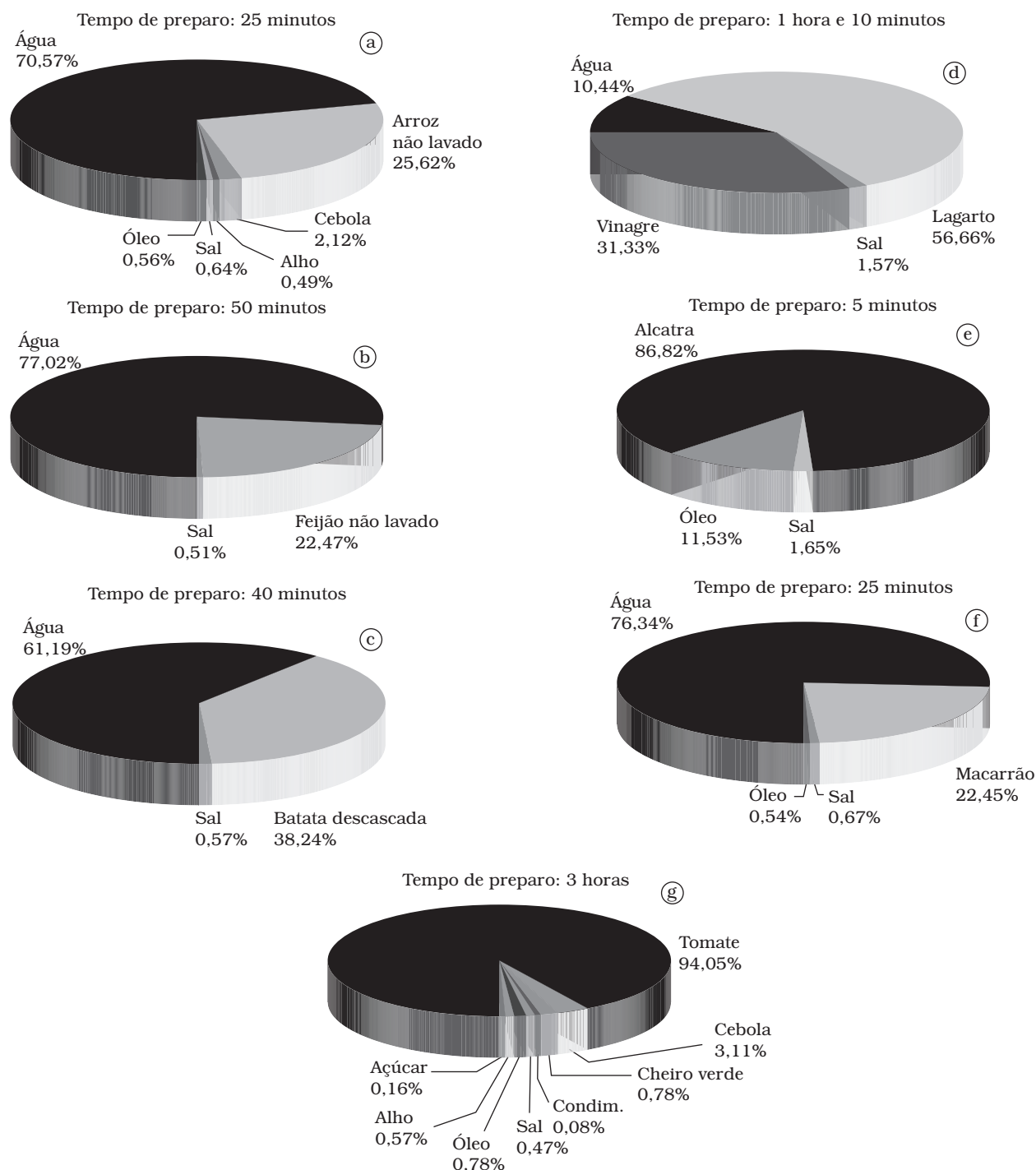


Figura 1. Formulação e massa final dos alimentos nas diferentes panelas: a) arroz; b) feijão; c) batata; d) carne de panela; e) bife; f) macarrão; e g) molho de tomate.

tomate. Em todos os procedimentos de mistura foi utilizada colher de madeira, de forma a minimizar o risco de danificação da superfície decorrente de atrito.

