

CONTAMINANTES ALIMENTARES RESULTANTES DO PROCESSAMENTO TÉRMICO



Olívia Pinho e Isabel Ferreira

O processamento industrial ou doméstico dos alimentos pretende garantir a sua qualidade e segurança, no entanto, as complexas reacções que ocorrem podem originar compostos indesejáveis com potenciais efeitos mutagénicos/carcinogénicos. A presença destas substâncias, potencialmente perigosas, tem constituído uma das grandes preocupações das entidades responsáveis pela segurança alimentar, devido às consequências que podem acarretar para a saúde pública a longo prazo. Estima-se que cerca de 30% da incidência de cancro humano, principalmente do cólon, estômago, mama e pâncreas, pode ser prevenido com hábitos alimentares adequados.

Através da alimentação, o ser humano está exposto a compostos mutagénicos/carcinogénicos que são formados, naturalmente, nos alimentos durante o processamento térmico, industrial ou doméstico. Esses compostos incluem as aminas aromáticas heterocíclicas, os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, as nitrosaminas, os furanos e a acrilamida e podem ocorrer nos alimentos processados pelo efeito do calor, em teores variáveis mas geralmente baixos.

Os referidos compostos para exercerem o seu efeito têm que conseguir passar as barreiras biológicas, não sendo, em geral,

mutagénicos/carcinogénicos na sua forma nativa, mas adquirem essa capacidade após activação metabólica resultante da acção dos sistemas enzimáticos endógenos. Uma grande variedade de enzimas está envolvida na metabolização destas substâncias tóxicas, podendo contribuir para a formação de metabolitos inócuos, que são excretados, ou alternativamente originar metabolitos activos com a capacidade de se ligarem ao ADN e formar aductos (Figura 1).

Aminas Aromáticas Heterocíclicas

Os alimentos que na sua composição apresentam teores elevados de certos nutrientes, como proteínas, aminoácidos e creatina, quando submetidos a temperaturas superiores a 160°C, formam aminas aromáticas heterocíclicas (AAHs). Encontram-se identificados mais de 20 compostos deste grupo de aminas, sendo as mais comuns designadas pelas abreviaturas: IQ, MeIQ, MeIQx, 4,8-DiMeIQx, PhIP, AαC, Trp-P-1, Trp-P-2.

Nos últimos anos, alguns dos estudos epidemiológicos realizados revelaram a existência de possíveis correlações entre os diferentes carcinomas humanos e o consumo de carne e peixe, o que foi atribuído à presença de AAHs nestes alimentos quando cozinhados a temperaturas elevadas, com a designação de “bem passado”. Pode assim verificar-se que as quantidades de aminas formadas dependem do alimento, da temperatura e do tempo de processamento. Em geral, quanto maior a temperatura e a duração

