

O PERIGO DOS ALIMENTOS CONTENDO AMIDO

LUANA SARPA REIS *
ÉDIRA CASTELLO BRANCO DE ANDRADE GONÇALVES **
VICTOR AUGUSTUS MARIN ***

Este artigo apresenta revisão de literatura sobre a quantidade de acrilamida em alimentos ricos em carboidratos, quando fritos, cozidos ou assados em altas temperaturas, principalmente batatas fritas e batatas chips. Foram abordados os mecanismos de formação de acrilamida em alimentos, os níveis de ingestão em diversos países, os métodos para redução da acrilamida em alimentos, além dos aspectos toxicológicos dessa substância. Os métodos para redução da acrilamida em batatas têm resultado em alguns sucessos, mas não há abordagem comum que funcione para todos os alimentos. Alguns estudos epidemiológicos sobre a relação entre o consumo de acrilamida e diferentes tipos de câncer têm sido evidenciados, porém são insuficientes para indicar que a quantidade de acrilamida consumida na dieta normal pode resultar em efeitos adversos à saúde humana, particularmente o câncer.

PALAVRAS-CHAVE: ACRILAMIDA; BATATA FRITA; AMIDO; CÂNCER.

- * Nutricionista, Mestranda em Alimentos e Nutrição, Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Rio de Janeiro, RJ, Brasil (e-mail: luana.sarpa@gmail.com).
- ** Doutora em Química Analítica Inorgânica, Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Rio de Janeiro, RJ, Brasil (e-mail: ediracba@analisedealimentos.com.br).
- *** Doutor em Biotecnologia Vegetal, UNIRIO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil (e-mail: victor.marin@unirio.br).

1 INTRODUÇÃO

Os alimentos contém, naturalmente, ampla gama de substâncias desejáveis (como nutrientes, fibras e minerais) ou indesejáveis, tais como toxinas naturais, contaminantes químicos, resíduos de pesticidas, micotoxinas, ou outros contaminantes potenciais derivados de sua fabricação, armazenamento ou transporte. Os contaminantes químicos, embora não adicionados intencionalmente, podem estar presentes nos alimentos como resíduos de sua produção, transformação, acondicionamento, transporte e conservação. Tais substâncias são divididas em contaminantes de origens industriais (como dioxinas e metais pesados), toxinas produzidas por organismos vivos (fungos, algas e algumas plantas e frutos) e contaminantes resultantes do processamento alimentar que gera subprodutos (GILARDI e FUBINI, 2005; CALDAS e JARDIM, 2011).

Os contaminantes resultantes do processamento industrial ou doméstico dos alimentos são decorrentes de complexas reações que podem originar compostos indesejáveis com potenciais efeitos mutagênicos/carcinogênicos. Assim, o ser humano está exposto a compostos formados naturalmente nos alimentos durante o processamento térmico. Dentre esses compostos, destaca-se a acrilamida, substância química tóxica e cancerígena aplicada comumente nas indústrias (CALDAS e JARDIM, 2011; YING *et al.*, 2011). A presença dessa substância potencialmente perigosa tem constituído uma das grandes preocupações das entidades responsáveis pela segurança alimentar, devido às consequências que podem acarretar para a saúde pública em longo prazo. A Agência das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), juntamente com a Organização Mundial de Saúde (OMS), estabeleceram diversas recomendações com a finalidade de se obter mais informações e novos estudos para melhor entendimento dos riscos que a ingestão de acrilamida representa para a saúde humana (PINHO e FERREIRA, 2008; TSUTSUMIUCHI *et al.*, 2011).

Sendo o amido a fonte mais rica em acrilamida e a mais consumida em todos os países, este artigo apresenta revisão de publicações científicas que reúnem informações acerca da presença de acrilamida em batatas fritas e batatas chips e seus possíveis riscos à saúde humana.

2 A ACRILAMIDA NOS ALIMENTOS

2.1 ACRILAMIDA: DEFINIÇÃO E ORIGEM

A acrilamida, molécula reativa α , β -carbonil insaturada, é obtida a partir da hidratação da acrilonitrila. Trata-se de substância química utilizada na indústria para produção de poliacrilamida, comumente usada na purificação da água potável, no tratamento de esgotos e efluentes, no condicionamento do solo para a construção de represas e como agente selante na engenharia civil, além de sua aplicação nas indústrias de papel e cosméticos. A acrilamida (fórmula molecular: C₃H₅ON) forma-se espontaneamente em alimentos ricos em carboidratos quando são fritos, cozidos ou assados em temperaturas acima de 120 °C (WEISS, 2002; GILARDI e FUBINI, 2005; YING *et al.*, 2011).

