

Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos

Sección de Seguridad Alimentaria y Nutrición

Montaña Cámara Hurtado, María Pilar Conchello Moreno, Álvaro Daschner, Ramón Estruch Riba, Rosa María Giner Pons, María Elena González Fandos, Susana Guix Arnau, Ángeles Jos Gallego, Jordi Mañes Vinuesa, Olga Martín Beloso, María Aránzazu Martínez Caballero, José Alfredo Martínez Hernández, Alfredo Palop Gómez, David Rodríguez Lázaro, Gaspar Ros Berruezo, Carmen Rubio Armendáriz, María José Ruiz Leal, Pau Talens Oliag, Jesús Ángel Santos Buelga, Josep Antoni Tur Marí

Secretario técnico

Vicente Calderón Pascual

Número de referencia: AECOSAN-2018-001

Documento aprobado por la Sección de Seguridad Alimentaria y Nutrición del Comité Científico en su sesión plenaria de 23 de mayo de 2018

Grupo de trabajo

Alfredo Palop Gómez (Coordinador)
Montaña Cámara Hurtado
María Pilar Conchello Moreno
Álvaro Daschner
Elena González Fandos
David Rodríguez Lázaro
Jesús Ángel Santos Buelga

Resumen

En la actualidad existe un notable interés a nivel internacional por potenciar y valorizar el consumo de insectos. Sus propiedades nutritivas junto con el bajo impacto ecológico y económico que supone su producción convierten la cría de insectos y el aprovechamiento de productos derivados en una prometedora industria alimentaria que empieza a desarrollarse poco a poco en Europa, reforzada por el Reglamento (UE) 2015/2283 de nuevos alimentos. Ante el posible incremento del consumo de alimentos derivados de este tipo de animales, se ha solicitado a la Sección de Seguridad Alimentaria y Nutrición del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) que realice una evaluación de los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos.

Los insectos son portadores de una microbiota muy diversa. Algunos de estos microorganismos, tanto del contenido intestinal como de la superficie externa, son patógenos y pueden ocasionar enfermedades de transmisión alimentaria. Los tratamientos tecnológicos aplicados en la industria alimentaria, principalmente los tratamientos térmicos (ebullición, fritura, tostado), provocan una reducción considerable en los recuentos microbianos. No obstante, las bacterias esporuladas patógenas podrían sobrevivir a estos tratamientos y crecer durante el periodo de almacenamiento previo al consumo.

Los riesgos de alergia asociados al consumo de insectos pueden estar relacionados con reacciones alérgicas primarias tras la ingesta o con reactividad cruzada a causa de la presencia de pan-alérgenos en pacientes ya alérgicos a otros invertebrados. El tratamiento térmico disminuye, pero no elimina del todo la alergenicidad de, al menos, algunas de las proteínas responsables de riesgo alergénico.

Se deben aplicar medidas correctas de higiene durante la cría, procesado y comercialización de los insectos destinados a consumo humano para el control de los peligros microbiológicos. Por ello,

es relevante elaborar Guías de Prácticas Correctas de Higiene que puedan ayudar a los operadores a comprender mejor las normas comunitarias relativas a la higiene de los alimentos, y aplicarlas de manera correcta y uniforme. Por otra parte, los operadores que procesen y/o comercialicen insectos destinados al consumo humano deberán instaurar un sistema basado en el análisis de peligros y puntos de control crítico.

Por el momento no existen criterios microbiológicos definidos para los insectos destinados a consumo humano, pero parece conveniente el desarrollo de criterios específicos aplicables a este tipo de alimentos teniendo en cuenta el tipo de producto, procesado y otros factores que puedan afectar a su calidad y seguridad microbiológica.

En el ámbito doméstico se deben considerar unas normas de higiene básicas para minimizar el riesgo de contaminación cruzada, de proliferación de microorganismos potencialmente patógenos y de supervivencia de los mismos.

Palabras clave

Insectos comestibles, nuevos alimentos, seguridad alimentaria, microorganismos patógenos, riesgo microbiológico, alergenidad, buenas prácticas de higiene.

Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Consumer Affairs, Food Safety and Nutrition (AECOSAN) on the microbiological and allergenic risks associated with the consumption of insects

Abstract

There is currently significant international interest in promoting and enhancing the consumption of insects. Due to the nutritional properties together with the low ecological and economic impact of production, insect farming and the use of its by-products is turning into a promising food industry which is gradually being developed in Europe, supported by Regulation (EU) 2015/2283 on Novel Foods. In light of the possible increase in the consumption of food products derived from this type of animal, the Section of Food Safety and Nutrition of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Consumer Affairs, Food Safety and Nutrition (AECOSAN) has been asked to conduct an assessment of the microbiological and allergenic risks associated to eating insects.

Insects are carriers of a highly diverse microbiota. Some of these microorganisms, both from the intestinal contents and from the external surface, are pathogens and may result in food-borne diseases. Technological treatments applied in the food industry, mainly heat treatments (boiling, frying, toasting), help to significantly reduce microbial counts. However, pathogenic spore-forming bacteria may survive these treatments and grow during storage prior to consumption.

The risks of allergy associated with the consumption of insects may be linked to primary allergic reactions following intake or to cross-reactivity due to the presence of pan-allergens in patients already allergic to other invertebrates. Heat treatment reduces, but does not eliminate, all of the allergenicity of some of the proteins responsible for allergenic risk.

Good hygiene practices must be applied during the farming, processing and marketing of insects intended for human consumption in order to control the microbiological hazards. Consequently, Guidelines to Good Hygiene Practices must be prepared to help food business operators to better understand Community legislation on food hygiene, and to apply it correctly and uniformly. In addition, operators who process and/or market insects intended for human consumption should introduce a system based on hazard analysis and critical control points.

At present, no microbiological criteria have been defined for insects intended for human consumption. It therefore seems advisable to develop specific criteria applicable to this type of food product, considering the product type, the processing and other factors which may affect its quality and microbiological safety.

At home, basic standards of hygiene should be adopted to minimise the risk of cross contamination, the proliferation of potentially pathogenic microorganisms and their survival.

Key words

Edible insects, novel foods, food safety, pathogenic microorganisms, microbiological risk, allergenicity, good hygiene practices.

1. Introducción

1.1 Fundamentos de la petición

El nuevo Reglamento (UE) 2015/2283 relativo a los nuevos alimentos es aplicable desde el 1 de enero de 2018 (UE, 2015). Este Reglamento incluye en su ámbito de aplicación a los insectos, enteros o sus partes, que no se hayan consumido en una medida importante en la Unión Europea antes del 15 de mayo de 1997. Para la autorización de un nuevo alimento habrá que demostrarse, sobre la base de pruebas científicas disponibles, que el alimento no plantea un riesgo para la salud de las personas y uno de los aspectos a valorar será la seguridad microbiológica de estos nuevos alimentos.

Ante el posible incremento del consumo de estos animales, se ha solicitado a la Sección de Seguridad Alimentaria y Nutrición del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) que realice una evaluación de los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos.

1.2 Especies de insectos comestibles

Los insectos son el grupo de animales con mayor diversidad de la tierra, encontrándose distribuidos por la práctica totalidad de los ecosistemas terrestres y acuáticos, constituyendo una gran parte de la biomasa animal total (Lázaro, 2011). Del griego *entomos* (insecto) y *phagie* (comer), la entomofagia, término empleado para hacer referencia al consumo de insectos por los seres humanos, constituye un hábito que siempre ha estado presente en la conducta alimentaria de los seres humanos, si bien puede ser considerado un fenómeno cultural puesto que está muy ligado a las costumbres y religiones de los distintos pueblos del mundo. El Antiguo Testamento es el documento escrito más antiguo que relata la costumbre ancestral de comer insectos. La entomofagia tiene, no obstante, raíces más antiguas, y diversas fuentes indican que los insectos han formado parte de la dieta humana desde tiempos inmemoriales (Testa et al., 2017).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), la evolución de la agricultura y la ganadería estaría muy relacionada con este hábito alimenticio, siendo las sociedades que más han desarrollado la ganadería con mamíferos las que menos se han habituado al consumo de insectos (FAO/OMS, 2013). Asimismo, la entomofagia va unida a áreas rurales con una economía natural o de subsistencia mediante el aprovechamiento de los recursos más abundantes o fáciles de obtener.

