

Bienestar y Salud Social

Pedro César Cantú Martínez

Editor

Universidad Autónoma de Nuevo León

Primera edición, 2020

Cantú-Martínez, Pedro César (Editor)
Bienestar y Salud Social/ Pedro César Cantú-Martínez (Editor)
Primera edición, Monterrey, N.L.; Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad
de Ciencias Biológicas, 2020. 474 páginas. 16 cm x 21 cm
(Colección Tendencias)

ISBN: 978-607-27-1302-4

Rogelio G. Garza Rivera
Rector
Santos Guzmán López
Secretario General
Emilia E. Vázquez Farías
Secretaría Académica
Celso José Garza Acuña
Secretario de Extensión y Cultura
Antonio Ramos Revillas
Director de la Editorial Universitaria UANL

© Universidad Autónoma de Nuevo León
© Pedro César Cantú Martínez

Casa Universitaria del Libro
Padre Mier 909 Poniente esquina con Vallarta
Monterrey, N.L., México, C.P. 64440
Teléfono: (5281) 8329 4111 / Fax: (5281) 8329 4095
E-mail: editorial.uanl@uanl.mx
Página web: www.editorialuniversitaria.uanl.mx

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra -incluido el diseño
tipográfico y de portada-, sin el permiso por escrito del autor.

Impreso en Monterrey, México
Printed in Monterrey, Mexico



Capítulo 20. Exposición dietética a la acrilamida

Mirna Elizabeth Santos Lara¹

Pedro César Cantú-Martínez²

Antonio José Trujillo Mesa³

INTRODUCCIÓN

En nuestra vida diaria nos exponemos a una gran cantidad de sustancias químicas, y en estos últimos años se ha detectado, después de acuciosas investigaciones científicas, que la presencia de sustancias químicas tóxicas en los alimentos es una realidad que afecta a los consumidores, ya sea que ingresen por vía externa o se formen durante los tratamientos tecnológicos usados en su preparación, como también en los procesos térmicos que se utilizan para la cocción, esterilización, fritura, tostado u horneado (Barlow, 2005). De manera particular los tratamientos térmicos en la industria alimentaria involucran una serie de transformaciones que conllevan cambios en los alimentos en los cuales se crean nuevos compuestos, los cuales de manera general, inciden en la aceptabilidad del producto por parte del consumidor.

Jiménez et al. (2007) señala que en algunos casos el empleo de las temperaturas en combinación con otras externalidades pueden producir compuestos tóxicos que reducen considerablemente su valor biológico y afectan la seguridad de los alimentos. Estas sustancias pueden considerarse como contaminantes indus-

1. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Salud Pública y Nutrición. Monterrey, N.L., México.

2. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, San Nicolás de los Garza, N.L., México.

3. Universitat Autònoma de Barcelona, Facultad de Veterinaria. Barcelona, España.

triales derivados de los métodos a los que se sujetan los alimentos como es la cocción, y que no estaban presentes en el alimento fresco, y su origen está directamente relacionado con el proceso industrial o bien al culinario, que fue sometido el alimento para su preparación. Algunas de estas sustancias formadas están relacionadas con alergias, efectos carcinogénicos, mutagénicos e inclusive de carácter teratogénico, que alteran la salud esencialmente cuando se consumen por largos periodos, y la gravedad del daño dependerá de las cualidades de las personas, la dosis y el tiempo de exposición (Masson et al., 2007; Barlow, 2005).

Por esta razón de acuerdo a Vega et al. (2007) consideran que los alimentos no solo son vehículos que conllevan nutrimentos al ser humano, sino además sustancias tóxicas. Uno de los primeros compuestos químicos estudiados y que se origina en la preparación de alimentos es la acrilamida. Los hallazgos han demostrado que la acrilamida tiene su génesis en diversos tipos de comida de acuerdo a su origen, composición y modo de preparación (Jiménez et al., 2007). La acrilamida es considerada como una sustancia precursora de cáncer, así lo establece la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer citado por Valenzuela y Ronco (2007). Aquí dilucidaremos la evidencia existente sobre los efectos de la acrilamida, sus propiedades y características, para posteriormente efectuar unas consideraciones finales al respecto.

