

Revista Ciencias del Mar UAS

Abril - Junio 2024

Núm. 3 Vol.1



U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



E-ISSN (en trámite)



Artículo Científico

Contenido de metales en músculo de camarones *Penaeus vannamei*, durante un ciclo de cultivo en Mazatlán, Sinaloa, México

Metal content in shrimp muscle *Penaeus vannamei*, during a cultivation cycle in Mazatlan, Sinaloa, Mexico



1. Héctor Manuel Zazueta-Padilla

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
Paseo Claussen s/n, colonia centro,
C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



2. Jania Vallejo-Peña

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
Paseo Claussen s/n, colonia centro,
C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.




3. Gabriel López-López

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
Paseo Claussen s/n, colonia centro,
C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



4. Marisela Aguilar-Juárez

 0009-0003-0862-5542
Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
Paseo Claussen s/n, colonia centro,
C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



5. Mónica Anabel Ortiz-Arellano



0000-0002-7870-3852

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
Paseo Claussen s/n, colonia centro,
C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



6. Iliana Hetzabet Zazueta-Ojeda



0009-0008-3224-7004

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
Paseo Claussen s/n, colonia centro,
C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.



7. Carmen Cristina Osuna-Martínez



0000-0003-4934-5790

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
Paseo Claussen s/n, colonia centro,
C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.
Autor de correspondencia:
carmen.cristina.osuna@uas.edu.mx



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el origina



Contenido de metales en músculo de camarones *Penaeus vannamei*, durante un ciclo de cultivo en Mazatlán, Sinaloa, México

Metal content in shrimp muscle *Penaeus vannamei*, during a cultivation cycle in Mazatlan, Sinaloa, Mexico

▶ RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar las concentraciones de metales (cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel y zinc) presentes en el abdomen (músculo o tejido comestible) de especímenes del camarón blanco *Penaeus vannamei* (Boone, 1931), recolectados durante un ciclo de cultivo (cuatro meses) en una granja camaronícola ubicada en el sur de Mazatlán, Sinaloa, México. Se realizaron 11 muestreos donde se obtuvieron camarones en lotes de 30 a 40 organismos (eliminando organismos con talla inferior y superior al intervalo de talla deseado), separados por tallas en intervalos de un centímetro (desde 5-6 hasta 15-16 cm). Una vez procesados en el laboratorio, se determinó la concentración de metales por espectrofotometría de absorción atómica. En los resultados, se observó que los elementos esenciales se encontraron en mayor concentración que el cadmio (no esencial). Respecto al riesgo de salud, el zinc es el metal que limitaría su consumo, aunque se tendría que consumir alrededor de 1 kg/día para que represente un riesgo, por lo que se concluye que el consumo de camarones *P. vannamei* cultivados en esta granja no implica un riesgo (por la ingesta de estos metales) para la salud humana.

PALABRAS CLAVE: metales pesados, metales esenciales, acuicultura, camaronicultura, tejido comestible



► ABSTRACT

This study was carried out with the objective of evaluating the concentrations of metals (cadmium, cobalt, copper, chromium, iron, manganese, nickel and zinc) present in the abdomen (muscle or edible tissue) of specimens of the white shrimp *Penaeus vannamei* (Boone, 1931), collected during a culture cycle (four months) on a shrimp farm in Mazatlán, Sinaloa, Mexico. A total of eleven pooled samples of 30 to 40 organisms were obtained (eliminating organisms smaller and larger than the desired size range), separated by size in intervals of one centimeter (from 5-6 to 15-16 cm). Once processed in the laboratory, the concentration of metals was determined by atomic absorption spectrophotometry. In the results, it was observed that the essential elements were found in higher concentration than cadmium (non-essential). Regarding the health risk, Zn is the metal that would limit its consumption, although around 1 kg/day would have to be consumed to represent a risk; therefore, it is concluded that the consumption of *P. vannamei* shrimps grown on that farm does not imply a risk (due to ingestion of these metals) to human health.

KEYWORDS: heavy metals, essential metals, aquaculture, shrimp farming, edible tissue

► INTRODUCCIÓN

Algunos metales son contaminantes altamente peligrosos para los ecosistemas acuáticos debido a su alta persistencia y toxicidad; de éstos, los que presentan mayor importancia ecotoxicológica son elementos no esenciales como el mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb) y cadmio (Cd); ya que, para la mayoría de los organismos, su exposición a concentraciones relativamente bajas puede ser dañina (Martínez-Tabche, Gómez-Oliván, Martínez, Castillo, Santiago, 2000; Castañé, Topalián, Cordero, Salibián, 2003).