Desde un punto de vista alimentario se han consumido por varias razones y en diferentes circunstancias: en periodos de hambruna, como alimentos base de la dieta (a veces un manjar), e incluso se han utilizado asociados a ritos y en medicina tradicional (Matallana y Torija, 2006). Su ingesta está referenciada en el mundo clásico, Grecia y Roma, hasta el continente asiático, en China e India. En Europa durante la Edad Media se produjo un cambio en los hábitos alimentarios y el consumo de insectos desapareció casi por completo. Sin embargo, todavía hoy, su consumo está muy extendido en muchos lugares del mundo. La FAO/OMS (2013) estima que más de 2 000 millones de personas en el mundo son insectívoras habituales, principalmente en las regiones de Asia, África y América, mientras que en la mayoría de países occidentales provoca más bien aversión. Aunque

su interés ha aumentado notablemente en los últimos años, su contribución a la ingesta total de alimentos en Europa es todavía muy limitada. Con todo, diferentes organizaciones internacionales consideran que el consumo de insectos puede acarrear ventajas económicas, ambientales y nutricionales considerables (Testa et al., 2017).

De todas las especies de insectos conocidas, alrededor de 2 000 son consideradas comestibles en todo el mundo, cifra que aumenta constantemente. Sin embargo, aunque no existen datos disponibles sobre la cantidad de insectos que se consumen en el mundo, según la FAO/OMS (2013), los escarabajos junto con las orugas suponen la mitad del consumo mundial total de insectos, le siguen las abejas, avispas y hormigas, que suponen un 14 % del total, los saltamontes, langostas y grillos (13 %), los hemípteros (10 %), las termitas y libélulas (3 % respectivamente) y las moscas (2 %).

Generalmente se recolectan silvestres de la naturaleza, se procesan (cocción, horneado o asado) y se consumen (NVWA, 2014) (EFSA, 2015). Huevos, larvas, pupas y adultos, es decir, todos los estadios del desarrollo de los insectos se aprovechan para consumo. A diferencia de los vertebrados, los insectos suelen comerse enteros, sin eliminar el tubo digestivo.

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) los incluye como una categoría de alimentos en el sistema FoodEx2 de clasificación y descripción de alimentos. Según EFSA (2015), las especies de insectos que tienen un mayor potencial de ser consumidos en la Unión Europea son las moscas (*Musca domestica* y *Hermetia illucens*), los gusanos de la harina (*Tenebrio molitor*, *Zophobas atratus* y *Alphitobius diaperinus*), las polillas (*Galleria mellonella* y *Achroia grisella*), el gusano de seda (*Bombyx mori*) y los grillos, langostas y saltamontes (*Acheta domesticus*, *Grylloides sigillatus*, *Locusta migratoria migratorioides* y *Schistocerca americana*). También se incluyen artrópodos, como las arañas y los escorpiones, que no son insectos *sensu stricto*. La tabla 1 incluye los insectos y arácnidos mencionados en informes de la EFSA u organismos nacionales de la Unión Europea (Bélgica, Holanda o Italia) y que, si se autorizaran, se podrían consumir potencialmente como alimentos de consumo humano.

Tabla 1. Insectos y arácnidos que tienen un mayor potencial de ser consumidos en Europa	
Nombre común	Nombre científico
Grillo doméstico	<i>Acheta domesticus</i>
Polilla de la cera pequeña	<i>Achroia grisella</i>
Escarabajo de la cama	<i>Alphitobius diaperinus</i>
Gusano búfalo	<i>Alphitobius laevigatua</i>
Abeja europea	<i>Apis mellifera</i>
Hormiga tostada gigante (hormiga corta hojas)	<i>Atta laevigata</i>
Gusano/polilla de seda	<i>Bombyx mori</i>
Escorpión dorado chino	<i>Butthus martensii</i>
Moscarda	<i>Chrysomya chloropyga</i>