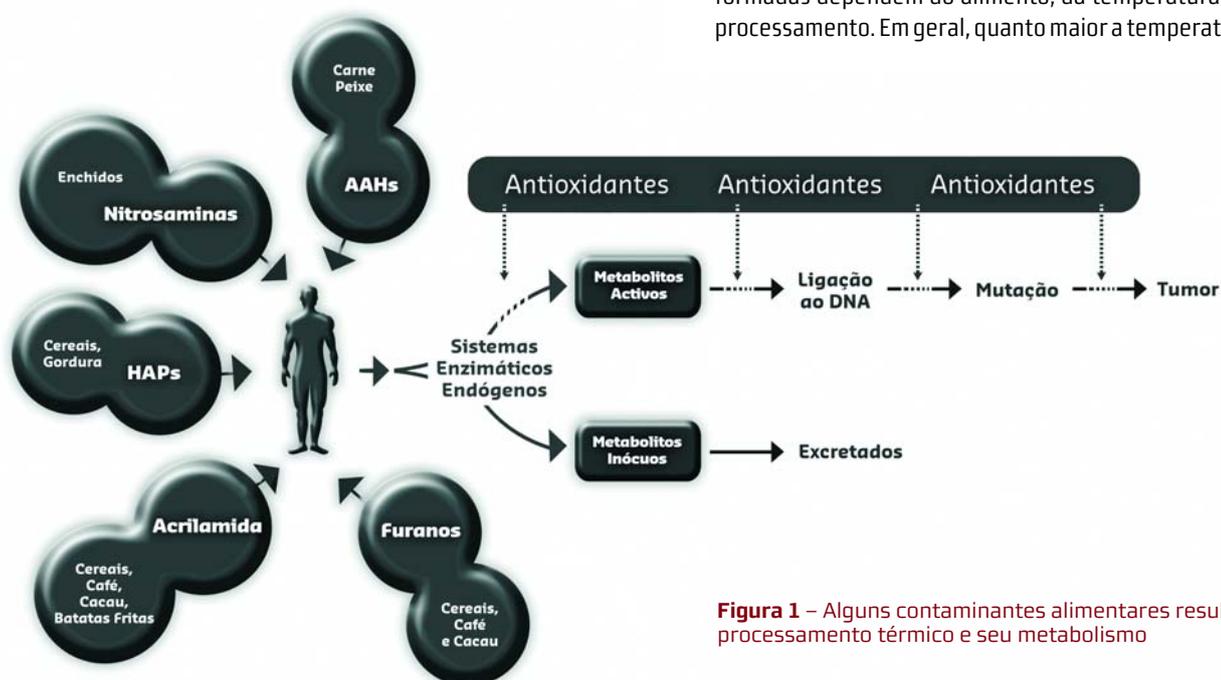


Figura 1 – Alguns contaminantes alimentares resultantes do processamento térmico e seu metabolismo

	Aminas Aromáticas Heterocíclicas (ng/g de alimento cozinhado)							
	IQ	MeIQ	MeIQx	4,8-DiMeIQx	PhIP	A_C	Trp-P-1	Trp-P-2
Carne	0-2	0-2	0-10	0-5	0-35	0-20	0-1	0-1
Frango	0-1	0-1	0-3	0-3	0-10	0-1	0-2	0-1
Peixe	0-1	0-0.3	0-2	0-1	0-10	0-10	0-1	n.d
Extractos de carne	0-15	0-6	0-80	0-9	0-10	0-3	0-5	0

Figura 2 – Teores de AAHs em alimentos cozinhados (ng/g) [2]

do processamento industrial/culinário, maior a quantidade de AAHs presentes. Assim sendo, alimentos diferentes, submetidos às mesmas condições de processamento, podem apresentar níveis muito diferentes de AAHs [1, 2]. A Figura 2 resume a gama de valores descritos na literatura.

Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) constituem um grupo de contaminantes que se encontram presentes no ambiente e nos alimentos. São formados pela combustão incompleta dos materiais orgânicos através de processos naturais ou antropogénicos, como os fogos florestais, o aquecimento residencial (óleo, carvão e madeira), o processamento alimentar e a fumaça, entre outros. Até à data, mais de 100 HAPs foram caracterizados na natureza, 16 dos quais foram classificados pela Environmental Protection Agency, EPA, como poluentes prioritários.

A preocupação da comunidade científica com estes compostos surgiu entre os anos 60 e 70, sendo o benzo(a)pireno (B[a]P) e o dibenz[a,h]antraceno referenciados como os poluentes mais carcinogénicos. Os níveis máximos admitidos de HAPs, especificamente o benzo(a)pireno, em certos géneros alimentícios estão fixados na legislação europeia. O referido poluente é utilizado como marcador da presença de HAPs.

A defumação, a secagem de grãos e a torrefação são exemplos de processamentos que contribuem para o aporte de HAPs em carnes, queijos, grãos, café, óleos vegetais, entre outros alimentos. Diversos estudos apontam para que os cereais, as gorduras, os óleos e os respectivos produtos derivados sejam os principais responsáveis pelo consumo diário de HAPs. No entanto, os alimentos fumados ou grelhados no carvão podem apresentar quantidades consideráveis de HAPs, resultantes do processo de fumaça ou de grelha, especialmente quando o fumo incide directamente no alimento. Alguns factores, tais como, a percentagem de humidade da madeira, a quantidade de ar for-

necido e a temperatura de combustão usada afectam a formação de HAPs.

A exposição aos HAPs pode causar efeitos nefastos na saúde humana com o aparecimento de doenças respiratórias, sendo de realçar o cancro do pulmão. Esta exposição pode ser efectuada através de diferentes meios, mas a alimentação é considerada como uma das maiores vias dessa exposição, sendo o consumo diário de HAPs carcinogénicos resultantes da alimentação de aproximadamente 3 µg/dia. Esta quantidade é cerca de 20 vezes superior ao nível de exposição por inalação (0,13 µg/dia) e 500 vezes superior à dose ingerida na água (0,006 µg/dia) [3].

Furanos

Os furanos são produzidos durante o processamento e armazenamento de alimentos contendo hidratos de carbono, tanto a nível industrial como caseiro. Nas condições ácidas que normalmente ocorrem nos alimentos, a desidratação dos hidratos de carbono leva à formação de compostos como o 5-hidroxiacetilfurfural (HMF), cujos teores podem exceder 1g/kg em diversos alimentos. O HMF é reconhecido como um indicador da deterioração da qualidade dos alimentos, em consequência de um aquecimento excessivo ou de um armazenamento prolongado. De referir que os aromatizantes adicionados aos alimentos podem conter diversos furanos.