3.2 Concentração de alumínio nos alimentos e matérias-primas

A Tabela 3 apresenta os resultados da concentração de alumínio determinada na matéria-prima e nos alimentos: arroz,

feijão, batata cozida, carne de panela, bife, macarrão e molho de tomate. A concentração é apresentada em mg.kg^{-1} com base na matéria fresca (b.u.), ou seja, em relação à umidade natural do produto.

3.3 Determinação do pH dos alimentos preparados

A Tabela 4 apresenta os resultados do pH dos diferentes produtos em estudo, homogeneizados após o preparo.

Tabela 3. Concentração de alumínio, em mg.kg⁻¹ (b.u.), nos alimentos cru e cozido, nos dois tipos de panela*.

| Alimento | Arroz | Feijão | Batata | Carne cozida | Bife | Macarrão | Molho |
|------------------------------------|-------|--------|---------|--------------|--------|----------|--------|
| Alimento cru | | | | | | | |
| Média | 6,20 | 23,8 | 0,747 | 0,988 | 4,45 | 1,90 | 1,24 |
| DP | 0,160 | 1,65 | 0,00850 | 0,0342 | 0,143 | 0,0859 | 0,0558 |
| Mín | 6,06 | 21,9 | 0,739 | 0,963 | 4,29 | 1,81 | 1,18 |
| Máx | 6,37 | 24,9 | 0,756 | 1,03 | 4,56 | 1,98 | 1,29 |
| Alimento cozido (panela polida) | | | | | | | |
| Média | 3,54 | 8,92 | 0,849 | 3,89 | 1,53 | 1,32 | 19,6 |
| DP | 0,257 | 0,494 | 0,0669 | 0,820 | 0,0867 | 0,146 | 2,25 |
| Mín | 3,14 | 8,17 | 0,763 | 2,86 | 1,37 | 1,19 | 16,1 |
| Máx | 3,81 | 9,46 | 0,946 | 4,82 | 1,62 | 1,60 | 21,6 |
| Alimento cozido (panela revestida) | | | | | | | |
| Média | 3,91 | 7,56 | 1,04 | 2,22 | 2,48 | 0,825 | 1,31 |
| DP | 0,325 | 0,692 | 0,545 | 0,708 | 0,459 | 0,136 | 0,121 |
| Mín | 3,32 | 7,04 | 0,535 | 1,49 | 1,99 | 0,667 | 1,10 |
| Máx | 4,27 | 8,89 | 1,69 | 2,95 | 2,97 | 1,02 | 1,45 |

*Resultados de determinação em triplicata de duas unidades de cada panela/produto.

3.4 Umidade dos alimentos e matérias-primas

A Tabela 5 apresenta os resultados de umidade dos diferentes produtos em estudo. Observa-se um grande ganho de umidade nos produtos desidratados, da ordem de 4,3, 3,7 e 6,4 vezes, para o arroz, feijão e macarrão, respectivamente. O bife perdeu cerca de 24% da umidade inicial da carne crua

e os produtos restantes apresentaram pequena alteração de umidade.

3.5 Contribuição do cozimento na ingestão de alumínio

Com base nos resultados da concentração de alumínio nos produtos preparados e suas matérias-primas, e introduzindo-se as correções necessárias devido à variação no teor de umidade dos produtos, a Tabela 6 apresenta a quantidade média de alumínio migrada durante o cozimento em cada tipo de panela.

Verifica-se que no caso do molho de tomate houve uma dissolução maior de alumínio (17,83 ppm), em relação aos outros produtos, quando preparado em panela de alumínio polida, enquanto na panela revestida não houve migração, ou seja, o produto não incorporou, e sim perdeu alumínio durante o cozimento. Esse fato pode ser explicado por erros de análise, tanto na quantificação de alumínio como de umidade, inerentes a procedimentos analíticos, principalmente na ordem de grandeza encontrada para a concentração de alumínio (ppm).

A carne cozida em presença de vinagre (ácido acético) apresentou uma migração média de 2,4 mg.kg⁻¹ na panela polida, enquanto na panela revestida esse dado foi de 0,705 mg.kg⁻¹, indicando a contribuição da exposição do alumínio na panela

Tabela 4. Resultados da determinação do pH dos oito produtos em estudo.

| Condição/panela | Produto | | | | | | |
|------------------|---------|--------|--------|---------------|------|----------|-----------------|
| | Arroz | Feijão | Batata | Carne cozida* | Bife | Macarrão | Molho de tomate |
| Cru | 6,62 | - | 5,91 | 5,38 | 5,44 | 6,07 | 4,32 |
| Cozido/polida | 6,26 | 6,35 | 6,01 | 5,03 | 5,77 | 6,38 | 4,36 |
| Cozido/revestida | 6,24 | 6,38 | 5,94 | 5,05 | 5,82 | 6,39 | 4,34 |

*Carne cozida (lagarto) em presença de vinagre. O pH médio do líquido de cozimento equivaliu a 3,93.