Tabla 1. Insectos y arácnidos que tienen un mayor potencial de ser consumidos en Europa	
Nombre común	Nombre científico
Polilla de la cera gigante	<i>Galleria mellonella</i>
Gusano/oruga Mopane	<i>Gonimbrasia belina</i>
Grillo rayado	<i>Grylodes sigillatus</i>
Grillo bicolor	<i>Gryllus assimilis</i>
Grillo negro	<i>Gryllus bimaculatus</i>
Grillo del campo	<i>Gryllus campestris</i>
Grillo común	<i>Gryllus testaceus</i>
Tarántula negra asiática	<i>Haplopelma minax (nigra)</i>
Mosca soldado negra	<i>Hermetia illucens</i>
Langosta migratoria africana	<i>Locusta migratoria (migratorioides)</i>
Mosca común	<i>Musca domestica</i>
Langostas/Saltamontes	<i>Orthoptera: Mecapoda elongata; Oxya spp.; Melanoplus spp.; Hieroglyphus spp.; Acridia spp.</i>
Langosta de Bombay	<i>Patanga succincta</i>
Picudo rojo	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>
Langosta americana	<i>Schistocerca americana</i>
Langosta del desierto	<i>Schistocerca gregaria</i>
Gusano de la harina	<i>Tenebrio molitor</i>
Gusano de la harina gigante	<i>Zophobas atratus</i>

Por su parte, el Reglamento (UE) 2017/893 relativo a las disposiciones sobre proteína animal transformada (UE, 2017) permite la producción de las siguientes especies de insectos destinados a alimentación animal: mosca soldado negra (*H. illucens*), mosca común (*M. domestica*), gusano de la harina (*T. molitor*), escarabajo de la cama (*A. diaperinus*), grillo doméstico (*A. domesticus*), grillo rayado (*G. sigillatus*) y grillo bicolor (*Gryllus assimilis*). Estos insectos se crían actualmente en la Unión Europea y cumplen las condiciones de seguridad. Esta lista podrá ser modificada en el futuro basándose en la evaluación de riesgos que presentan las especies de insectos en cuestión para la salud animal, la salud pública, la salud de las plantas o el medio ambiente.

1.3 Granjas de insectos

La cría de insectos para alimentación humana supone varias ventajas respecto al ganado tradicional: los insectos convierten con mucha más eficacia el alimento en masa corporal, necesitan menos agua, emiten una menor cantidad de gases de efecto invernadero y la energía necesaria para

su cría es menor, además de que en la mayoría de los insectos la parte aprovechable supone casi la totalidad de los mismos, por lo que se aumenta aún más la eficiencia de su cría (FAO/OMS, 2013).

La cría de insectos tiene las mismas características que la de otros sistemas de producción animal (EFSA, 2015). Las instalaciones deben cumplir con los requisitos de higiene para, de esta forma, reducir la posible contaminación con microorganismos patógenos. Se debe evitar el contacto con insectos salvajes y otras fuentes de contaminación (Belluco et al., 2013) (NMWA, 2014). Los insectos necesitan disponer de acceso a agua y piensos y excretan contenidos intestinales en forma de desechos finos en polvo (EFSA, 2015). Estos desechos se pueden utilizar como fertilizantes (EFSA, 2015).

En las granjas europeas, los insectos se mantienen en ambientes cerrados, tales como cajas o jaulas, en las que el ambiente, sustrato, agua, etc., puede ser controlado. No se emplean hormonas, antibióticos o compuestos químicos, salvo biocidas para la desinfección del ambiente de producción entre lotes de insectos (EFSA, 2015).

Los huevos se depositan en el sustrato manual, mecánicamente o por oviposición natural directamente por los insectos adultos. Las condiciones y el tiempo necesarios para el desarrollo de los huevos hasta llegar a su momento de recolección, como larvas, pupas o adultos dependen de la especie. Por ejemplo, se necesitan 8 a 10 semanas a 28-30 °C y 60 % de humedad relativa para que los gusanos de la harina alcancen el tamaño adecuado de producción, hasta 4 meses para los grillos y saltamontes, pero solo 12 días para la mosca soldado negra (EFSA, 2015).

La recogida de las larvas requiere, en general, de un proceso activo de separación del sustrato, que se puede realizar de manera manual o más o menos automatizada (EFSA, 2015).