A hipótese de que a acrilamida pode ser formada durante o preparo do alimento foi levantada após desastre ambiental, ocorrido na Suécia em 1997, provocado pela construção de túneis para ferrovias de alta velocidade. Tal acidente mostrou a exposição de trabalhadores que manipularam selantes contendo acrilamida. Na avaliação quantitativa da exposição desses trabalhadores à acrilamida foram utilizados bioindicadores adutos (acrilamida-hemoglobina), que são compostos formados por reações covalentes entre contaminantes e macromoléculas (como a hemoglobina) e que podem ser dosados diretamente para estimar a exposição a determinadas substâncias. Foi observado que não somente o grupo de indivíduos ocupacionalmente expostos à substância, mas

também o grupo controle (pessoas que aparentemente não tinham sofrido nenhum tipo de exposição à substância) continha níveis de acrilamida no sangue (REYNOLDS, 2002; GILARDI e FUBINI, 2005). O nível de adutos de acrilamida encontrados no sangue desses indivíduos não expostos se tornou preocupante, já que as fontes de exposição conhecidas (como a água, cosméticos e a fumaça de cigarro) foram consideradas não significativas para explicá-los, sugerindo a existência de outra fonte de exposição. Posteriormente, foi comprovado que alimentos ricos em carboidratos fritos e/ou assados em altas temperaturas continham níveis apreciáveis de acrilamida, sendo os cereais, as batatas e o café possivelmente suas maiores fontes de ingestão (MOTTRAM *et al.*, 2002; TAREKE *et al.*, 2002; SVENSSON *et al.*, 2003).

As informações sobre a ocorrência de acrilamida nos alimentos e o conhecimento de seus efeitos nocivos para a saúde humana foram comunicados mediante declaração do Comitê Conjunto de Peritos da FAO/OMS de Aditivos Alimentares (JECFA), revelando a ameaça toxicológica causada pela ingestão de alimentos contendo acrilamida. Os estudos levaram o centro de pesquisa da comunidade europeia (JRC) a realizar a mensuração da quantidade de acrilamida entre diferentes grupos de alimentos, sendo observada variação considerável dessa substância química. As mais altas taxas foram verificadas em batatas chips e batatas fritas, conforme mostrado na Tabela 1, as quais se destacaram entre os demais alimentos em diversos países (TAREKE *et al.*, 2002; GILARDI e FUBINI, 2005; ORACZ, NEBESNY e ZYZELEWICZ, 2011).

Sobre a ocorrência de acrilamida em alimentos brasileiros foi efetuada análise de 111 amostras, representando 19 diferentes categorias. Os níveis de acrilamida variaram entre menos de 20 µg/kg e 2528 µg/kg, dependendo do tipo do produto. Os resultados mostraram que os maiores níveis foram encontrados em produtos à base de batata, como batatas fritas, batatas chips e batata palha, variando entre 144 e 2528 µg/kg (GILARDI e FUBINI, 2005).

No estudo realizado por Arisseto e Toledo (2008), as batatas chips e batatas fritas representaram os alimentos com os maiores níveis de acrilamida e os mais consumidos no Brasil, porém grandes quantidades também foram observadas no café.

2.2 A FORMAÇÃO DA ACRILAMIDA E O AMIDO

A confirmação de que as batatas chips e as batatas fritas são os alimentos com maior quantidade de acrilamida comprovam a hipótese de pesquisadores da Universidade de Estocolmo, na Suécia, que em 2002 demonstraram que alimentos ricos em carboidratos quando fritos, cozidos ou assados em altas temperaturas apresentavam altos níveis de acrilamida (TARDIFF, 2010).

A batata constitui a quarta colheita mundial mais importante devido ao seu alto poder de rendimento, representando cerca de metade da produção global anual de todas as raízes e tubérculos. Também constitui um dos principais alimentos presentes em diversas culturas alimentares, principalmente quando se trata de batata frita e batata chips, métodos de preparação mais populares (MICHALAK, GUJSKA e KLEPACKA, 2011; MULLA *et al.*, 2011).

A qualidade das batatas chips e fritas dependem dos aspectos morfológicos (tamanho, forma e cor) e também dos teores de matéria seca, açúcar, amido e compostos fenólicos. No entanto, o sabor e a cor desejáveis do produto dependem da reação de Maillard, suposto mecanismo que leva à formação de acrilamida, o qual ocorre entre açúcares redutores e aminoácidos (KERAMAT *et al.*, 2010; MULLA *et al.*, 2011).

Níveis elevados de acrilamida têm sido encontrados em batatas, cuja justificativa baseia-se em seu teor de aminoácidos livres, em especial a asparagina, o principal aminoácido envolvido. A acrilamida forma-se, então, predominantemente pelo aminogrupo, asparagina, e um composto de carbonila derivado de açúcares redutores (principalmente glicose, frutose e maltose).