MARCO CONCEPTUAL

Características fisicoquímicas

La acrilamida (2-propenamida $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-\text{NH}_2$) es un compuesto sólido, blanco y cristalino que carece de aroma, con un peso molecular de 71.08 g/mol. Es una molécula polar altamente soluble en agua (2155 g/L a 30 grados centígrados), tiene una baja solubilidad en alcoholes (1550 g/L en metanol y 860 g/L en etanol) y en otros solventes orgánicos polares (396 g/L en acetonitrilo, 126 g/L en acetato de etilo y 631 g/L en acetona), también es soluble en solventes orgánicos no polares como heptano o tetracloruro de carbono (<1 g/L). Tiene una densidad de 1.27 g/L (a 25 grados centígrados), su punto de fusión es de 84.5 grados centígrados y de

ebullición a 25 mm/Hg es de 125 grados centígrados (Valenzuela y Ronco, 2007). La acrilamida sólida es estable a temperatura ambiente, pero puede polimerizarse violentamente cuando se mezcla o expone a agentes oxidantes. Se utiliza en la fabricación de materiales de poli-acrilamida de alto peso molecular y para proporcionar a los materiales propiedades iónicas (El-Ziney et al., 2009).

Algunas de las aplicaciones más comunes de esos polímeros son el tratamiento de agua potables, procesamiento de petróleo, papael, minerales, concreto, y textiles, también en la industria de los cosméticos, cirugías oftálmicas, plásticos, lentes de contacto y en emulsiones y adhesivos; además está presente en el humo del tabaco (Zubeldía y Gomar, 2007; Sharma et al., 2008).

Formación de la acrilamida en los alimentos

Distintas investigaciones en el área de alimentos están indagando la forma de dilucidar las vías químicas de formación de la acrilamida y adicionalmente se encuentran buscando tratamientos efectivos para reducir o inhibir su presencia así como también indagar la toxicidad a distintas exposiciones de acrilamida (Zhu et al., 2008). De acuerdo a las últimas pesquisas que se han realizado en los últimos años, se ha demostrado que la acrilamida se forma mayoritariamente mediante una reacción denominada Maillard, en la cual los grupos carbonilo de los azúcares reductores reaccionan con el grupo amino para formar este compuesto (Claus et al., 2008; Kaplan et al., 2009).

También se ha comprobado que la asparagina es el aminoácido principal que interviene en esta reacción, por lo tanto, se le considera como el precursor más destacable. Conforme a Mottram et al (2002) esto explica por qué la cantidad de acrilamida es muy copiosa en productos que tienen como base la patata o papa, y esto es debido a que este tubérculo es particularmente rico en asparagina. Sin embargo, Enríquez-Fernández y Sosa-Morales (2010, p. 4) advierten que “otros aminoácidos que producen bajas cantidades de acrilamida son: alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, glutamina, metionina, treonina y valina”.

Acorde a distintos autores la temperatura y el tiempo de tratamiento que reciben los alimentos son también factores rele-

vantes en la formación de acrilamida, considerándose que a temperaturas entre 120 a 185 grados centígrados la formación de acrilamida aumenta (Surdyk et al., 2004; Gökmen et al., 2006; Tardiff et al., 2010).

ANTECEDENTES E IMPLICACIONES A LA EXPOSICIÓN DE ACRILAMIDA

Presencia en alimentos

En abril del año 2002, la Autoridad Sanitaria Sueca de los Alimentos, junto a un grupo de investigadores de la Universidad de Estocolmo, anunciaron el descubrimiento de niveles relativamente altos de acrilamida en muchos tipos de alimentos, esencialmente formada durante la preparación, cocción, freído u horneado a altas temperaturas (más de 120 grados centígrados). Esto sucedió principalmente en alimentos con abundante presencia de almidón y pobres cantidades en proteínas. Tareke et al. (2002) indicaron que entre los productos analizados destacaron por sus concentraciones altas en acrilamida los productos industrializados derivados de cereales y tubérculos, particularmente aquellos de plantas de procesamiento comerciales, de establecimientos de servicios alimentarios y aquellos preparados en el hogar. Es así que el Comité Científico de la Alimentación Humana opinó en 2002 sobre la presencia de acrilamida, como de la necesidad de tomar acciones para reducir este compuesto en los alimentos ante la alerta emanada por las recomendaciones establecidas por la autoridad sanitaria sueca.