Diferentes factores (ambientales, fisiológicos, genéticos) pueden afectar la distribución de estos elementos (también conocidos como “metales pesados” o “metales traza”) en los distintos tejidos (hepatopáncreas, branquias y músculo) de los crustáceos decápodos (Pourang, Dennis,



Ghourchian, 2004); por lo que, tales factores deben de ser considerados durante estudios de monitoreo ambiental de metales (así como de otros grupos de contaminantes).

La acumulación de los metales en tejidos comestibles de los organismos acuáticos es un aspecto de gran relevancia desde el punto de vista de la salud de los consumidores de peces y mariscos. Los efectos tóxicos de los metales para los organismos acuáticos dependen, principalmente, de su concentración y del tiempo de exposición, así como de los factores bióticos y abióticos que afectan su especiación química (Castañé *et al.*, 2003), los cuales también se observan en otros organismos, incluido el ser humano.

Una fracción de los metales puede ser acumulada en el tejido comestible (abdomen) de los camarones que forman parte de la dieta humana y, al ser consumidos, pueden representar un riesgo. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar los contenidos de Cd, así como de los elementos esenciales cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni) y zinc (Zn) en el tejido comestible de especímenes de camarones *Penaeus vannamei*, durante un ciclo de cultivo, provenientes de una granja ubicada en el sur de Mazatlán, Sinaloa, México.

► MATERIAL Y MÉTODOS

Todo el material que se utilizó durante el muestreo y análisis de metales fue previamente lavado con ácido clorhídrico (HCl) 2M y ácido nítrico (HNO₃) 2M, de acuerdo con el procedimiento propuesto por Moody y Lindstrom (1977). Además, se analizaron blancos y el material de referencia TORT 3 (hepatopáncreas de langosta; NRC, 2023), con porcentajes de recuperación entre 87.5 y 102.3% y se utilizó agua Milli-Q. Todo esto, con la finalidad de asegurar la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos.

Se llevaron a cabo 11 muestreos durante un ciclo de cultivo (cuatro meses), en función del crecimiento de los organismos, recolectando los especímenes de camarones de un estanque de engorda en una granja camaronícola ubicada al sur de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. Se



establecieron tres puntos de muestreo en cada estanque; 1) en la compuerta de salida, 2) en la compuerta de entrada y 3) en centro del estanque; en cada caso se tomaron lotes de 30 a 40 organismos. Los camarones se seleccionaron por tallas, y se guardaron en bolsas de polietileno. Inmediatamente después, se almacenaron en frío y se transportaron hacia el Laboratorio de Estudios Ambientales de la Facultad de Ciencias del Mar, en la Universidad Autónoma de Sinaloa, donde se conservaron en congelación hasta su posterior procesamiento y análisis.

Para digerir las muestras y determinar los niveles de metales en el tejido de camarón (músculo), se utilizó la técnica de adición múltiple de estándares, de acuerdo con lo descrito por Páez-Osuna y Ruiz-Fernández (1995) y Páez-Osuna y Tron-Mayen (1996).

Una vez seleccionados los camarones por tallas, en intervalos de un centímetro (de 5-6 hasta 15-16 cm), se realizó la disección, mediante la separación del abdomen (músculo comestible) y se obtuvo una muestra por cada talla, las cuales fueron liofilizadas ($-45\text{ }^{\circ}\text{C}$, 133×10^{-3} mbar) para eliminar la humedad del tejido, y, posteriormente, fueron molidas en morteros de teflón.

Cada muestra se analizó por triplicado, utilizando 1 g del tejido que se colocó en vasos de precipitado y se le añadió el HNO_3 concentrado y destilado. Se utilizó la técnica de adición estándares, tanto para incrementar la concentración del metal, haciéndolo más fácilmente detectable; así como para verificar el porcentaje de recuperación. Los tejidos en digestión ácida (HNO_3 concentrado) se llevaron a sequedad. Posteriormente, se le agregaron 20 ml de HNO_3 2M para poner los metales en solución. Una vez terminado este proceso, las muestras fueron centrifugadas con el fin de separar la fase sólida de la líquida. Por último, la concentración de cada uno de los metales analizados se obtuvo directamente por espectrofotometría de absorción atómica (Quintero-Álvarez, Soto-Jiménez, Amezcua, Voltolina, Frías-Espéricueta, 2012).