**TABELA 1 - NÍVEIS MÉDIOS DE ACRILAMIDA MAIS SIGNIFICATIVOS PRESENTES
EM ALIMENTOS DE DIVERSOS PAÍSES**

Alimento	Austrália	Brasil	Canadá	China	União Europeia	França	Japão	Holanda	Noruega	Polónia	Espanha	Suécia	Turquia	EUA*	Concentração de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$) ou ($\mu\text{g}/\text{L}$)
Amendoim				94						185					
Azeitonas	345								147						
Batata frita	501	331	426	740	524	954	1202	159	780	399		773	622	425	
Batata chips	453	612	537		361	724	410		279	792		326		398	
Batata palha	549														
Biscoitos	179	197	249		302	203	197	339	518	339	423	273	126		
Cereais matinais	32	120		120	16				120	149		117	130	22	
Cacau em pó			348												
Café instantâneo	350	666													
Café moído															
Café pronto para beber	2,7		9				68	9			17			12	
Café torrado						249				246					
Café solúvel														262	
Chás verde e preto							45								
Chocolate amargo					570										
Chocolate ao leite					23										
Nozes					315								98		
Pães	41	54	72	197	26				189	17	59	157	45		
Pipoca	332	270	262												
Produtos à base de cacau											87				
Produtos à base de carne e peixe															
Produtos de confeitoraria															
Torrada		100											297		

* Estados Unidos da América.

Os primeiros estudos envolvendo misturas de aminoácidos e açúcares redutores submetidos a altas temperaturas mostraram que a presença de asparagina aumentava significativamente o nível de acrilamida formada, principalmente acima de 120 °C. Assim, esse aminoácido foi identificado como o principal precursor da acrilamida (MOTTRAM *et al.*, 2002; STADLER *et al.*, 2004). Mesmo com a identificação do principal precursor e do mecanismo envolvido na formação de acrilamida em alimentos, ainda faltam informações, principalmente em relação aos compostos intermediários da reação que atuam como precursores diretos da acrilamida. Alguns autores sugeriram o aldeído de Strecker como composto intermediário. Outros demonstraram que o N-glicosídeo de asparagina ou base de Schiff, produto da reação inicial entre glicose e asparagina, além de outros compostos intermediários que estão envolvidos na formação da base de Schiff, também poderiam atuar como precursores diretos da acrilamida. Apesar de vários compostos intermediários já terem sido sugeridos, ainda não existem evidências concretas sobre o verdadeiro envolvimento dessas moléculas na formação da acrilamida (MOTTRAM *et al.*, 2002; YAYLAYAN *et al.*, 2003; STADLER *et al.*, 2004).

O potencial para a formação de acrilamida em alimentos está relacionado não somente à presença de seus precursores, mas com as concentrações desses compostos na matéria-prima que podem variar significativamente entre diferentes espécies e práticas de cultivo e serem fortemente influenciadas pelas condições de estocagem. A temperatura, o tempo e o modo de cozimento também podem influenciar a formação da acrilamida. Mesmo que tenha sido demonstrada a necessidade de temperatura de 120 °C ou superior para a formação de acrilamida há relatos confirmando que esse composto pode ser formado em temperaturas abaixo de 100 °C, especialmente em processos de secagem a 65-130 °C (GILARDI e FUBINI, 2005; KERAMAT *et al.*, 2010).

Rotas de reações menores têm sido propostas para a formação da acrilamida, tais como as de formação da amônia e acroleína que na ausência de asparagina forma a acrilamida em alimentos ricos em lipídios. No entanto, esse caminho não se aplica às batatas chips e batatas fritas (VINCI *et al.*, 2011).

3 ASPECTOS TOXICOLÓGICOS DA ACRILAMIDA

Os riscos associados à acrilamida não são recentes e, provavelmente, a população tem sido exposta à essa substância por algumas gerações. As avaliações de risco da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EUA) e da Organização Mundial da Saúde indicaram que o nível de ingestão de acrilamida na dieta, no mundo ocidental, causaria número inaceitável de casos de câncer humano. Tal fato gerou grande preocupação na comunidade científica e atraiu considerável atenção da mídia. Os relatos sobre a formação de acrilamida em alimentos (principalmente em batatas fritas) causaram forte impacto sobre os consumidores e fabricantes em todo o mundo. Desde então, várias pesquisas têm sido realizadas sobre a ocorrência e metabolismo de origem desse composto, bem como a sua toxicidade e carcinogenicidade (HOGERVORST *et al.*, 2010; TSUTSUMIUCHI *et al.*, 2011).

Devido à prevalência de acrilamida na dieta humana é de interesse da saúde pública determinar a associação entre a ingestão de acrilamida e o risco de câncer. Assim, o CCFAC recomendou ao Comitê Conjunto de Peritos da FAO/OMS de Aditivos Alimentares (JECFA) que realizasse a avaliação do risco da acrilamida e estabelecesse limites para sua ingestão. Como resultado dessa avaliação, a ingestão recomendada para a população em geral, incluindo crianças, foi fixada em 1 a 4 µg/kg de peso corporal/dia, sendo os adolescentes o grupo mais exposto (VINCI *et al.*, 2011).

