

Análisis microbiológico de harina de grillo de una marca comercial mexicana

Microbiological analysis of cricket flour from a Mexican commercial brand

¹Lucía Teresa Fuentes-Guardiola, ¹Oswaldo García-Martínez, ²Jesús Enrique Castrejón-Antonio, ¹Elsa Carolina Landeros-Gálvez, ^{1*}Yisa María Ochoa-Fuentes

¹Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Buenavista C. P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: luciafuentes18@gmail.com; drogarcia@yahoo.com.mx; elsa_landeros@hotmail.com; yisa8a@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5527-7870>; <https://orcid.org/0000-0001-6052-5077>; <https://orcid.org/0009-0001-5166-8305>; <https://orcid.org/0000-0001-7859-8434>

²Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Colima. Autopista Colima-Manzanillo Km 40, La Estancia C. P. 28930, Tecomán, Colima, México. Correo electrónico: jcastrejon3@ucol.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6561-5351>

*Autor para correspondencia

Recibido: 12 de mayo del 2023

Aceptado: 22 de febrero del 2024

Publicado: 31 de mayo del 2024

<https://doi.org/10.33064/iycuaa2024924455e4455>

RESUMEN

Los insectos como parte de la alimentación humana han tenido gran auge en los últimos años dadas las ventajas que ofrece, tanto nutricionales como su impacto mínimo al medio ambiente. Al ser una fuente alternativa de alimentación relativamente nueva para la mayoría de la población del mundo; aún no se encuentra regulada en lo que a su producción, procesamiento y comercialización respecta, por lo que tampoco existen protocolos que aseguren la inocuidad de los mismos. En este estudio se realizó un análisis microbiológico a una marca comercial de harina de grillo (*Acheta domesticus* L.) disponible en plataformas de venta en línea en México. Se analizaron tres lotes distintos y se obtuvieron conteos por debajo de los límites señalados por la NOM-247-SSA1-2008 de mesófilos aerobios y de mohos; las pruebas para coliformes totales y fecales resultaron negativas y se detectó la presencia de *Salmonella* spp.

Palabras clave: insectos comestibles; harina de grillo; inocuidad

ABSTRACT

Insects as part of the human diet boomed in recent years given the advantages they offer, both nutritional and for the environment. They are a relatively new alternative source of food for the majority of the world's population, and their production, processing and commercialization are still not regulated, so there are no protocols that ensure their safety. In this study, a microbiological analysis was carried out on a commercial brand of cricket flour (*Acheta domesticus* L.) available on online sales platforms in Mexico. Three different batches were analyzed and counts below the limits indicated by NOM-247-SSA1-2008 of

aerobic mesophilic and molds were obtained; the tests for total and fecal coliforms were negative and the presence of *Salmonella* spp. was detected.

Keywords: edible insects; cricket flour; safety

INTRODUCCIÓN

La ingesta de insectos como parte de la alimentación humana o entomofagia es una práctica ancestral muy arraigada en diferentes culturas de África, América, Asia y Oceanía, más de dos mil especies de insectos forman parte de la dieta humana en el mundo (Jongema, 2017; Fernandez-Cassi et al., 2018). En México se tiene evidencia del consumo de insectos desde antes de la conquista, con ellos se elaboran platillos muy variados, algunos incluso considerados gourmets (Viesca & Romero, 2009), pese a ello esta costumbre se ha perdido en algunas regiones del país, pero está muy presente en culturas del centro y sur (Viesca & Romero, 2009; García-Ramírez, Valdez-Gutiérrez & López-Toledo, 2022).

Algunos factores como el cambio climático, la contaminación, el incremento poblacional y el agotamiento de recursos naturales obligan al desarrollo de nuevas tecnologías, métodos de producción y alimentos innovadores que sean sustentables, de calidad y seguros (Caparros et al., 2017). Los retos para satisfacer las necesidades de alimentación para la población humana son cada vez más complejos; se estima que para el año 2050 se debe incrementar un 70% la producción de alimentos (FAO, 2009; Fernandez-Cassi et al., 2018). El consumo de insectos y sus productos derivados representan una opción viable para afrontar estos retos al presentar múltiples ventajas como una alta tasa de reproducción, ciclos de vida cortos, el uso de una cantidad de agua considerablemente menor que la utilizada en la producción de carne, además de un reducido uso de suelo, bajas emisiones de gases de efecto invernadero y su alto valor nutricional (Imathiu, 2020). Los insectos comestibles presentan un alto contenido de proteína que varía desde los 19 a los 60g/100 g de porción (Belluco et al., 2013; Van Huis, 2015), en cuanto al contenido de grasa es comparable con los ácidos grasos encontrados en el pescado con bajo contenido de colesterol (Ritter, 1990; DeFoliart, 1991; Imathiu, 2020), también representan una fuente importante de vitaminas y minerales (Köhler, Kariuki, Lambert & Biesalski, 2019).