Una vez obtenidas las concentraciones de cada metal, se compararon contra los límites máximos permisibles (LMP) para el consumo humano, establecidos por las normas internacionales (WHO, Organización Mundial de Salud; EPA, Agencia de Protección

Ambiental de los Estados Unidos de América). Asimismo, se calculó el consumo máximo (g/persona/día) del músculo comestible (abdomen) de *P. vannamei*, con la fórmula (EPA, 2000): $CR_{lim} = (RfD * BW)/CM$, donde CR_{lim} = Tasa máxima de consumo diario (kg/d); RfD = Dosis de referencia (mg/kg de peso corporal/d), BW = Peso corporal del consumidor (kg), Cm = Concentración del contaminante en el camarón ($\mu\text{g/g}$).

▶ RESULTADOS

El orden de concentración de los metales analizados fue $Zn > Fe > Cu > Mn > Ni > Cr > Co > Cd$. De acuerdo con las determinaciones realizadas (Tabla I), el Zn y Fe fueron los metales con mayor concentración en el músculo de los especímenes de camarón *P. vannamei*.

En cuanto a los niveles de Co, estos se encontraron por debajo del límite de detección ($LD = 0.04 \mu\text{g/g}$); al igual que el contenido de Ni ($LD = 0.08 \mu\text{g/g}$), con excepción de la talla 9-10 cm, cuya concentración fue de $0.10 \mu\text{g/g}$.

Para Cd y Cr, en algunas tallas también se presentaron valores por debajo de su respectivo límite de detección ($LD = 0.01 \mu\text{g/g}$, en ambos casos). Para los metales esenciales Cu, Fe, Mn y Zn, los intervalos de concentración fueron 0.55-0.82, 14-186, 0.12-0.58 y 63-373 $\mu\text{g/g}$, respectivamente.

Tabla I. Concentración de metales ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en el músculo de camarones *Penaeus vannamei*, muestreados en una granja al sur de Mazatlán, Sinaloa.

Talla (cm)	Metales ($\mu\text{g/g}$, peso seco)							
	Cd	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn
5-6	<LD	<LD	0.70	0.21	40	0.58	<LD	135
6-7	<LD	<LD	0.64	<LD	186	0.15	<LD	236
7-8	0.02	<LD	0.59	<LD	23	0.13	<LD	373
8-9	<LD	<LD	0.61	0.06	38	0.41	<LD	133
9-10	<LD	<LD	0.62	0.07	61	0.45	0.10	159
10-11	<LD	<LD	0.82	0.04	14	0.12	<LD	63
11-12	0.02	<LD	0.56	0.02	34	0.23	<LD	161
12-13	<LD	<LD	0.67	0.02	35	0.42	<LD	192
13-14	0.02	<LD	0.55	<LD	41	0.15	<LD	182
14-15	<LD	<LD	0.58	<LD	100	0.42	<LD	176
15-16	0.02	<LD	0.61	0.03	58	0.42	<LD	131
Promedio	0.02	<LD	0.63	0.06	57	0.32	<LD	176
LD	0.01	0.04	-	0.01	-	-	0.08	-

LD, límite de detección; n = 30 organismos para cada talla.

DISCUSIÓN

Algunos metales esenciales (*i.e.* Zn, Cu, Fe) forman parte de proteínas y/o enzimas, por lo que los organismos tienden a acumularlos en sus tejidos u órganos específicos (Hagner-Holler, Kusche, Hembach, Burmester, 2005), razón por lo cual esos metales se determinan con mayor nivel de concentración que lo llamados no esenciales (*i.e.* Cd, Hg). Tal fue el caso del Zn y Fe cuyas mayores concentraciones en el músculo de los especímenes de *P. vannamei*, puede deberse a que estos metales esenciales son requeridos metabólicamente para diversos procesos fisiológicos.

Los niveles de concentración de los ocho metales analizados en el presente estudio son relativamente bajos, esto se debe a que el abdomen de los camarones peneidos no es un tejido en donde se acumulen estos metales, no así el hepatopáncreas que, por sus funciones fisiológicas y/o por encargarse del metabolismo de los xenobióticos (Manisseri y Menon, 1995), es el órgano en donde se encuentra el mayor contenido de metales y de otros contaminantes.

Los niveles de Cd y Cu encontrados en el presente estudio fueron menores que los registrados previamente en otros trabajos (Tabla II). Con respecto al Zn, los resultados del presente estudio son similares a los reportados para la misma especie por Wu y Yang (2011) en la provincia de Zhanjiang, China; mientras que para Ni, el valor registrado en este estudio es menor que el reportado en *P. monodon* cultivado en el sureste de India (Amaraneni, 2006).

Tabla II. Niveles de concentración de metales ($\mu\text{g/g}$, peso seco) en el músculo de decápodos cultivados en diferentes regiones del mundo.