Em 1994, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer classificou a substância química acrilamida como provável molécula carcinogênica humana (grupo 2A), com base na sua carcinogenicidade em roedores. Em 2001, o Comitê Científico de Toxicidade, Ecotoxicidade e Meio Ambiente revelou as propriedades tóxicas da acrilamida: neurotoxicidade, genotoxicidade,

carcinogenicidade e toxicidade reprodutiva (KERAMAT *et al.*, 2010; MICHALAK, GUJSKA e KLEPACKA, 2011).

Os possíveis efeitos carcinogênicos da acrilamida foram testados em dois experimentos com ratos Fischer 344, mediante administração de doses de até 3 mg de acrilamida/kg de peso corporal/dia na água, durante dois anos de estudo. Foi verificado aumento significativo na incidência de vários tipos de tumores nos animais experimentais de ambos os sexos quando comparados ao grupo controle. Estudos de curta duração em camundongos que receberam de 0 até 60 mg/kg de peso corporal de acrilamida na água três vezes por semana, durante oito semanas, também mostraram aumento significativo no número de adenomas no pulmão e no número de animais que apresentaram os adenomas de forma proporcional à dose administrada. A glicidamida, principal metabólito da acrilamida, assume potencial genotóxico, pois ao contrário da acrilamida parece formar adutos estáveis com o DNA, provocando danos que a princípio podem desencadear a iniciação do processo cancerígeno (FENNEL *et al.*, 2005; GILARDI e FUBINI, 2005).

Alguns estudos relacionaram tipos de câncer com a acrilamida, como: câncer da cavidade oral e faringe; esôfago; laringe; intestino grosso; mama e ovário. Os casos de câncer foram histologicamente confirmados, sendo os controles com condições não-neoplásicas admitidos na mesma rede de hospitais. As *odds-ratio* calculadas variaram entre 0,8 – 1,1 e houve pouca evidência entre o consumo de batatas fritas e o risco de algum tipo de tumor (PELUCCHI *et al.*, 2003). Novos estudos epidemiológicos têm investigado possíveis associações entre a ingestão de batatas fritas e batatas chips contendo acrilamida e a incidência de vários tipos de câncer em humanos.

Mucci *et al.* (2003) relataram que batatas assadas consumidas juntamente com outros alimentos fritos (que contribuem para 22 % do consumo total de acrilamida na Suécia) aumentam o risco de câncer colorretal quando ingeridos diariamente, comparado ao consumo inferior a duas vezes por mês. Porém, não foi encontrada nenhuma associação com o consumo de batatas fritas ou batatas chips. Também não encontraram nenhuma relação com os riscos de câncer do intestino grosso, bexiga ou rins. Outros estudos de base populacional realizados na Suécia e na Itália não verificaram associação entre a ingestão de acrilamida por meio dos alimentos com o risco de câncer renal (MUCCI *et al.*, 2004; PELUCCHI *et al.*, 2007; PELUCCHI *et al.*, 2011).

Pesquisas associaram a ingestão de acrilamida na dieta, principalmente mediante batatas fritas, com o risco de câncer colorretal, rins, bexiga, mama, oral, esôfago, laringe, ovário, endométrio e próstata. Os únicos relatos de associação significativa foram os riscos de câncer endometrial e de ovário (WILSON *et al.*, 2009a).

Um caso-controle na Suécia mostrou que o consumo semanal de batatas fritas estava relacionado com o risco de câncer de bexiga (PELUCCHI *et al.*, 2011).

Em dois estudos realizados nos EUA, os índices de acrilamida em batatas chips e batatas fritas foram relacionados com o risco de formação de pólipos adenomatosos colorretais. Nenhum dos estudos relatou associação da ingestão desses alimentos com a formação dos pólipos (McKELVEY *et al.*, 2000; PELUCCHI *et al.*, 2011).

Wilson *et al.* (2009b) e Pelucchi *et al.* (2011) demonstraram que não há associação entre a ingestão de alimentos contendo acrilamida e o câncer de mama. Outro estudo foi realizado com o propósito de verificar os efeitos que a acrilamida presente em batatas fritas podem causar em ratas grávidas e seus filhos antes e após o nascimento. Foi verificado que o consumo regular de batata frita na infância pode ser prejudicial para o crescimento ósseo e que o consumo regular de batata frita durante a gravidez pode causar morte pré-natal e/ou anormalidades e malformações pós-natal (EL-SAYYAD *et al.*, 2011).