Al ser un alimento relativamente nuevo en su producción a gran escala (o para la mayor parte de la población), existe un desconocimiento en cuanto a los posibles contaminantes que pudieran poner en riesgo la salud de los consumidores, de acuerdo con Murefu, Macheke, Musundire y Manditsera (2019) estos riesgos pueden ser químicos, biológicos y

alérgenos. En cuanto a los riesgos biológicos, diferentes patógenos pueden atacar a vertebrados e invertebrados de forma natural (Grabowski & Klein, 2017a), lo que significa un riesgo potencial para el consumidor. Los estudios para determinar los posibles contaminantes en insectos comestibles y sus derivados son aún escasos, sin embargo, existen algunos trabajos que reportan la presencia de enterobacterias en insectos comestibles recolectados de ecosistemas silvestres como también en aquellos provenientes de crías bajo condiciones controladas (Grabowsky & Klein, 2017b; Fernandez-Cassi et al., 2019). En México los trabajos con respecto a los insectos comestibles son insuficientes y la mayoría enfocados a análisis nutricionales y métodos de producción (Navarro-Cruz, Ávila-Sosa, Aguilar-Alonso, Vera-López & Dávila Márquez, 2011; Corredor-Bejar, 2022). En cuanto a la inocuidad de estos alimentos se encuentran un estudio realizado a platillos con gusano rojo del agave (Ramos-Rostro et al., 2016) y el realizado a un yogurt adicionado con harina de grillo (Arnaud-López, Cuateco-Hueyopa & Ortega-Morales, 2022), ambos estudios con resultados positivos para el consumidor, en el primero, los conteos realizados fueron bajos y en el segundo se logró reducir la carga bacteriana con el uso de diferentes técnicas. Es importante determinar contaminantes y/o patógenos propios de las especies a consumir para garantizar la seguridad de ingesta.

La importancia de implementar leyes o normas que regulen y evalúen la seguridad de los alimentos elaborados a base de insectos ha sido resaltada en diversos trabajos; en México García-Ramírez et al. (2022), mencionan que productos derivados de insectos que se venden en mercados requieren de especial atención y control. En otras partes del mundo se valora la riqueza nutricional y el potencial aporte para la seguridad alimentaria que representan los alimentos a base de insectos, pero se resalta la necesidad de que dichos productos pasen por pruebas y se establezcan estándares que aseguren su inocuidad antes de ser puestos en el mercado (Van der Fels-Klerx, Camenzuli, Belluco, Meijer & Ricci, 2018; Fernandez-Cassi et al., 2019; Imathiu, 2020).

En México no existe regulación legal en cuanto a la producción de insectos para consumo humano, ni sobre los procesos, límites microbiológicos o presencia de ciertos microorganismos que pudieran ser de riesgo para la salud pública y/o ambiental (Ramos-Elorduy, Pino & Conconi, 2006). La presencia de mesófilos aerobios, levaduras, mohos, *Salmonella* spp., coliformes totales y fecales, entre otros microorganismos frecuentemente detectados en alimentos son un indicador de la higiene y calidad del agua y los alimentos

(Félix-Fuentes, Campas-Baypoli & Meza-Montenegro, 2005; Campuzano, Mejía-Flores, Madero-Ibarra & Pabón Sánchez, 2015).