O HMF foi estudado recentemente pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), tendo verificado-se que na dieta a maior parte do HMF é oxidado, originando metabólitos inócuos, tais como o ácido 5-hidroxiacetil-2-furoico e excretados. No entanto, uma via menor resulta da sulfonação e bioactivação do HMF a 5-sulfoacetilfurfural (SMF). Este composto pode ligar-se ao DNA e apresentar efeitos citotóxicos e mutagénicos [4]. Consequentemente, em estudos realizados no rato e ratinho, o HMF foi classificado como carcinogénico.

Acrilamida

A acrilamida é um contaminante formado em alimentos ricos em açúcares redutores quando são submetidos a vários processos de cocção (cozedura, torra, fritura, esterilização, ...), a temperaturas que variam entre os 90 e os 220°C. A acrilamida é tóxica e provavelmente carcinogénica para os animais e seres humanos, pertencendo ao grupo 2A referenciado pela Agência Internacional para a Pesquisa do Cancro (IARC), desde 1994.

Em Abril de 2002, a Agência Alimentar Nacional Sueca e a Universidade de Estocolmo apresentaram resultados de estudos que mostravam a presença de uma elevada concentração de acrilamida em certos alimentos processados. Mais tarde foi também descoberta a sua presença no café, o que provocou uma grande preocupação quanto à exposição à acrilamida.

Alimentos	Acrilamida (ng/g de alimento cozinhado)
Batatas fritas	117 - 2762
Chocolate	0 - 909
Bolachas de água e sal	28 - 504
Cereais	47 - 266
Café	176 - 362
Pão de tosta	10 - 364

Figura 3 – Teores de acrilamida em diferentes alimentos (ng/g) [5]

A presença de acrilamida nos alimentos resulta, principalmente, das reacções de Maillard que envolvem os aminoácidos (principalmente asparagina) e os carbonilos reactivos (açúcares redutores, ex. a glucose). Este tipo de reacções ocorre tipicamente durante o aquecimento dos alimentos, em que os açúcares redutores reagem com os aminoácidos, iniciando uma cascata de reacções que provoca o acastanhamento dos alimentos. Verifica-se, geralmente, uma correlação entre a coloração das amostras e a quantidade de acrilamida presente. A Figura 3 resume a gama de valores descritos na literatura para a quantidade de acrilamida presente em diferentes alimentos.

O resíduo de amida pode sofrer reacções que incluem hidrólise, desidratação, alcoólise e condensação com aldeídos, que desempenham um papel importante no metabolismo da acrilamida e nos seus efeitos na saúde. No organismo, a acrilamida pode também ser metabolizada em glicidamida, que é um composto indutor de mutagenicidade e cancro, ou formar aductos com a hemoglobina. As principais fontes de acrilamida na alimentação variam com os hábitos alimentares nacionais/regionais. Por exemplo, as batatas fritas e outros produtos à base de batata são consumidos em quantidades relativamente altas nos Estados Unidos da América (fornecendo cerca de 35% da quantidade total de acrilamida consumida diariamente), enquanto que o café e o pão apresentam um contributo relativamente baixo no consumo diário (7% para o café, 11% para o pão e tostas).

Foram realizados outros estudos para avaliar a contribuição dos diferentes géneros alimentícios para a quantidade de acrilamida consumida na população holandesa, norueguesa, belga e alemã, tendo verificado-se que, em geral, as batatas fritas, as bolachas e os biscoitos são a principal fonte de ingestão de acrilamida na infância, enquanto que na população adulta o café passou a ser uma fonte importante.

Nitrosaminas

Em 1960 a comunidade científica considerou as N-nitrosaminas como potenciais carcinogéneos. Estes compostos resultam da reacção de agentes nitrosantes, derivados de sais nitrito ou óxido nítrico, com grupos amina. O que pode ocorrer durante o processamento dos alimentos, bem como *in vivo*, no tracto gastrointestinal, pela nitrosação de aminas secundárias, as quais podem estar associadas a um alto risco de cancro hepático, gástrico e do esófago. De um modo geral, os alimentos crus, como vegetais, frutas, carnes, cereais e produtos lácteos, contêm baixos teores de N-nitrosaminas. No entanto, o processamento, principalmente o processo de cura, onde se adiciona nitrito e/ou nitrato, pode elevar consideravelmente o nível de nitrosaminas, entre as quais se destacam: a N-nitrosodimetilamina (NDMA), a N-nitrosodietilamina (NDEA), a N-nitrosopirrolidina (NPIR) e a N-nitrosopiperidina (NPIP).