Diversos estudos sobre o câncer humano apresentam incertezas, já que mostram opiniões divergentes sobre o mesmo assunto. Isto pode estar relacionado com as estimativas imprecisas de ingestão da acrilamida com base em cálculos de bancos de dados de consumo de alimentos, ou a partir do uso de questionários de frequência alimentar. Além disso, a grande variabilidade entre os alimentos leva a diferença relativamente pequena entre o alto e o baixo nível de ingestão, e,

portanto, insuficiente para detectar os efeitos na incidência de câncer.

A acrilamida também pode ser neurotóxica. O seu consumo em longo prazo é preocupante, já que os mesmos efeitos neurotóxicos podem ser vistos quando consumidas em altas e baixas doses, sendo que as baixas doses exigem apenas maior tempo de exposição. A exposição subcrônica dos trabalhadores (média 30 mg/kg de peso corporal por dia) para acrilamida resultou em neuropatia periférica reversível (ataxia, fraqueza, formigamento e dormência nos membros). O maior tempo de exposição resultou em disfunção cerebelar seguido por neuropatia (EXON, 2006; LOPACHIN e GAVIN, 2008).

Com relação aos efeitos na reprodução, a acrilamida causa atrofia testicular reduzindo a mobilidade dos espermatozoides e diminuindo a fertilidade. A toxicidade no desenvolvimento de ratos e camundongos tem sido avaliada por meio da utilização de acrilamida durante a gestação. Os dados evidenciaram que a acrilamida é tóxica para o desenvolvimento fetal, causando a diminuição no peso dos filhotes e podendo levar ao aumento de abortos e à mortalidade neonatal (GILARDI e FUBINI, 2005; EL-SAYYAD *et al.*, 2011).

4 MÉTODOS PARA REDUÇÃO DA ACRILAMIDA EM BATATAS FRITAS E BATATAS CHIPS

Como a maior ingestão de acrilamida pela população ocorre pelo consumo de batatas fritas e batatas chips, grupos de pesquisa vêm buscando estratégias para a diminuição do potencial de formação de acrilamida nesses alimentos, tais como: a seleção de cultivares de batatas com menor conteúdo de açúcares redutores, resultando na diminuição dos precursores da matéria-prima; o armazenamento de batatas em temperaturas acima de 8 °C para evitar o aumento da concentração de açúcares redutores e técnicas simples como o branqueamento e a utilização da enzima asparaginase, que remove seletivamente a asparagina antes do tratamento térmico. Outra alternativa envolve o controle do tempo e da temperatura de processamento, assim como a diminuição do pH mediante a imersão de batatas em soluções de ácido clorídrico, cítrico ou acético (BRATHEN *et al.*, 2005; DEWILDE *et al.*, 2005; KERAMAT *et al.*, 2010).

O Comitê do Codex sobre Aditivos e Contaminantes em Alimentos (CCFAC) elaborou o Código de Práticas para a redução de acrilamida em alimentos, visando à proteção do consumidor pela diminuição da sua ingestão por meio da dieta. Esse Código apresenta os principais aspectos da produção comercial de alimentos, incluindo práticas agrícolas, estocagem, matérias-primas, processamento e preparação de alimentos, e métodos potenciais para a redução de acrilamida nas áreas de agronomia, composição de produtos, condições de processamento e preparação final (GILARDI e FUBINI, 2005).

Pesquisa realizada em diversos Serviços de Alimentação analisou o recebimento, o descongelamento e a preparação de batatas fritas congeladas. Foi verificado que além da formação de acrilamida, naturalmente produzida pela batata quando aquecida em altas temperaturas, a concentração dessa substância química pode variar por diversos fatores como: o tempo e a temperatura em que a batata ficará imersa no óleo; a capacidade de aquecimento dos equipamentos de fritura utilizados; o controle de qualidade durante a fritura das batatas e ainda o controle inadequado do manipulador de alimentos sobre todos esses fatores. A pesquisa revelou ainda que a falta de controle do tempo e temperatura de fritura das batatas fritas, bem como a falta de prática dos manipuladores são os principais fatores que contribuem para as altas concentrações de acrilamida nessas batatas (SANNY *et al.*, 2011).

Os métodos de fritar e assar batatas foram comparados com a quantidade de acrilamida formada. Os autores constataram que assar as batatas a 170 °C resultou em mais que o dobro do conteúdo de acrilamida em relação à fritura na mesma temperatura. No entanto, os níveis de acrilamida das batatas assadas a 180 e 190 °C foram menores que os das batatas fritas (PALAZOGLU *et al.*, 2010).

Michalak, Gujska e Klepacka (2011) realizaram estudo sobre a preparação de batatas fritas

congeladas por diferentes processamentos térmicos: fritura, ao forno e no micro-ondas, sob as mesmas condições de tempo e temperatura. Foi observada maior quantidade de acrilamida nas batatas fritas que sofreram aquecimento por micro-ondas.