Tabela 5. Resultados da determinação de umidade dos oito produtos em estudo, em % (m.m⁻¹)*.

| | Arroz | Feijão | Batata | Lagarto | Bife | Macarrão | Molho de tomate |
|------------------------------------|-------|--------|--------|---------|------|----------|-----------------|
| Cru | | | | | | | |
| Média | 12,5 | 15,6 | 80,6 | 73,4 | 71,9 | 10,2 | 92,8 |
| DP | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| Alimento cozido (panela polida) | | | | | | | |
| Média | 68,7 | 69,5 | 81,7 | 60,1 | 56,5 | 73,3 | 89,7 |
| DP | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| Alimento cozido (panela revestida) | | | | | | | |
| Média | 68,7 | 70,3 | 82,1 | 59,2 | 54,3 | 74,4 | 88,7 |
| DP | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |

*Resultado de determinações em duplicata do conteúdo homogeneizado das duas panelas.

Tabela 6. Média aritmética de concentração de alumínio nos alimentos em estudo e quantidade dissolvida (migrada) durante o cozimento, em mg.kg⁻¹ (ppm), corrigida de acordo com a variação do teor de umidade.

| | | Arroz | Feijão | Batata | Carne cozida | Bife | Macarrão | Molho de tomate |
|------------------------|---|-------|----------|--------|--------------|---------|----------|-----------------|
| [Al] _{mp,bs} | | | | | | | | |
| [Al] _{pro,bs} | - | 7,085 | 28,20 | 3,850 | 3,714 | 15,84 | 2,116 | 17,22 |
| | P | 11,31 | 29,25 | 4,639 | 9,749 | 3,515 | 4,944 | 190,3 |
| Migração | R | 12,49 | 25,45 | 5,832 | 5,441 | 5,431 | 3,223 | 11,59 |
| | P | 1,322 | 0,3193 | 0,1444 | 2,408 | -5,360* | 0,7551 | 17,83 |
| b.u. | R | 1,692 | -0,8151* | 0,3548 | 0,7046 | -4,755* | 0,2833 | -0,6361* |

[Al]_{mp,bs}: concentração de alumínio na matéria-prima em base seca; [Al]_{pro,bs}: concentração de alumínio no produto em base seca; P/R: panelas polida/revestida; Migração b.u.: aumento da concentração de alumínio no produto (mg.kg⁻¹), em base úmida, ou seja, na condição de consumo; e *não foi observada incorporação de alumínio no alimento preparado.

polida no aumento da concentração desse elemento no produto. Na carne frita (bife), observam-se valores similares nos dois tipos de panela, que demonstraram não ter ocorrido incorporação de alumínio devido à perda de umidade ocorrida, sendo que a quantidade de alumínio que porventura tenha sido dissolvida da frigideira, provavelmente foi transferida para o resíduo que permaneceu aderido na frigideira. Além disso, os resultados negativos para a migração também podem ter sido influenciados pelos erros analíticos, mencionados anteriormente.

A avaliação dos dados de migração do arroz mostra que ocorre situação semelhante nas panelas polida e revestida, ou seja, acréscimo na concentração de alumínio da ordem de 1,32 (polida) e 1,69 mg.kg⁻¹ (revestida), demonstrando que, embora de baixa acidez, a composição do arroz apresenta determinada agressividade ao alumínio, verificada também quando é utilizado o revestimento interno. Avaliando comparativamente a composição do arroz e do feijão, em termos dos elementos ferro e cobre, que são relacionados à redução da resistência do alumínio à corrosão¹⁸, observa-se na TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos¹⁹ que tanto o feijão cru como o cozido apresentam teor de ambos elementos superior ao do arroz cru e cozido, não sendo possível relacionar a dissolução do alumínio no arroz com esses elementos. Uma vez que um importante fator de resistência à oxidação do alumínio é a camada de óxidos, que se forma naturalmente em sua superfície e que não é resistente a algumas poucas substâncias, onde se destacam os álcalis³, é possível que as condições impostas durante o cozimento do arroz tenham prejudicado essa película de proteção. Assim, recomenda-se uma abordagem específica para elucidação da influência do arroz na corrosão do alumínio.