Este estudio busca contribuir con información sobre la inocuidad de productos comerciales para el consumo humano elaborados a base de insectos, por lo que el objetivo de la investigación fue determinar la presencia o ausencia de *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, coliformes totales y fecales y el conteo de mesófilos aerobios, levaduras y mohos en harina del grillo *Acheta domesticus* L. (Orthoptera: Gryllidae) producida por una marca comercial mexicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de las muestras

De agosto a noviembre de 2022 se analizaron tres lotes diferentes, que, de acuerdo a la etiqueta, se trataba de harina 100% de grillo *A. domesticus* L. sin ningún ingrediente adicional. El producto es de marca mexicana y se obtuvo a través de la compra en línea en tienda oficial. De acuerdo al fabricante los productos analizados no contenían ningún saborizante, ni conservador añadido y se encontraban completamente cerrados y sellados.

Procesamiento

Los análisis realizados se llevaron a cabo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM) indicada en cada caso. Al no existir Normas específicas para el procesamiento y análisis de productos a base de insectos, se recurrió a las elaboradas para el análisis y detección de microorganismos en otros alimentos. La NOM-247-SSA1-2008 establece las especificaciones sanitarias para cereales y sus productos, entre estos, harinas; en la misma, se indica la necesidad de la realización de conteos de unidades formadoras de colonia (UFC) de mesófilos aerobios, coliformes totales y hongos y se establece el límite permitido para estos productos, por lo que se realizaron dichas pruebas.

Los lotes analizados presentaban números asignados por la marca, a los cuales se les designó un número más simple de identificación; el lote 0221172 se identificó como L1, el 0211112 como L2 y el 0211286 como L3, esto de acuerdo al orden en el que se adquirieron. Para todas las pruebas se analizaron tres repeticiones por lote (R1, R2 y R3); se realizó un conteo de unidades formadoras de colonia de mesófilos aerobios, mohos y levaduras por cada lote y se realizaron pruebas para detectar la presencia o ausencia de *Salmonella* spp. y coliformes totales y fecales.

Para el conteo de unidades formadoras de colonias de mesófilos aerobios por gramo se utilizó la metodología señalada por la NOM-092-SSA1-1994 en Agar Métodos Estándar (marca BD Bioxon®); para el conteo de UFC/g de mohos y levaduras se utilizaron los métodos contenidos en la NOM-111-SSA1-1994 en Agar Papa Dextrosa (BD Bioxon®), estos análisis se realizaron en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Colima en el Laboratorio de Bacteriología.

El resto de los análisis se llevaron a cabo en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el Laboratorio de Toxicología, se realizaron tres repeticiones de cada prueba de los tres lotes analizados. Para la detección de coliformes totales y fecales se utilizó caldo lactosado (marca TM Media®) como medio de preenriquecimiento, se colocaron 9 mL en tubos de ensayo de vidrio limpios a los que se les introdujo una campana de Durham y se esterizaron en una autoclave. Inicialmente se preparó una solución madre agregando 1 g de la muestra en 10 mL de agua destilada estéril y se mezcló perfectamente. Con una micropipeta se tomó 1 mL de la solución madre y se inoculó en tres tubos con caldo lactosado estéril y campana de Durham, se mezcló gentilmente y de cada tubo de esta dilución se tomó 1 mL y se inoculó en otros tres tubos; nuevamente de esta dilución se tomó 1 mL y se inoculó en tres tubos más, de esta manera se obtuvieron las diluciones 1/10, 1/100 y 1/1000. Todas las series se incubaron a 35°C por 24 horas en una incubadora Barsnstead Lab line. Posteriormente para detectar la presencia de *Escherichia coli* se utilizó Agar Eosina y Azul de Metileno (EMB) de MCD Lab.

Para la detección de *Salmonella* spp. la metodología se basó en la NOM-114-SSA1-1994. Se utilizó caldo lactosado como medio de preenriquecimiento, los medios de enriquecimiento fueron Selenito y Tetraciónato (marca TM Media®); para el aislamiento se utilizaron los medios selectivos Agar Verde Brillante (VB, TM Media®), Agar *Salmonella-Shigella* (SS, MCD Lab), Agar Sulfito de Bismuto (SB, TM Media®) y Agar Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD, MCD Lab).

Se colocó 1 mL de solución madre en 10 mL de caldo lactosado estéril y se incubó a 35°C por 24 horas, transcurrido este tiempo se tomó 1 mL y se inocularon tubos de ensayo con los medios de preenriquecimiento Selenito y Tetraciónato y se colocaron en incubadora a 35°C durante 48 horas.