Desde el momento que fueron mostrados estos hallazgos la FAO/OMS (2002) convocó a una consulta para examinar los datos disponibles sobre la presencia de acrilamida en grupos de alimentos como cereales, café, pan, patatas, y otros que estaban bajo sospecha, incluyendo verduras. Estos muestreos los realizaron en Noruega, Suecia, Suiza, Reino Unido, y Estados Unidos (ver Tabla 1).

Por otra parte, en el año 2003 la Comisión Europea emite una serie de recomendaciones dirigidas a la industria alimentaria, como también a los establecimientos restauraneros y consumidores para reducir la presencia de acrilamida mayormente en aquellos alimentos susceptibles de originarla. En este marco de acciones

Tabla 1. Niveles de acrilamida en distintos alimentos

GRUPO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS	NIVELES DE ACRILAMIDA (microgramos/kilogramo)			
	Media	Mediana	Mín/Máx	Número de Muestras
Papa/papas fritas en rodajas	1312	1343	170/2287	38
Papas fritas en bastones	537	330	<50/3500	39
Productos rebosados	36	36	<30/42	2
Productos de panadería	112	<50	<50/450	19
Biscochos, galletas, tostada, rodajas de pan	423	142	<30/3200	58
Cereales para el desayuno	298	150	<30/1346	29
Copos de maíz	218	167	34/416	7
Pan suave	50	30	<30/162	41
Pescado y productos del mar empanados, rebosados	35	35	30/39	4

Fuente: FAO/OMS (2002, p. 9).

Tabla 1. Presencia de acrilamida en distintos alimentos
(Continuación)

GRUPO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS	NIVELES DE ACRILAMIDA (microgramos/kilogramo)			
	Media	Mediana	Mín/Máx	Número de Muestras
Carnes de aves, empanados, rebosados	52	52	39/64	2
Bebidas de malta instantáneas	50	50	<50/70	3
Chocolate en polvo	75	75	<50/100	2
Café en polvo	200	200	170/230	3
Cerveza	<30	<30	<30	1

Fuente: FAO/OMS (2002, p. 9).

el Comité Mixto de la FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, han concluido en sus evaluaciones del 2005 y 2010, el llevar a cabo más investigaciones para establecer la ingesta diaria tolerable de acrilamida presente en los alimentos, toda vez que ya se ha reconocido su presencia en ellos.

Una vez llevadas a cabo estas pesquisas estimaron que el intervalo de la dosis en la cual existe la probabilidad de crear tumores, es decir efectos neoplásicos o bien efectos adversos neurológicos conllevaba una dosis de 0.31 mg/kg/día para el caso de los tumores mamarios en ratas, mientras que para las alteraciones neurotóxicas, probado en distintos animales, sería de 0.2 mg/kg/día (Gao et al., 2016). En este tenor, la Comisión Europea en 2013 (Recomendación 2013/647/UE) se pronunció dando a conocer un inventario de valores recomendados de acrilamida en alimentos,

Tabla 2. Valores permisibles de acrilamida en distintos alimentos

ALIMENTO	Valor (microgramos/kilogramo)
Patatas fritas listas para consumir	600
Patatas fritas a la inglesa (chips) fabricadas con patatas frescas y con masa de patatas Galletas saladas a base de patatas	1000
Pan de molde	
a) pan de molde a base de trigo	80
b) otro pan de molde	150
Cereales para el desayuno (a excepción del porridge)	
— productos de salvado y cereales integrales, grano inflado (solo es pertinente si está así etiquetado)	400
— productos de trigo y centeno	300
— productos de maíz, avena, espelta, cebada y arroz	200
Galletas y barquillos	500
Galletas saladas, excepto las de patata	500
Pan crujiente	450
Pan de especias	1000
Productos similares a otros de esta categoría	500
Café tostado	450
Café instantáneo (soluble)	900
Sucedáneos del café	
a) a base de cereales, principalmente	2000
b) otros sucedáneos del café	4000

Fuente: modificado de la Comisión Europea (2013, p. 3).