O tipo de óleo usado para fritar as batatas foi citado em alguns estudos como fator importante na formação da acrilamida. O óleo de palma, quando comparado ao óleo de girassol, forma maiores quantidades de acrilamida nas batatas fritas; o azeite de oliva, quando comparado ao óleo de milho, também apresenta essa característica. Outros autores relatam que o tipo de óleo não influencia a quantidade de acrilamida presente no produto final (LINEBACK *et al.*, 2011).

Como não há regulamentação legal a respeito dos níveis de acrilamida em alimentos específicos como a batata frita e a batata chips, as autoridades têm adotado estratégias eficazes, juntamente com a colaboração de indústrias para a minimização dessa substância química (VINCI *et al.*, 2011).

Pedreschi *et al.* (2011) estudaram o branqueamento e o tratamento com asparaginase em fatias de batatas visando à redução da acrilamida. O branqueamento torna os tecidos mais permeáveis e, consequentemente, a enzima fica mais acessível ao substrato. Desta forma, a combinação dos dois tratamentos reduziu em 90 % a quantidade de acrilamida nas batatas. Hendriksen *et al.* (2009), fizeram observações similares utilizando o branqueamento das batatas e diminuição da asparaginase, que resultou em redução de 60 % da acrilamida em batatas fritas e batatas chips.

Mestdagh *et al.* (2008) relataram redução da acrilamida de 65 % para batatas fritas e 96 % para batatas chips após o branqueamento a 70 °C durante 10 a 15 minutos. Além do tempo e temperatura, a concentração de componentes solúveis extraídos dos cortes das batatas também influenciou a eficiência da extração do açúcar afetando, assim, a formação da acrilamida. No entanto, a técnica de branqueamento não é prática comum nas indústrias de batatas fritas e batatas chips, visto que provoca impacto negativo na qualidade (textura e sabor), bem como nas propriedades funcionais do produto frito (FOOT *et al.*, 2007).

Ensaios sobre a aplicação da asparaginase em batatas fritas refrigeradas têm mostrado a redução de acrilamida. Vinci *et al.* (2011) aplicaram asparaginase em batatas fritas que sofreram refrigeração por 4 dias, resultando na redução da asparagina. O conteúdo de acrilamida nessas batatas fritas foi reduzido em aproximadamente 90 % sem nenhum efeito sobre as propriedades sensoriais do produto após a fritura final. No entanto, a introdução dessa medida implica em modificação da linha principal para garantir melhor controle de temperatura. No mesmo estudo também foram utilizadas batatas congeladas aplicadas com ácido acético, lactato de cálcio, ácido cítrico e asparaginase. Observou-se a redução da acrilamida e das propriedades do produto final, afetando obviamente os atributos sensoriais das batatas fritas.

Segundo Ou *et al.* (2008), a acrilamida foi reduzida de 85 a 96 % com a adição de cloreto de cálcio (5 g/L) durante o processo de branqueamento. Outro fator que pode influenciar a redução da acrilamida envolve o tipo de corte das batatas. A acrilamida é formada na camada superficial das batatas, e, portanto, o tamanho e sua forma podem influenciar o conteúdo de acrilamida final. Assim, quanto mais fino e menor o tamanho do corte das batatas, maior a concentração de acrilamida (MATTHÄUS *et al.*, 2004).

5 CONCLUSÃO

A exposição à acrilamida constitui preocupação para a saúde no Brasil e no mundo. No entanto, não há consenso global sobre as estratégias para diminuição dessa exposição.

A ocorrência de acrilamida nos alimentos não se limita a produtos específicos, mas envolve ampla variedade de alimentos que são comuns na dieta diária dos seres humanos. Apesar da discussão em torno da descoberta da acrilamida em alimentos, ainda há polêmica quanto aos riscos potenciais à saúde humana por se tratar de contaminante resultante de reações químicas durante

o preparo do alimento.

Sob o ponto de vista nutricional, há a preocupação de que alimentos fontes de carboidratos, responsáveis pelo aporte diário de energia ao organismo e componentes indispensáveis na distribuição calórica da dieta sejam geradores do composto. Quando se pensa em exposição, há que se considerar a maior vulnerabilidade do público infantil em função do menor índice de massa corporal que serve de base para se estimar os níveis de exposição.

Estudos epidemiológicos mostram aumento dos riscos de câncer por exposição à acrilamida e a solução tem sido a redução dessa substância química por diversos métodos, mas que afetam a qualidade e aceitação dos alimentos (como as batatas), além de levantar questões de segurança alimentar como, por exemplo, o uso de aditivos.