La detección de la presencia sugestiva de *Salmonella* spp. se realizó a través de los medios selectivos ya mencionados para su aislamiento. Después del enriquecimiento en los medios Selenito y Tetracionato se realizó un estriado en cada uno de los medios selectivos y se incubaron a 35°C, se revisaron después de 24 y 48 horas. Se consideró positivo aquellas cajas que presentaron crecimiento bacteriano con las características indicadas para *Salmonella* spp. por los fabricantes de cada medio.

Los conteos en las repeticiones que presentaron desarrollo se analizaron mediante prueba de t-Student considerando una significancia estadística con un valor de p menor a 0.05 con el programa IBM SPSS Statistics.

RESULTADOS

Se detectó la presencia de mesófilos aerobios en dos de los lotes analizados (L2 y L3), en el L2 se contabilizaron 340 ± 5 UFC/g y en el L3 380 ± 1 UFC/g, el L1 fue negativo a la presencia de estos microorganismos, existiendo diferencias significativas entre dichos lotes ($t_{4(0.05)} = 13.59$, $p = 0.002$). Para mohos se contabilizaron 20 ± 5 UFC/g de mohos en el primer lote (L1) y los lotes 2 y 3 resultaron negativos a la presencia de mohos, en cuanto a levaduras los tres lotes resultaron negativos. Las pruebas para detección de coliformes totales y fecales de los tres lotes analizados en las tres repeticiones resultaron negativas.

Para *Salmonella* spp., en el L1 no se observó su presencia a excepción de la R1 en los medios SB y VB, inoculados a partir del medio de preenriquecimiento Selenito. El L2 dio positivo en las tres repeticiones realizadas en SB a partir de los dos medios de preenriquecimiento (Selenito y Tetracionato), en el Agar VB se presentó crecimiento positivo en las tres repeticiones inoculadas a partir de Selenito.

El L3 presentó crecimiento positivo a *Salmonella* spp. en las tres repeticiones a partir de los dos medios de enriquecimiento (Selenito y Tetracionato) en el Agar SB (Figura 1) y VB; mientras que en el agar SS presentó crecimiento positivo en las tres repeticiones inoculadas a partir de Tetracionato y positivo solo en la R2 a partir de Selenito. En el agar XLD fue negativo para *Salmonella* spp. en las tres repeticiones inoculadas a partir de los dos medios de enriquecimiento.



Figura 1. Crecimiento de colonias de *Salmonella* spp. sobre agar Sulfito de Bismuto. Fotografía tomada por el autor principal.

El número total de repeticiones analizadas para la detección de *Salmonella* spp. fue de 72 entre los cuatro medios selectivos y los tres lotes, de las cuales 27 dieron resultados positivos a la presencia de esta bacteria (Tabla 1).

Tabla 1

Resultados del crecimiento de *Salmonella* spp. en diferentes medios selectivos

Medio de enriquecimiento	Medio selectivo	L1			L2			L3		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Selenito	VB	+	-	-	+	+	+	+	+	+
	SS	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	SB	+	-	-	+	+	+	+	+	+
	XLD	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetratioato	VB	-	-	-	-	-	-	+	+	+
	SS	-	-	-	-	-	-	+	+	+
	SB	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	XLD	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota: Elaboración propia

DISCUSIÓN

Ya ha sido resaltada la ausencia de regulaciones con respecto a la inocuidad de los alimentos y productos elaborados a base de insectos; en este caso particular harina de grillo. Sin embargo, existe una Norma Oficial Mexicana que establece los límites

microbiológicos permitidos para harinas elaboradas a partir de distintos cereales, la NOM-247-SSA1-2008 en la que se señala un número máximo permitido de 50,000 UFC/g de mesófilos aerobios en harina de trigo, sémola o semolina y hasta 500,000 UFC/g en harinas integrales por lo que el número de UFC contabilizadas en este estudio se encuentran muy por debajo del límite permitido en otras harinas, ya que el número más alto fue de 380 UFC/g que corresponde al tercer lote analizado, lo que representa un riesgo mínimo para la salud humana en lo que a estos microorganismos respecta.