Tabla 2. Valores permisibles de acrilamida en distintos alimentos
(Continuación)

ALIMENTO	Valor (microgramos/kilogramo)
Alimentos infantiles, distintos de los elaborados a base de cereales	
a) sin ciruelas pasas	50
b) con ciruelas pasas	80
Galletas y bizcochos para lactantes y niños de corta edad	200
Alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños de corta edad, excluidos las galletas y los bizcochos	50

Fuente: modificado de la Comisión Europea (2013, p. 3).

fundamentalmente para patatas fritas, pan de molde, cereales, galletas y barquillos, café tostado e instantáneo, como también para alimentos infantiles (ver Tabla 2). Es así que el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad en España, a través de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (2017, p. 3) pronuncia recientemente que

a nivel de industrias alimentarias, en la UE se consideró la aplicación de buenas prácticas durante el procesado de determinados alimentos debería ser efectiva y reducir la formación de acrilamida en el producto final, de modo que [...] se han trasladado a folletos informativos [la información] para ayudar a los operadores económicos a ponerlos en práctica. Actualmente existen folletos para galletas y crackers, productos de panadería, cereales de desayuno, patatas fritas de bolsa, patatas fritas y alimentos infantiles.

Exposición por consumo

Actualmente no se cuenta con niveles de acrilamida regulados como seguros, y los estudios muestran en distintas naciones

diferencias considerables en la exposición, principalmente motivadas en los patrones de consumo existentes de los alimentos susceptibles a contener acrilamida, como también a las formas peculiares de preparación de los alimentos y la ingesta acorde a los hábitos

Tabla 3. Niveles de exposición por consumo de acrilamida

País	Edad	Exposición de acrilamida (microgramos/kg/ día)
Países Bajos	1-97 años	0.48
	7-18 años	0.71
	1-6 años	1.1
Suecia	6 meses	0.04
	7 -12 meses	0.5
Noruega	6 meses (niñas)	0.31
	6 meses (niños)	0.29
	1 año (niñas)	0.36
	1 año (niños)	0.33
Brasil	11-17 años	0.12
Francia	> 15 años	0.5
	2 - 14 años	0.33
Polonia	1-96 años	0.43
	7-18 años	0.62
	1-6 años	00.75
	6-12 meses	2.10-4.32
Alemania	< 1 año	0.16-0.98
	1-7 años	0.19-1.79
	7-9 años	0.12-1.60
México*	5-11 años	5.68
	12-19 años	5.68
	20-39 años	51.12
	40-59 años	34.08
	> 60 años	11.36

Fuente: Cengiz y Gündüz (2013); Santos-Lara (2018)*.

alimenticios de orden cultural. En la Tabla 3 se muestran niveles de exposición a la acrilamida en algunas naciones. Estos valores se ven afectados por la edad, el total de consumo de alimentos por día o bien el tiempo de consumo de estos, así como las particularidades de los participantes.

CONSIDERACIONES FINALES

Hoy en día es muy recomendable que las autoridades sanitarias demarquen directrices en relación a la regulación de la presencia de acrilamida en la preparación de alimentos. Con la finalidad de generar datos confiables en relación a la exposición dietética a la acrilamida, y conllevaría a la construcción y validación de una base de datos en referencia a la ingesta.

Pero además, de conminar a la población de llevar una alimentación saludable, es pertinente realizar una seria orientación de cómo llevar a cabo la preparación de los alimentos. Ya que tras estas evidencias que se han mostrado, es indudable que la industria alimentaria y restaurantera debería hacer ajustes en sus procesos, particularmente cuando esto involucre preparar, cocer, freír u hornear a altas temperaturas, principalmente alimentos que son ricos en almidón y azúcares. Adicionalmente se requiere seguir investigando y es recomendable realizar estudios epidemiológicos longitudinales a gran escala, preferentemente, con la finalidad de seguir documentando los posibles riesgos en la salud humana.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (2017). Acrilamida. Madrid. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad en España.
- Barlow, S. (2005). Threshold of toxicological concern (TTC): a tool for assessing substances of unknown toxicity present at low levels in the diet. Brussels. ILSI Europe.
- Cengiz, F. & Gündüz, C.P.B. (2013). Acrylamide exposure among turkish toddlers from selected cereal-based. Food and Chemical Toxicology, 60, 514-519.