Dada la alta carga microbiana presente en el tracto intestinal en este tipo de animales, para reducir la misma se ha propuesto el ayuno previo a la recogida y procesado de insectos con el objeto de asegurar que el tracto intestinal esté vacío, así como la evisceración (Dobermann et al., 2017). Sin embargo, algunos autores no han observado una mejora en la calidad microbiológica al llevar a cabo el ayuno (Wynants et al., 2017, 2018). En sistemas más industrializados, que conllevan un procesado extensivo tras la recogida, esta fase no siempre se incluye (EFSA, 2015). Después de la recogida de insectos, se puede proceder al sacrificio o no de los mismos. La forma más habitual utilizada para el sacrificio es la congelación (EFSA, 2015).

Se ha sugerido que las granjas de insectos llevan a menores emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero que las granjas convencionales, presentando una mayor eficiencia en la conversión de pienso en proteína. Los insectos pueden transformar subproductos orgánicos de bajo valor en alimentos o piensos de alto valor (Oonincx y Dierenfeld, 2012) (van Huis y Oonincx, 2017). Además, se requiere menor superficie de terreno para las granjas, y también menor inversión de capital y en equipamiento (FAO/OMS, 2013). No obstante, las necesidades energéticas de las granjas de insectos son elevadas ya que, al tratarse de animales de sangre fría, su temperatura corporal depende de la del ambiente, debiéndose mantener temperaturas relativamente elevadas. Esto, por otro lado, también significa que el pienso consumido por los insectos es eficientemente utilizado para el crecimiento, ya que no tienen que mantener una temperatura corporal constante (van Huis y Oonincx, 2017) y sitúa a España en una posición muy favorable como potencial productor de in-

sectos, dadas las condiciones de nuestro clima. Cabe esperar que los riesgos medioambientales asociados a la cría de insectos sean comparables a los de otros sistemas de producción animal (EFSA, 2015).

La cría de insectos está sujeta a las prohibiciones y excepciones en lo relativo a la alimentación de animales distintos de los rumiantes con productos de origen animal establecidas en el Reglamento (CE) N° 999/2001 (UE, 2001) y a las normas establecidas en el Reglamento (CE) N° 1069/2009 (UE, 2009b). Por lo tanto está prohibido alimentar a los insectos con proteínas de rumiante, residuos de cocina, harina de carne y huesos y estiércol. Además el Reglamento (CE) N° 767/2009 prohíbe la utilización de heces con fines de alimentación animal (UE, 2009a).

1.4 Sistemas de procesado

Los insectos destinados a consumo humano se pueden comercializar enteros, en polvo o pasta, o como extractos de proteínas, grasas o quitina. El procesado de insectos difiere según sistema de producción y tipo de producto.

En muchas partes del mundo, los insectos son recolectados silvestres de la naturaleza. En estos casos, el procesado tradicional incluye, en primer lugar, la separación de los cuerpos extraños y de las partes no comestibles (intestino, alas, patas y cabeza, dependiendo de la especie). A continuación, se lavan con agua fría o templada y se tuestan o cuecen para ser molidos tras un secado al sol o consumidos enteros, si bien en ocasiones se comen crudos (Mutungi et al., 2017). También pueden envasarse en sacos, latas o contenedores de plástico para almacenamiento y venta posterior.

En lugares en los que se crían en granjas, los insectos comercializados enteros son sometidos a algún tipo de proceso antes de su distribución con el objetivo de reducir la carga microbiana y prolongar la vida útil. Los procesos más habitualmente aplicados son escaldado, refrigeración y secado. Los insectos se pueden secar y moler posteriormente, para presentarlos en forma de polvo, o bien molerlos sin tratamiento previo o tras una congelación para presentarlos en forma de pasta. El proceso productivo aplicado depende, entre otros, del insecto en cuestión, ya que se ha demostrado que el procesado aplicado a un insecto determinado puede no resultar en un sabor o textura agradable para otro insecto (Stoops et al., 2017). Estos productos son habitualmente utilizados como ingredientes en otros alimentos. En el caso de fraccionamiento de insectos, existe gran diversidad de técnicas de separación mecánica o de extracción con solventes, no contando en muchos casos con datos sobre la metodología utilizada (EFSA, 2015).