A informação sobre os níveis de acrilamida nos alimentos é ampla e os determinantes de tal variabilidade não são conhecidos. Embora a magnitude do risco que representa a ingestão de acrilamida não possa ser quantificada, alguns princípios podem ser aplicados para minimizar os riscos existentes, como: não cozinhar excessivamente os alimentos por longo tempo em altas temperaturas, com exceção das carnes e derivados; viabilizar as possibilidades de redução dos níveis por mudanças no processo de produção, a serem investigadas; manter a recomendação da prática de dieta balanceada com variedade de frutas e vegetais, diminuindo o consumo de alimentos gordurosos e/ou fritos.

Pesquisas e a avaliação do potencial de desenvolvimento de tecnologias alternativas tornam-se necessárias para atenuar o teor de acrilamida nos alimentos em larga escala comercial. Campanhas educativas também poderiam ser feitas entre a população no sentido de controlar os níveis de acrilamida, porém representam mudança drástica na produção desses alimentos e dos hábitos alimentares de determinados grupos que não estão realmente cientes dos riscos a que estão expostos.

Embora progressos significativos já tenham sido obtidos, ainda existe a necessidade de melhor entendimento dos efeitos da acrilamida na saúde humana. Sendo assim, mais estudos epidemiológicos são necessários para se detectar o aumento do risco de câncer ao se consumir esses alimentos.

ABSTRACT

THE RISK OF FOOD CONTAINING STARCH

This article presents a literature review about the amount of acrylamide in carbohydrate foods, when fried, boiled or baked at high temperatures, especially french fries and potato chips. Formation mechanisms of acrylamide in food were performed in many countries. Methods for reducing acrylamide in foods were discussed in addition to toxicological aspects of this substance. Methods of reducing acrylamide in potatoes have resulted in some successes, but there is no common approach that works for all foods. Some epidemiological studies about the relationship between intake of acrylamide and different types of cancer have been shown, but are insufficient to indicate that the amount of acrylamide consumed in the diet can result in adverse human health effects, particularly cancer.

KEY-WORDS: ACRYLAMIDE; FRENCH FRIES; STARCH; CANCER.

REFERÊNCIAS

- 1 ARISSETO, A.P.; TOLEDO, M.C.F. Estimativa preliminar da ingestão de acrilamida no Brasil. **Brazilian Journal of Toxicology**, v.21, n.1, p.1-14, 2008
- 2 BRATHEN, E. *et al.* Addition of glycine reduces the content of acrylamide in cereal and potato products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.8, p. 3259-3264, 2005.
- 3 CALDAS, E.; JARDIM, A. Exposure to toxic chemicals in the diet: is the Brazilian population at risk? **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, v.22, n.1, p.1-15, 2011.
- 4 DEWILDE, T. *et al.* Influence of storage practices on acrylamide formation during potato frying. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.16, p.6550-6557, 2005.