No cozimento de macarrão em panela polida, a migração de 0,755 mg.kg⁻¹ foi 2,7 vezes superior à observada na panela revestida, enquanto os cozimentos de feijão e de batata mostraram os menores valores de dissolução de alumínio.

3.6 Avaliação da ingestão de alumínio proveniente do cozimento em panelas de alumínio

Com base nos dados obtidos, mostra-se na Tabela 7 a quantidade de alumínio que poderia ser ingerida por refeição, decorrente da dissolução durante o cozimento em panelas de

alumínio, considerando-se as porções dos alimentos estudados consumidas em uma refeição, conforme apresentado em Nutrição hoje¹⁴.

Assim, numa refeição de um adulto, composta por arroz, feijão, batata cozida, bife e uma fruta (não cozida), pode-se estimar a ingestão de 0,22 mg de alumínio decorrente do cozimento em panela polida. Numa outra refeição, composta por macarrão com molho de tomate e carne de panela (lagarto), cozida em meio ácido, estima-se a ingestão de alumínio de 0,83 mg. O consumo das duas refeições assim preparadas determina a ingestão de 1,05 mg de alumínio. Este consumo representa apenas 2% do limite tolerável de ingestão diária de alumínio por um indivíduo de 60 kg de peso, tomando-se como referência o limite sugerido pela FAO/WHO de 7 mg por semana, por kg de peso corpóreo⁶. Para a panela revestida, as mesmas duas refeições resultariam em ingestão de 0,27 e 0,093 mg, respectivamente, ou seja, o total de 0,605% do limite indicado.

4 Conclusões

O estudo permitiu verificar que ocorre dissolução de alumínio durante a preparação de alimentos em panelas de alumínio polidas. Os valores encontrados variaram de 0,144 mg.kg⁻¹ (matéria úmida) para a batata a 17,83 mg.kg⁻¹ (matéria úmida) para o molho de tomate, sendo que na preparação de carne frita (bife), caso tenha ocorrido alguma dissolução de alumínio da frigideira, esse elemento ficou retido no resíduo de produto aderido ao utensílio. Os produtos ácidos apresentaram maior dissolução do alumínio, como já era esperado.

Em panelas revestidas, a dissolução mostrou-se nula para vários produtos (feijão, bife e molho de tomate) e a máxima foi observada para o arroz, equivalente a 1,692 mg.kg⁻¹ (matéria úmida).

A dieta diária padronizada e avaliada no presente estudo continha 1,05 mg de alumínio proveniente da migração da panela para o alimento durante o cozimento. Este valor representa apenas 2% do limite tolerável de ingestão da FAO/WHO⁶ para um indivíduo de 60 kg de peso, valor não relevante, quando se leva em conta o teor de alumínio que provém do próprio alimento e de coadjuvantes de processo e também de outras fontes de

Tabela 7. Estimativa de ingestão de alumínio em consequência do cozimento em panelas de alumínio polidas e revestidas, com base no consumo de cada item por refeição por um adulto.

| Panela | Alimento | Quantidade/refeição (g) | Migração de Al (mg.kg ⁻¹ – b.u.) | Ingestão de Al (mg) |
|-----------|------------------------|-------------------------|---|---------------------|
| Polido | Arroz | 125,0 | 1,322 | 0,165 |
| | Feijão | 86,0 | 0,319 | 0,0274 |
| | Bife | 64,0 | - | - |
| | Batata cozida | 175,0 | 0,1444 | 0,0253 |
| | Macarrão | 105,0 | 0,7551 | 0,0793 |
| | Molho de tomate | 30,0 | 17,83 | 0,535 |
| | Carne cozida – lagarto | 90,0 | 2,408 | 0,217 |
| Revestida | Arroz | 125,0 | 1,692 | 0,211 |
| | Feijão | 86,0 | - | - |
| | Bife | 64,0 | - | - |
| | Batata cozida | 175,0 | 0,3548 | 0,0621 |
| | Macarrão | 105,0 | 0,2833 | 0,0297 |
| | Molho de tomate | 30,0 | - | - |
| | Carne cozida – lagarto | 90,0 | 0,7046 | 0,0634 |

b.u. : base úmida ou matéria fresca.

ingestão. Na pior condição, isto é, a de repetição da alimentação com maior dissolução de alumínio (macarrão com molho de tomate e carne de panela) nas duas principais refeições, levaria à ingestão de menos de 3% do limite admissível.