1.5 Aspectos nutritivos de los insectos

Los insectos son conocidos por tener numerosas cualidades nutritivas, asociadas especialmente a su alto porcentaje de proteína, alto contenido de ácidos grasos mono y poliinsaturados, elementos traza como cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, selenio y zinc, así como algunas vitaminas como riboflavina, ácido pantoténico, biotina y ácido fólico. No obstante, algunos autores (Nowak et al., 2016) señalan que la información existente sobre la contribución de los insectos a la ingesta de nutrientes es todavía muy escasa para considerarlos fuente de nutrientes o ricos en nutrientes de acuerdo con las directrices del *Codex Alimentarius* (FAO/OMS, 2007).

La mayoría de estudios publicados sobre el valor nutritivo de los insectos comestibles señalan una gran variabilidad en función de la especie, del ciclo evolutivo, de la alimentación y de su origen (recolectados en la naturaleza o criados en un entorno controlado). Así, el valor energético estimado puede variar de 293 a 763 kcal por 100 gramos de materia seca en función de la especie de insecto considerada (Rumpold y Schluter, 2013) (Abbasi, et al., 2016) (Kouřimská y Adámková, 2016).

En general, el contenido de proteína se considera elevado particularmente en las especies de ortópteros (grillos y saltamontes), con un 77 % de proteína sobre materia seca. Dentro de un mismo orden, existen variaciones muy importantes. Así, dentro de los himenópteros, el porcentaje de proteína sobre materia seca varía del 4,9 % de la hormiga *Myrmecosistus melliger* al 66 % de la hormiga *Atta mexicana*.

Se trata además de proteína de buena calidad y digestibilidad (ligeramente inferior a la proteína del huevo o de carne de vacuno), que incluye todos los aminoácidos esenciales, los cuales representan el 46-96 % de la cantidad total de aminoácidos (Xiaoming et al., 2010). Sin embargo, en relación a otros alimentos de origen animal, los insectos presentan proporciones relativamente bajas de los aminoácidos histidina, lisina y triptófano (Sánchez-Muros et al., 2014). Hay que mencionar que el contenido de proteína de algunas especies puede estar sobreestimado debido a la presencia de quitina (por el grupo acetamida, que aporta nitrógeno al contenido total) en su caparazón (Lázaro, 2011).

Por otra parte, la composición lipídica, que puede variar entre un 10 % (langosta migratoria africana *L. migratoria*) y un 60 % (oruga *G. mellonella*), se caracteriza por un alto contenido de ácidos grasos insaturados (superior al 60 %) y en particular de los ácidos oleico, linoleico y α -linolénico, todos ellos de probado efecto positivo sobre la salud humana. En general el contenido de lípidos es mayor en las fases larvarias que en los insectos adultos (Santurino-Fontecha et al., 2016). Estudios recientes corroboran que los insectos pueden considerarse como fuentes alimenticias de ácidos grasos de alto valor nutritivo por su composición balanceada de SFAs (ácidos grasos saturados), MUFAs (ácidos grasos monoinsaturados) y PUFAs (ácidos grasos poliinsaturados) (Aman et al., 2017) (Sampat et al., 2017).

En relación a los micronutrientes, los insectos presentan un contenido de vitaminas y minerales muy variable entre especies y géneros, y en función de la etapa metamórfica y la alimentación. Rumpold y Schluter (2013) informaron que excepto las larvas del díptero *M. domestica*, los insectos son pobres en calcio, potasio y sodio. Sin embargo, tienen elevadas cantidades de fósforo, magnesio, zinc y hierro y suficientes cantidades de manganeso y de cobre para cubrir las necesidades diarias humanas. En general tienen un contenido de hierro y calcio superior a la carne de vacuno, de cerdo y de pollo. Destaca la oruga de la polilla *G. belina* por su contenido en hierro (31-77 mg/100 g de materia seca) y larvas del picudo *Rhynchophorus phoenicis* por su contenido en zinc (26,5 mg/100 g de materia seca).