- 5 EL-SAYYAD, H.I. *et al.* Effects of fried potato chip supplementation on mouse pregnancy and fetal development. **Nutrition**, v.27, n.3, p.343-350, 2011.
- 6 EXON, J.H. A review of the toxicology of acrylamide. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B**, v.9, n.5, p.397-412, 2006.
- 7 FENNEL, T.R. *et al.* Metabolism and hemoglobin adduct formation of acrylamide in humans. **Toxicological Sciences**, v.85, n.1, p.447-459, 2005.
- 8 FOOT, R.J. *et al.* Acrylamide in fried and roasted potato products: a review on progress in mitigation. **Food Additives & Contaminants**, v.24, p.37-43, 2007.
- 9 GILARDI, L.; FUBINI, L. Food safety: a guide to internet resources. **Toxicology**, v.212, n.1, p.54-59, 2005.
- 10 HENDRISKEN, H.V. Evaluating the potential for enzymatic acrylamide mitigation in a range of food products using an asparaginase from *Aspergillus oryzae*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, p.4168-4176, 2009.
- 11 HOGERVORST, J.G.F. *et al.* The carcinogenicity of dietary acrylamide intake: a comparative discussion of epidemiological and experimental animal research. **Critical Reviews in Toxicology**, v.40, n.6, p.485-512, 2010.
- 12 KERAMAT, J. *et al.* Acrylamide in baking products: a review article. **Food and Bioprocess Technology**, v.4, n.4, p.530-543, 2010.
- 13 LINEBACK, D. *et al.* Acrylamide in foods: a review of the science and future considerations. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 3, p.15-35, Nov.2011.
- 14 LOPACHIN, R.M.; GAVIN, T. Acrylamide-induced nerve terminal damage: relevance to neurotoxic and neurodegenerative mechanisms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.15, p.5994-6003, 2008.
- 15 MATTHÄUS, B. *et al.* Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.106, p.793–801, 2004.
- 16 McKELVEY, W. *et al.* A second look at the relation between colorectal adenomas and consumption of foods containing partially hydrogenated oils. **Epidemiology**, v.11, p.469-473, 2000.
- 17 MESTDAGH, F. *et al.* Optimization of the blanching process to reduce acrylamide in fried potatoes. **Food Science and Technology**, v.41, p.1648-1654, 2008.
- 18 MICHALAK, J.; GUJSKA, E.; KLEPACKA, J. The effect of domestic preparation of some potato products on acrylamide content. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 6, p.307-312, 2011.
- 19 MOTTRAM, D.S. *et al.* Acrylamide is formed in the Maillard reaction. **Nature**, v.419, n.6906, p.448-449, 2002.
- 20 MUCCI, L.A. *et al.* Dietary acrylamide and cancer of the large bowel, kidney, and bladder: absence of an association in a population based study in Sweden. **British Journal of Cancer**, v.88, p.84-89, 2003.
- 21 MUCCI, L.A. *et al.* Dietary acrylamide and risk of renal cell cancer. **International Journal of Cancer**, v.109, p.774-776, 2004.
- 22 MULLA, M. *et al.* Acrylamide content in fried chips prepared from irradiated and non-irradiated stored potatoes. **Food Chemistry**, v.127, n.4, p.1668-1672, 2011.
- 23 ORACZ, J.; NEBESNY, E.; ZYZELEWICZ, D. New trends in quantification of acrylamide in food products. **Talanta**, v.86, p.23-34, 2011.
- 24 OU, S. Y. *et al.* Reduction of acrylamide formation by selected agents in fried potato crisps on industrial scale. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.9, p.116–121, 2008.
- 25 PALAZOGLU, T.K. *et al.* Effect of cooking method (baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips. **Journal of Food Science**, v.75, n.1, p.25-29, 2010.
- 26 PEDRESCHI, F. *et al.* Acrylamide reduction in potato chips by using commercial asparaginase in combination with conventional blanching. **Food Science and Technology**, v.44, p.1473-1476, 2011.
- 27 PELUCCHI, C. *et al.* Fried potatoes and human cancer. **International Journal of Cancer**, v.105, p.558-560, 2003.
- 28 PELUCCHI, C. *et al.* Dietary acrylamide and renal cell cancer. **International Journal of Cancer**, v.120, p.1376–1377, 2007.
- 29 PELUCCHI, C. *et al.* Exposure to acrylamide and human cancer: a review and meta-analysis of epidemiologic studies. **Annals of Oncology - Official Journal of the European Society for Medical Oncology**, v.22, n.7, p.1487-1499, 2011.

- 30 PINHO, O; FERREIRA, I. Contaminantes alimentares resultantes do processamento térmico. **Revista Segurança e Qualidade Alimentar**, n.5, p.37-39, nov.2008.
- 31 REYNOLDS, T. Acrylamide and cancer: tunnel leak in Sweden prompted studies. **Journal of National Cancer Institute**, v.94, n.2, p.876-878, 2002.
- 32 SANNY, M. *et al.* Possible causes of variation in acrylamide concentration in French fries prepared in food service establishments: an observational study. **Food Chemistry**, v.132, n.1, p.134-143, 2011.
- 33 STADLER, R.H. *et al.* In-depth mechanistic study on the formation of acrylamide and others vinylogous compounds by the Maillard reaction. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.17, p.5550-5558, 2004.
- 34 SVENSSON, K. *et al.* Dietary intake of acrylamide in Sweden. **Food and Chemical Toxicology**, v.41, p.1581-1586, 2003.
- 35 TARDIFF, R.G. Estimation of safe dietary intake levels of acrylamide for humans. **Food and Chemical Toxicology**, v.48, p.658-667, 2010.
- 36 TAREKE, E. *et al.* Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.17, p.4998-5006, 2002.
- 37 TSUTSUMIUCHI, K. *et al.* Formation of acrylamide from glucans and asparagine. **New Biotechnology**, v.28, n.6, p.566-573, 2011.
- 38 VINCI, R.M. *et al.* Acrylamide formation in fried potato products – present and future, a critical review on mitigation strategies. **Food Chemistry**, 2011, doi:10.1016/j.foodchem.2011.08.001.
- 39 WEISS, G. Acrylamide in food: uncharted territory. **Science**, v.297, n. 5578, p. 27-31, 2002.
- 40 WILSON, K.M. *et al.* Dietary acrylamide intake and risk of premenopausal breast cancer. **American Journal of Epidemiology**, v.169, p.954-961, 2009a.
- 41 WILSON, K.M. *et al.* Acrylamide exposure measured by food frequency questionnaire and hemoglobin adduct levels and prostate cancer risk in the cancer of the prostate in Sweden study. **International Journal of Cancer**, v.124, p.2384-2390, 2009b.
- 42 YAYLAYAN, V.A. *et al.* Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.6, p.1753-1757, 2003.
- 43 YING, Q.; MENLING, C.; YUEHUA, Z.; GENHUA, Z. Development of an enhanced chemiluminescence ELISA for the rapid detection of acrylamide in food products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, n.13, p.6895-6899, 2011.