El conteo de mesófilos aerobios obtenidos en este estudio fue inferior en comparación a los reportados en otras investigaciones realizadas en insectos comestibles incluyendo *A. domesticus*. Ramos-Rostro et al. (2016) reportan un número de mesófilos aerobios de 800 y 27,000 UFC/g en muestras congeladas y frescas crudas de gusanos rojos de maguey *Comadia redtembacheri* H. (Lepidoptera: Cossidae), respectivamente. En muestras de gusanos cocinados detectaron entre 30 a 2800 UFC/g dependiendo el método de cocción y preparación. Arango-Gutiérrez, Vergara-Ruiz y Mejía-Vélez (2004) reportan, 1500 UFC/g en harina de larvas de *Hermetia illuscens* L. (Diptera: Stratiomyidae), nivel que se encuentra dentro de los límites indicados en las normas colombianas. Grabowsky y Klein (2017b) analizaron la carga microbiológica de diversas especies de insectos comestibles, vivos, muertos y sustrato, detectaron un número total de bacterias de 7.1 log UFC/g en *A. domesticus*, incluyendo enterobacterias y estafilococos, en ninguna de las muestras analizadas en dicho estudio se encontró la presencia de *Salmonella* spp. o *E. coli*. Garofalo et al. (2017) obtuvieron un conteo de 4.01 a 4.50 log UFC/g de mesófilos aerobios en grillos enteros (*A. domesticus*) y de 3.91 a 4.8 log UFC/g en harina de grillo de la misma especie, detectaron un número de mesófilos aerobios menor (2.01 a 2.43 log UFC/g) en langostas enteras *Locusta migratoria* L. (Orthoptera: Acrididae). Caparros-Megido et al. (2017) analizaron grillos listos para consumo sometidos a distintos tratamientos para disminuir la carga bacteriana, en las muestras sin tratamiento obtuvieron 7.97 log UFC/g, mientras que en las sometidas a procesos de esterilización se contabilizaron de 3.74 a 4.39 log UFC/g y en muestras liofilizadas se obtuvo un conteo total de 4.05 log UFC/g.

La NOM-247-SSA1-2008 establece para hongos o mohos un límite de 100 UFC/g en harina de avena y 1000 UFC/g en harinas de maíz, en la harina de grillo analizada en este estudio se obtuvieron únicamente 20 UFC/g solo en el primer lote y no se detectó la presencia de levaduras, para las cuales no hay una indicación al respecto en dicha norma. En contraste, Garofalo et al. (2017), detectaron levaduras y hongos en grillos enteros y también en harina,

algunos conteos con cantidades muy bajas <2.00 log CFU/g, en grillos enteros se contabilizaron de 4.52 a 5.10 log CFU/g de levaduras, mientras que en harina de grillo la presencia de levaduras fue muy baja y la de hongos fue de 2.92 a 3.10 log CFU/g. En investigaciones como la de Grabowsky y Klein (2017b), la presencia de hongos y levaduras fue nula en grillos vivos (criados para consumo), pero en los sacrificados si se encontraron en cantidades de 4 a 5.4 log UFC/g; algunos estudios indican que el método de sacrificio de los insectos influye en gran medida en la proliferación de microorganismos (Caparros et al., 2017), sin embargo, el producto analizado no especifica el método de sacrificio utilizado.

En este estudio no se encontró presencia de coliformes totales, ni de *E. coli*. De forma similar, Akullo, Kiage-Mokua, Nakimbugwe, Ng'ang'a y Kinyuru (2022) reportan resultados negativos a la presencia de estas bacterias en harina del grillo *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae) tratada con extractos de jengibre y/o ajo, en el producto analizado en este estudio no se especifica si fue sometido a algún tratamiento para eliminar contaminantes. La NOM-247-SSA1-2008 establece el límite máximo de 500 UFC/g de coliformes totales en harinas de cereales integrales, y en harina de avena solo se permite 50 UFC/g. Grabowski y Klein (2017b), reportan la presencia de bacterias coliformes en chapulines procesados, y la ausencia de *E. coli* en muestras de diversas especies de insectos comestibles, pero sí realizan conteo de otras enterobacterias. Müller et al. (2021) aislaron *E. coli* de 36 muestras de insectos para consumo humano, no obstante, en productos de grillo (*A. domesticus*) no se encontró presente.