Especie	Zona	Metales ($\mu\text{g/g}$, peso seco)					
		Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
<i>Penaeus vannamei</i> ¹	NO México	ND	62.69	136.67	10.11	ND	55.73
<i>P. vannamei</i> ²	NO México	<0.05	18.5-19.2	ND	ND	<0.02	54-55
<i>P. vannamei</i> ³	América central	0.08-0.12	8.4-24	ND	ND	ND	76-120
<i>Homarus americanus</i> ⁴	NO Canadá	ND	49.6-532	ND	ND	ND	76.4-98.4
<i>Penaeus monodon</i> ⁵	SE India	1.07	13.8	ND	ND	8.1	10.7
<i>P. vannamei</i> ⁶	Zhanjiang, China	<LD	24.7 \pm 8.4	ND	ND	ND	171.6 \pm 118.7
<i>P. vannamei</i> ⁷	NO México	0.012	0.631	57.39	0.315	<0.97	176.35

¹Osuna-López *et al.*, 2003; ²Páez-Osuna y Tron-Mayen, 1996; ³Carbonell *et al.*, 1998; ⁴Chou *et al.*, 2002; ⁵Amaraneni, 2006; ⁶Wu y Yang, 2011; ⁷Este estudio; ND, No determinado; <LD, menor al límite de detección; NO, Noroeste.

En lo que respecta al riesgo de salud por consumo del músculo de *P. vannamei*, en la Tabla III se presentan los consumos máximos por persona por día, con base en los LMP. En este sentido, se observa que el Zn es el metal que podría limitar el consumo de estos camarones, aunque se tendría que consumir alrededor de 1 kg/día para que existiera algún riesgo, por lo que el consumo de especímenes de *P. vannamei* provenientes de esta granja en particular, no representa un riesgo para la salud humana.

Tabla III. Consumo máximo (g/persona/día) del músculo comestible (abdomen) de *P. vannamei* y límites máximos permisibles propuestos por WHO (1998) y EPA (2001).

Metal	Consumo máximo (g/persona/día)	Límite (µg/día)
Cd	11,000	55
Cu	19,047	3,000
Zn	1,023	45,000

WHO, Organización Mundial de la Salud; EPA, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América.

Es bien conocido que el Zn es requerido por enzimas como la esterasa, anhidrasa carbónica, fosfatasa alcalina, etc. Además, otro gran número de enzimas asociadas a la síntesis de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) dependen de este elemento esencial para sus funciones (Soderberg, Sorenson, Chang, 1996). Sin embargo, Keagh y Siegers (1996) comentaron que cuando el Zn es consumido en exceso, éste provoca alteraciones gástricas, así como algunos efectos en el sistema respiratorio (Benson y Zelikaff, 1996). Así mismo, la disminución en la cantidad de hemoglobina que provoca este metal puede ocasionar anemia (Woods, 1996).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que no existe un riesgo asociado a la ingesta de metales por el consumo de estos camarones. Si bien, el Zn es el metal limitante, las personas tendrían que comer 1 kg/día para estar en riesgo. También es importante saber que los elementos que se encontraron en mayores concentraciones son los que tienen funciones esenciales para los organismos; mientras que el Cd (no esencial) fue el que se encontró en menores concentraciones.



► AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado parcialmente por la red temática “Contaminación acuática: niveles y efectos” clave PROMEP/103.5/12/4812, con apoyo parcial de los proyectos PROFAPI-UAS PROA7_056 y PROFAPI-UAS 2015/202.

► BIBLIOGRAFÍA

- Amaraneni, S. R. (2006).** Distribution of pesticides, PAHs and heavy metals in prawn ponds near Kolleru lake wetland, India. *Environment International*, 32, pp. 294-302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.06.001>
- Benson, J. M. & Zelikoff, J. T. (1996).** Respiratory toxicology of metals. En L. W. Chang (Ed.), *Toxicology of metals* (pp. 929-938). Tokyo: Lewis Publisher.
- Castañé, P. M., Topalián, M. L., Cordero, R. & Salibián, A. (2003).** Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de su toxicidad. *Revista de Toxicología*, 20, pp. 13-18.
- Carbonell, G., Ramos, C. & Tarazona, J.V. (1998).** Heavy metals in shrimp culture areas from Gulf of Fonseca, Central America. II. Cultured shrimp. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 60, 260-265. doi: <https://doi.org/10.1007/s001289900619>
- Chou, C. L., Hay, K., Paon, L., Burridge, A. & Moffat, J. D. (2002).** Aquaculture-related trace metals in sediments and lobster and relevance to environmental monitoring program ratings for near-field effects. *Marine Pollution Bulletin*, 44, pp. 1259-1268. doi: [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00219-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00219-9)
- Hagner-Holler, S., Kusche, K., Hembach, A. & Burmester, T. (2005).** Biochemical and molecular characterization of hemocyanin from the amphipod *Gammarus roeseli*. *Journal of Comparative Physiology*, 175 B, pp. 445-452. doi: <https://doi.org/10.1007/s00360-005-0012-4>