O estudo permite concluir que nas condições experimentais descritas e adotadas, a ingestão de alumínio proveniente da migração do metal da panela para o alimento não representa risco para a saúde humana e está bem abaixo do limite tolerável internacionalmente aceito.

Agradecimentos

Os autores agradecem à ABAL – Associação Brasileira do Alumínio, pelo suporte financeiro a essa pesquisa e ao Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do ITAL, pelas determinações de umidade dos diferentes produtos em estudo.

Referências bibliográficas

1. ARNO, S. (Adap.). **365 Receitas rápidas**. São Paulo: Julio Louzada Publicações, 1998. 412 p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Alumínio e Saúde**. 2 ed. São Paulo: ABAL, 2000. 7 p.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO - ABAL. Fundamentos do alumínio e suas aplicações. São Paulo, [s.d.]. 81 p. 4.BAST, C. B. **Toxicity Summary for Aluminum**. Oak Ridge: Oak Ridge Reservation Environmental Restoration Program, 1993. Disponível em: <http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/aluminum.shtml> Acesso em: 5 jan. 2006.
5. BAXTER, M.; BURRELL, J. A.; MASSEY, R. C. The effects of fluoride on the leaching of aluminium saucepans during cooking. **Food Additives and Contaminants**, v. 5, n. 4, p. 651-656, 1988.
6. FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **Evaluation of certain food additives and contaminants**. 33rd Report. Geneva: World Health Organization – WHO, 1989. p. 26, 27, 47. (Technical Report Series n 776). Disponível em: http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_776.pdf. Acesso em: 5 dez 05.
7. GREGER, J. L.; GOETZ, W.; SULLIVAN, D. Aluminum levels in foods cooked and stored in aluminum pans, trays and foil. **Journal of Food Protection**, v. 48. n. 9, p. 772-777, 1985.
8. HORWITZ, W. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17. ed. Gaithersburg, Maryland, 2000.
9. INOUE, T.; ISHIWATA, H.; YOSHIHARA, K. Aluminum levels in food-simulating solvents and various foods cooked in aluminum pans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 36, n. 3, p. 599-601, 1988.
10. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz** - Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2. ed. São Paulo: IAL, 1976. 371p.
11. LIUKKONEN-LILJA, H.; PIEPPONEN, S. Leaching of aluminium from aluminium dishes and packages. **Food Additives and Contaminants**, v. 9, n. 3, p. 213-223, 1992.
12. LÓPEZ, F. F. et al. Aluminum content in foods and beverages consumed in the Spanish diet. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 2, p. 206-210, 2000.
13. NAGY, E.; JOBST, K. Aluminum dissolved from kitchen utensils. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 52, n. 3, p. 396-399, 1994.
14. Nutrição hoje – Guia da pirâmide alimentar. Disponível na Internet: <http://www.marcelinas-rio.com.br/Pagina%...s/Nutri%C3%A7%C3%A3o/nutricao%20hoje.htm>. Acesso em: 20 may 2005.
15. POE, C. F.; CASON, J. H. The effects of sweetened and unsweetened foods on aluminum cooking utensils. **Food Technology**, v. 5, n. 12 p. 490-492, 1951.
16. Refinações de Milho Brasil. **Receitas de saladas usando maionese – salada de carne fatiada**. São Paulo, [s. d.].
17. SARON, E. S. et al. Avaliação da dissolução de alumínio em bebidas carbonatadas não alcoólicas acondicionadas em latas de alumínio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA INDÚSTRIA DO ALUMÍNIO, 1., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABAL, 2000. 12 p. 1 CD.
18. SARON, E. S.; GATTI, J. A. B. Materiais metálicos utilizados na fabricação de embalagens para alimentos e bebidas. In: _____; DANTAS, S. T. **Embalagens metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1999. cap. 1, p. 3-31.
19. TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela&PHPSESSID=a088529264894ec2f03f1ed7ee71ffde>. Acesso em: 4 dez. 2006.
20. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Aluminium in drinking-water**: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Disponível em: www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/aluminium.pdf. Acesso em: 15 dez. 2005.