- Claus, A., Carle, R. & Schieber, A. (2008). Acrylamide in cereal products: A review. *Journal of Cereal Science*, 47(2), 118-133
- Comisión Europea (2013). Recomendación de la Comisión de 8 de noviembre de 2013 relativa a la investigación de los niveles de acrilamida en los alimentos. *Diario Oficial de la Unión Europea* del 12 de Noviembre de 2013.
- El-Ziney, M.G., Al-Turki, A. & Tawfik, M.S. (2009). Acrylamide Status in Selected Traditional Saudi Foods and Infant Milk and Foods with Estimation of Daily Exposure. *American Journal of Food Technology*, 4(5), 177-191.
- Enríquez-Fernández, B.E. & Sosa-Morales, M.E. (2010). Acrilamida en alimentos: causas y consecuencias. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 4(2), 1-12.
- FAO/OMS (2002). Consecuencias para la salud de acrilamida en los alimentos. Informe de la Consulta de FAO/OMS. Ginebra. Organización Mundial de la Salud.
- Gao, J. Zhao, Y., Zhu, F., Ma, Y., Miao, H. & Wu, Y. (2016). Dietary exposure of acrylamide from the fifth Chinese total diet study. *Food and Chemical Toxicology*, 87, 97-102.
- Gökmen, V., Palazoğlu, T.K. & Şenyuva, H.Z. (2006). Relation between the acrylamide formation and time-temperature history of surface and core regions of French fries. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 972-976.
- Jiménez, S., Morales Navas, F.J., Arribas-Lorenzo, G. & Martí López, E. (2007). Formación de Acrilamida durante el procesado y cocinado de alimentos. Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- Kaplan, O., Kaya, G., Ozcan, C., Ince, M. & Yaman, M. (2009). Acrylamide concentrations in grilled foodstuffs of Turkish kitchen by high performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 93(2), 173-179.
- Masson, L., Muñoz, J. R., Romero, N. et al. (2007). Acrilamida en patatas fritas: revisión actualizada. *Grasas y Aceites*, 58(2), 185-193.
- Mottram, D.S., Wedzicha, B.L. & Dodson, A.T. (2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419, 448-449
- Santos-Lara, M.E. (2017). Desarrollo de un método analítico para la cuantificación de acrilamida en tostadas de tortillas de maíz procedentes de Monterrey, (México). y estimación de la exposición

- dietética. (Tesis de Doctorado). Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona, España.
- Sharma, A. Sharma, R. & Jain, J. (2008). Biochemical changes in the livers of swiss albino mice orally exposed to acrylamide. *Journl of Science and Technology*, 3(2), 542-550.
- Surdyk, N., Rosén, J., Andersson, R. & Aman, P. (2004). Effects of asparagine, fructose, and baking conditions on acrylamide content in yeast-leavened wheat bread. *J Agric Food Chem*, 52(7), 2047-2051.
- Tardiff, R.G., Gargas, M.L., Kirman, C.R., Carson, M.L. & Sweeney L.M. (2010). Estimation of safe dietary intake levels of acrylamide for humans. *Food Chem Toxicol*, 48(2), 658-667.
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S. & Törnqvist, M. (2002). Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agriucultural and Food Chemistry*. 50(17), 4998-5006.
- Valenzuela, R. & Ronco, A.M. (2007). Acrilamida en los alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 34(1), 8-16.
- Vega, S., Coronado, H.M., Gutiérrez, T.R., Díaz, G.G., Ramírez, A.A., Salas, M.J. & Pérez, G.J. (2007). Archilamida: un tóxico alimentario en el nuevo milenio. El caso de la leche. *Carnilac Industrial*, 22(1), 17-22.
- Zhu, Y, Li, G., Duan, Y., Chen, S., Zhang, C. & Li, Y. (2008). Application of the standard addition method for the determination of acrylamide in heat-processed starchy foods by gas chromatography with electron capture detector. *Food Chem*, 109(4), 899-908.
- Zubeldía, L. & Gomar, F. (2007). Acrilamida e patatas fritas y productos de aperitivo elaborados en la Comunidad Valenciana, *Gaceta Sanitaria*, 21(4), 334-337.