A formação de N-nitrosaminas depende da concentração de nitrito,



O MAIS ALTO GRAU DE CONFIANÇA

Grupo presente em todos os segmentos
da logística sob temperatura controlada



FOODINTECH
WORKSHOP
SERIES

Novas tecnologias no apoio ao Sector Agro-Alimentar



Food System Management – Industry

Sistema Integrado de Gestão da Produção / HACCP
na Indústria Agro-Alimentar

Prémio Iniciativa NEOTEC - Agência de Inovação (ADI)



Food System Management – Audit

Inovando o processo de auditorias e reportings
a Sistemas de Segurança Alimentar



Hi-Tech na monitorização da temperatura de produtos
termo-sensíveis.

Patente de Invenção Nacional - PT 103 649

PORTO | LISBOA UCP ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA
FEVEREIRO de 2009

INSCRIÇÕES GRATUITAS



FoodInTech Lda.
CIDEB – ESB
Rua Dr. António Bernardino de Almeida
4200-072 Porto – Portugal

Tel: 220500507
Fax: 225090351
Tm: 91 2492204
email: workshop@foodintech.pt

WWW.FOODINTECH.PT

MEDIA PARTNER



INSTITUTIONAL PARTNER



visto que a velocidade desta reacção é directamente proporcional ao quadrado da concentração de nitrito presente. Outros factores afectam a sua formação, nomeadamente a temperatura e o pH. O pH óptimo para a nitrosação da maioria das aminas está compreendido entre 2.5 e 3.5.

As carnes curadas têm uma quantidade significativa de vários tipos de N-nitrosaminas, podendo oscilar entre 0 e 55 µg/Kg. O peixe salgado pode apresentar teores surpreendentemente elevados de N-nitrosaminas (3-300 µg/Kg), as lulas grelhadas apresentam níveis de N-nitrosaminas da ordem dos 13 µg/Kg, os vegetais, devido ao elevado teor de nitrito em alguns solos, também podem contribuir para a ingestão de teores preocupantes destes compostos, por exemplo na sopa, onde foram detectados 11 µg/Kg. Bebidas alcoólicas como a cerveja também podem conter teores variáveis de N-nitrosaminas (0.5 a 3,60 µg/Kg).

Avaliar a exposição dos seres humanos às N-nitrosaminas não é fácil porque, além dos alimentos, estas estão presentes em diversos produtos, nomeadamente cosméticos, produtos farmacêuticos, fumo do tabaco, gases industriais, etc. No entanto, em países como a França, este parâmetro foi calculado e estimou-se em 0,9 µg/dia. Um terço deste valor resultou da ingestão de bebidas alcoólicas, 22% da ingestão de vegetais, 12,5% da ingestão de carne, 10% do consumo de queijo e 7% do consumo de peixe.

Os efeitos na carcinogénese humana dos compostos genotóxicos resultantes do processamento dos alimentos, referidos anteriormente, são influenciados pela activação metabólica, destoxificação e resposta celular às lesões do ADN. Os antioxidantes podem actuar em diferentes fases deste processo, quer ao minimizar a formação destes compostos durante o processamento, quer ao inibir a sua carcinogenicidade, influenciando a actividade dos sistemas enzimáticos endógenos e a capacidade de reparação celular (Figura 1).

O risco da exposição crónica aos contaminantes da dieta resultantes do processamento culinário/industrial depende da dose, da frequência de exposição a cada composto e da susceptibilidade genética de cada indivíduo. Deste modo, uma alimentação variada, que inclua alimentos ricos em antioxidantes (ex. vegetais, frutos, vinho, cerveja), minimiza os efeitos nefastos destes contaminantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <https://www.fcna.up.pt/projectoPreGraduacao>.
- [2] A. Melo, O. Viegas, C. Petisca, O. Pinho, I. M.P.L.V.O. Ferreira. "Effect of Beer / Red Wine Marinades on the Formation of Heterocyclic Aromatic Amines in Pan Fried Beef". *J Agric Food Chem*, *in press*.
- [3] P. Simko. "Factors affecting elimination of polycyclic aromatic hydrocarbons from smoked meat foods and liquid smoke flavorings", *Mol. Nutr. Food Res.* 49, pp. 637–647 2005.
- [4] M. Murkovic, N. Pichler. "Analysis of 5-hydroxymethylfurfural in coffee, dried fruits and urine", *Mol. Nutr. Food Res.* 2006, 50, 842–846.
- [5] C. Soares, J. Fernandes. "MSPD method to determine acrylamine in food", *Food Analytical Methods*, *in press*.

Olívia Pinho, professora associada com agregação da Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto e investigadora do Laboratório Associado REQUIMTE-ICETA, UP.

Isabel Ferreira, professora auxiliar com agregação da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto e investigadora do Laboratório Associado REQUIMTE-ICETA, UP.