Las intoxicaciones por la ingesta de alimentos en mal estado o contaminados usualmente son causadas por bacterias (Félix-Fuentes et al., 2005) que pueden llegar a causar síntomas muy severos e incluso la muerte en individuos vulnerables, éstos incluyen diarrea, náusea, vómito, fiebre, dolor abdominal, entre otros (Mohammad, Chowdhury, Biswas & Absar, 2018; Contreras-Soto et al., 2019).

Frentzel et al. (2022) indican la presencia de *Salmonella enterica* en productos de grillo. En este estudio dos de los tres lotes analizados dieron positivo a la presencia de *Salmonella* spp., que es una bacteria mesofílica y el conteo de dichos microorganismos fue muy bajo (máximo 380 UFC/g). En contraste, diversos trabajos donde analizan varias especies de insectos comestibles incluyendo *A. domesticus* resaltan la ausencia de *Salmonella* spp. (Osimani et al., 2017; Vandeweyer, Crauwels, Lievens & VanCampenhout, 2017; Grabowsky

& Klein, 2017b; Garofalo et al., 2017). Un aspecto importante a considerar es el manejo de los insectos durante la cría, sacrificio y posterior al sacrificio, ya que puede ocurrir contaminación por el hombre al carecer de prácticas adecuadas de higiene (Fernandez-Cassi et al., 2019), además del proceso de cocción (si existe alguno). Nyangena et al. (2020) resaltan la presencia de *Salmonella* spp. en insectos crudos de las especies *A. domesticus*, *H. illucens* y *Ruspolia differens* (Orthoptera: Tettigoniidae), cuyo resultado persiste después del secado solar o en horno de los insectos, mientras que los sometidos a una combinación de procedimientos como hervido y secado solar o en horno, tostado y secado solar o en horno resultaron negativos a la presencia de *Salmonella* spp.

Estos estudios revelan información importante para el establecimiento de protocolos que avalen la inocuidad de los productos, ya que las infecciones por la ingesta de alimentos contaminados ocurren con frecuencia y bacterias del género *Salmonella* son de los agentes causales más comunes en todo el mundo (Putturu, Eevuri, Ch & Nelapati, 2015), en Estados Unidos de América se estima que causa alrededor del 26% de las intoxicaciones originadas por alimentos (Nakao et al., 2018). En México se reportan más de 70 mil casos al año, pero es difícil conocer con exactitud las cifras y es un tema de suma importancia para la secretaria de salud (Félix-Fuentes et al., 2005; Contreras-Soto et al., 2019).

CONCLUSIONES

El conteo de mesófilos aerobios y mohos se encuentra muy por debajo de los límites permitidos para harinas de cereales que indica la NOM-247-SSA1-2008.

El no haber detectado la presencia de coliformes totales, fecales, ni levaduras es un aspecto positivo; sin embargo, un hecho preocupante es la detección de la presencia de *Salmonella* spp., que como se mencionó anteriormente al ser un mesófilo aerobio los conteos son muy bajos, pero no debe minimizarse su presencia dado el riesgo que representa para la salud pública. Los procesos de control de calidad y de inocuidad en la producción de estos alimentos debe ser reforzado, ya que esta contaminación pudo haber ocurrido en cualquiera de los eslabones de la cadena de producción y no precisamente provenir del insecto en sí.

Los resultados del estudio contribuyen al conocimiento de los microorganismos que podrían llegar a contaminar productos alimenticios elaborados a base de insectos. Es de suma importancia garantizar la inocuidad de dichos alimentos, tanto por su importancia cultural y nutricional, como por la opción que representan para garantizar la seguridad alimentaria.

La producción y/o colecta de insectos para consumo humano tiene un impacto económico en ciertas regiones de México y el mundo, es por eso también que debe ponerse especial atención a estudios de este tipo para mejorar los procesos y garantizar la seguridad que brinde confianza a los consumidores para que el mercado crezca.

Los insectos para alimentación humana son una opción viable como fuente de proteína, ácidos grasos saludables, vitaminas y minerales, cuya producción, comparados con otras fuentes de origen animal tienen un impacto negativo mínimo en el medio ambiente; dada la importancia de contar con esta opción ante los retos del futuro, la necesidad de establecer regulaciones legales tanto para la producción, procesamiento, empaque y comercialización de insectos comestibles y como para la conservación y colecta de poblaciones silvestres es urgente. Estudios sobre la inocuidad en el consumo de estos alimentos y sus derivados son necesarios en el mundo y en México para garantizar la seguridad en su consumo.