- Keogh, J.P. & Siegers, C. P. (1996).** Influences on the gastrointestinal system by essential and toxic metals. En L.W. Chang (Ed.) *Toxicology of metals* (pp. 901-919). Tokyo: Lewis Publisher.
- Manisseri, M.K. & Menon, N. R. (1995).** Copper-induced damage to the hepatopáncreas of penaeid shrimp *Metapenaeus dobsoni* – an ultrastructural study. *Disease of Aquatic Organisms*, 22, pp. 51-57. doi: <https://doi.org/10.3354/dao022051>
- Martínez-Tabche, L., Gómez-Oliván, L., Martínez, M., Castillo, C. & Santiago, A. (2000).** Toxicity of nickel in artificial sediment on acetyl cholinesterase activity and hemoglobin concentration of the aquatic flea, *Moina macrocopa*. *Journal of Environmental Hydrology*, 8, pp. 1-10.
- Moody, J.R. & Lindstrom, R. N. (1977).** Selection and cleaning of plastic containers for storage of trace element sample. *Analytical Chemistry*, 49, 2264-7. doi: <https://doi.org/10.1021/ac50022a039>
- Osuna-López, J.I., Páez-Osuna, F., Frías-Espericueta, M. G., López-López, G., Izaguirre-Fierro, G. & Zazueta-Padilla, H. M. (2003).** Monitoreo de metales pesados en sedimentos y camarones cultivados (*Penaeus stylirostris* y *Penaeus vannamei*) en granjas camaronícolas del noroeste de México. CONACYT 32501-T.
- Páez-Osuna, F. & Ruiz-Fernández, C. (1995).** Comparative bioaccumulation of trace metals in *Penaeus stylirostris* in estuarine and coastal environments. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 40, pp. 35-44. doi: [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(95\)90011-X](https://doi.org/10.1016/0272-7714(95)90011-X)
- Páez-Osuna, F. & Tron-Mayen, L. (1996).** Concentration and distribution of heavy metals in tissues of wild and farmed shrimp *Penaeus vannamei* from the northwest coast of Mexico. *Environment International*, 22, pp 443-450. doi: [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(96\)00032-3](https://doi.org/10.1016/0160-4120(96)00032-3)
- Páez-Osuna, F. & Frías-Espericueta, M. G. (2001).** Bioacumulación, distribución y efectos de los metales pesados en los Peneidos. En F. Páez-Osuna (Ed.), *La Camaronicultura y el Medio Ambiente* (pp. 244-270). México: UNAM y El Colegio de Sinaloa.



- Palomarez-García, J. M., Castañeda-Chávez, M., Lango-Reinoso, F. & Landeros-Sánchez, C. (2009).** Niveles de metales pesados en camarón café *Farfantepenaeus aztecus* de la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Revista de Investigaciones Marinas*, 30, pp. 63-69.
- Pourang, N., Dennis, J. H. & Ghourchian, H. (2004).** Tissue distribution and redistribution of trace elements in shrimp species with the emphasis on the roles of metallothionein. *Ecotoxicology*, 13, pp. 519-533. doi: <https://doi.org/10.1023/B:ECTX.0000037189.80775.9c>
- Quintero-Álvarez, J.M., Soto-Jiménez, M. F., Amezcua, F., Voltolina, D. & Frías-Espericueta, M. G. (2012).** Cadmium and lead concentrations in the fish tissues of a coastal lagoon system of the SE Gulf of California. *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology*, 89, pp. 820-823. doi: <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0730-8>
- Soderberg, L. S. F., Sorenson, J. R. J. & Chang, L. W. (1996).** Modulation of immune functions by metallic compounds. En L.W. Chang (Ed.) *Toxicology of metals* (pp. 871-884). Tokyo: Lewis Publisher.
- Woods, J. S. (1996).** Effects of metals on the hematopoietic system and heme metabolism. En L.W. Chang (Ed.) *Toxicology of metals* (pp. 939-958). Tokyo: Lewis Publisher.
- Wu, X. Y. & Yang, Y. F. (2011).** Heavy metal (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Mn and Zn) concentrations in harvest-size white shrimp *Penaeus vannamei* tissues from aquaculture and wild source. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, pp. 62-65. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.03.030>