REFERENCIAS

- Akullo, J. O., Kiage-Mokua, B. N., Nakimbugwe, D., Ng'ang'a, J., & Kinyuru, J. (2023). Color, pH, microbiological, and sensory quality of crickets (*Gryllus bimaculatus*) flour preserved with ginger and garlic extracts. *Food Science & Nutrition*, 2023; 00: 1-14. doi: 10.1002/fsn3.3262
- Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Mejía Vélez, H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* L (Diptera: Stratiomyiidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2491-2500.
- Arnaud López, J. D., Cuateco Hueyopa, R. I., & Ortega Morales, D. (2022). Elaboración y caracterización de yogurt fortificado con harina de insecto (*Acheta domesticus*), sometido a tratamientos térmicos y no térmicos. Repositorio Institucional Universidad Iberoamericana Puebla.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., & Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(3), 296-313.
- Caparros Megido, R., Desmedt, S., Blecker, C., Béra, F., Haubruge, É., Alabi, T., & Francis, F. (2017). Microbiological load of edible insects found in Belgium. *Insects*, 8(1), 12. doi: 10.3390/insects8010012

- Campuzano, S., Mejía Flórez, D., Madero Ibarra, C., & Pabón Sánchez, P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá DC. *Nova*, 13(23), 81-92.
- Contreras Soto, M. B., Medrano Félix, J. A., Ibarra Rodríguez, J. R., Martínez Urtaza, J., Chaidez, Q. C., & Castro del Campo, N. (2019). The last 50 years of *Salmonella* in Mexico: Sources of isolation and factors that influence its prevalence and diversity. *Revista bio ciencias*, 6(SPE). doi:10.15741/revbio.06.nesp.e540
- Corredor Bejar, S. (2022). Diseño del proceso productivo y construcción de nave de procesado para 45.351 kg/año de insectos comestibles Jalcomulco, Veracruz (México). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas.
- DeFoliart, G. R. (1991). Insect fatty acids: similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturation, but higher in the polyunsaturates. *The Food Insects Newsletter*, 4(1), 1-4.
- Félix Fuentes, A., Campas Baypoli, O.N., & Meza Montenegro, M. (2005). Calidad sanitaria de alimentos disponibles al público de Ciudad Obregón, Sonora, México. *Salus*, 6 (3).
- Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Vaga, M., Jansson, A., Boqvist, S., & Vagsholm, I. (2019). The house cricket (*Acheta domestica*) as a novel food: a risk profile. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(2), 137-157. doi: 10.3920/JIFF2018.0021
- FAO. (2009). Food and Agriculture Organisation. How to feed the world in 2050. Insights from an expert meeting. FAO, Rome, Italy, pp. 1-35. Recuperado de: https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- Frentzel, H., Kelner-Burgos, Y., Fischer, J., Heise, J., Göhler, A., & Wichmann-Schauer, H. (2022). Occurrence of selected bacterial pathogens in insect-based food products and in-depth characterization of detected *Bacillus cereus* group isolates. *International Journal of Food Microbiology*, 379, 109860. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109860
- García Ramírez A. G., Valdez Gutiérrez, L. J., & López Toledo, S. (2022). Inocuidad alimentaria en la entomofagia: Chapulines (Orthoptera) de Oaxaca, México. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 28(4).
- Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., Taccari, M., Cardinali, F., Aquilanti, L., Riolo P., Ruschioni S., Isidoro N. & Clementi, F. (2017). The microbiota of marketed

processed edible insects as revealed by high-throughput sequencing. *Food microbiology*, 62, 15-22. doi: 10.1016/j.fm.2016.09.012

- Grabowski, N. T., & Klein, G. (2017a). Microbiology of cooked and dried edible Mediterranean field crickets (*Gryllus bimaculatus*) and superworms (*Zophobas atratus*) submitted to four different heating treatments. *Food Science and Technology International*, 23(1), 17-23.
- Grabowski, N. T., & Klein, G. (2017b). Microbiological analysis of raw edible insects. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(1), 7-14. doi: 10.3920/JIFF2016.0004
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS journal*, 18, 1-11. doi: 10.1016/j.nfs.2019.11.002
- Jongema, Y., (2017). List of edible insects of the world. Laboratory of Entomology, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. Recuperado de <https://tinyurl.com/y8puwl5q>
- Köhler, R., Kariuki, L., Lambert, C., & Biesalski, H. K. (2019). Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 372-378. doi: 10.1016/j.aspen.2019.02.002
- Mohammad, A. M., Chowdhury, T., Biswas, B., & Absar, N. (2018). Food poisoning and intoxication: A global leading concern for human health. In A. Grumezescu & A. Holban (Eds.), *Food safety and preservation* (pp. 307-352). Academic Press.
- Müller, A., Seinige, D., Grabowski, N. T., Ahlfeld, B., Yue, M., & Kehrenberg, C. (2021). Characterization of *Escherichia coli* from Edible Insect Species: Detection of Shiga Toxin-Producing Isolate. *Foods*, 10(11), 2552. doi: 10.3390/foods10112552
- Murefu, T. R., Macheka, L., Musundire, R., & Manditsera, F. A. (2019). Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*, 101, 209-224.
- Nakao, J. H., Talkington, D., Bopp, C. A., Besser, J., Sanchez, M. L., Guarisco, J., ... Wise M. E. (2018). Unusually high illness severity and short incubation periods in two foodborne outbreaks of *Salmonella* Heidelberg infections with potential coincident *Staphylococcus aureus* intoxication. *Epidemiology & Infection*, 146(1), 19-27.
- Navarro-Cruz, A. R., Ávila-Sosa, S. R., Aguilar-Alonso, P., Vera-López, O., & Dávila-Márquez, R. (2011). Estudio de la composición nutricional de cuchama (*Paradirphia fumosa*) de la mixteca poblana. *Ciencia y Mar XV*, 13-21.
- Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Diario Oficial de la Federación.
- Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Diario Oficial de la Federación.

- Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la determinación de salmonella en alimentos. Diario Oficial de la Federación.
- Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación.
- Nyangena, D. N., Mutungi, C., Imathiu, S., Kinyuru, J., Affognon, H., Ekesi, S., Nakimbugwe, D. & Fiaboe, K. K. (2020). Effects of traditional processing techniques on the nutritional and microbiological quality of four edible insect species used for food and feed in East Africa. *Foods*, 9(5), 574.
- Osimani, A., Garofalo, C., Milanović, V., Taccari, M., Cardinali, F., Aquilanti, L., Pasquini, M., Mozzon, M., Raffaelli, N., Ruschioni, S., Riolo, P., Isidoro, N. & Clementi, F. (2017). Insight into the proximate composition and microbial diversity of edible insects marketed in the European Union. *European Food Research and Technology*, 243, 1157-1171.
- Putturu, R., Eevuri, T., Ch, B., & Nelapati, K. (2015). Salmonella enteritidis-foodborne pathogen-a review. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 5(1), 86-95.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., & Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3), 291-318.
- Ramos-Rostro, B., Ramos-Elorduy Blásquez, J., Pino-Moreno, J. M., Viesca-González, F. C., Martínez-Maya, J. J., Sierra-Gómez Pedroso, L. D. C., & Quintero-Salazar, B. (2016). Calidad sanitaria de alimentos elaborados con gusano rojo de agave (*Comadia redtembacheri* H.) en San Juan Teotihuacán, Estado de México. *Agrociencia*, 50(4), 391-402.
- Ritter, K. S. (1990). Cholesterol and Insects. *The Food Insects Newsletter*, 3 (1).
- Van der Fels-Klerx, H. J., Camenzuli, L., Belluco, S., Meijer, N., & Ricci, A. (2018). Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(5), 1172-1183. doi: 10.1111/1541-4337.12385
- Vandeweyer, D., Crauwels, S., Lievens, B., & Van Campenhout, L. (2017). Microbial counts of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and crickets (*Acheta domesticus* and *Grylloides sigillatus*) from different rearing companies and different production batches. *International journal of food microbiology*, 242, 13-18.

- Van Huis, A. (2015). Edible insects contributing to food security? *Agriculture & Food Security*, 4, 1-9.
- Viesca González, F. C., & Romero Contreras, A. T. (2009). La entomofagia en México. Algunos aspectos culturales. *El Periplo Sustentable: revista de turismo, desarrollo y competitividad*, (16), 57-83.