Además, el consumo de 100 gramos de insectos puede cubrir los requerimientos diarios de un adulto en riboflavina, ácido pantoténico y biotina. Destacan especialmente los ortópteros y coleópteros por su contenido en ácido fólico, y el escarabajo amarillo *T. molitor* y el grillo *A. domesticus* por su contenido en vitamina B12. Sin embargo, no se consideran fuente importante de vitaminas A

y C, niacina y tiamina. Asimismo, el contenido de vitamina E es bajo excepto en las especies *Drosophila melanogaster* y *Microcentrum rhombifolium* (Ooninx y Dierenfeld, 2012).

Finalmente, algunos estudios sostienen que la quitina puede ser considerada como fibra dietética convirtiendo a los insectos comestibles en una fuente muy importante de fibra, especialmente las especies con exoesqueletos duros (Belluco et al., 2013).

Por todo ello, tanto la OMS como la FAO han aconsejado abiertamente el consumo de insectos como posible vía para solucionar carencias nutricionales en países en desarrollo y sobre todo, como pienso para el ganado (FAO/OMS, 2013).

1.6 Resistencia antimicrobiana

Algunos estudios apuntan que los insectos pueden ser vectores de bacterias portadoras de determinantes genéticos de resistencia antimicrobiana. Asimismo, se postula la posibilidad de que el tracto intestinal de los insectos actúe como escenario *in vivo* para la transferencia horizontal vía plasmídica de resistencia antimicrobiana entre bacterias (Crippen y Poole, 2009) (Anacarso et al., 2016).

No obstante, existe muy poca información en la literatura científica en relación a la presencia y distribución de genes de resistencia en especies de insectos comestibles. Sin embargo, se han observado porcentajes significativos de presencia de genes de resistencia a antimicrobianos ampliamente empleados en producción primaria, como las tetraciclinas, macrólidos, aminoglicósidos así como a antibióticos de último recurso como la vancomicina. Osimani et al. (2017) observaron una prevalencia alta del gen *tetM* que codifica resistencia a tetraciclina en el gusano de la harina *Tenebrio molitor L.*, más elevada en muestras comercializadas en Europa (100 %) que en muestras procedentes de Tailandia (80 %). Asimismo, detectaron la presencia del gen *erm(B)* de resistencia a macrólidos en el 57,5 % de las muestras, y de *vanA*, que confiere resistencia a la vancomicina, en el 90 % de muestras de Bélgica y en el 10 % de las producidas en Francia, mientras que el gen *aac-aph* que confiere resistencia a los aminoglicósidos se detectó en el 40 % de muestras producidas en Holanda y Bélgica y en el 20 % de las procedentes de Tailandia. Los autores relacionan estos hallazgos con la microbiota habitual identificada en el gusano de la harina (*Lactobacillus*, *Pseudomonas* spp., *Escherichia coli*, *Klebsiella* spp. y *Enterococcus*). También Milanović et al. (2016) encontraron una incidencia alta de determinantes genéticos de resistencia a tetraciclina y macrólidos en 11 especies de insectos comestibles, observando un patrón diferente en función del país de origen (Holanda y Tailandia), debido probablemente a diferencias en la regulación del uso de biocidas establecida en cada país, que puede ejercer una presión selectiva sobre los microorganismos presentes en los insectos, llegando a propiciar la aparición de resistencias a sustancias antimicrobianas.

Por otro lado, también se ha postulado recientemente que el contenido intestinal de los insectos podría ser una fuente de nuevos compuestos de naturaleza antimicrobiana (Akbar et al., 2018).

Estos estudios, aunque limitados, corroboran la necesidad de plantear el uso prudente de sustancias antimicrobianas en la producción de insectos destinados al consumo humano, y de abordar la evaluación de este riesgo potencial para la salud pública asociado a su consumo.

1.7 Consumo de insectos en Europa y en países terceros

La mayoría de las especies comestibles catalogadas se halla en Hispanoamérica, Asia y África, coincidiendo con el emplazamiento de la mayoría de consumidores habituales de insectos.

En estas zonas existe una amplia historia entomofágica de adaptación del hombre a su entorno. Desde los “cultivos” de huevos de insecto (saltamontes y dípteros, sobre todo) de los aztecas en aguas estancadas y lagos para obtener una especie de caviar (*ahuahulte*), hasta los métodos de recolección de hormigas tejedoras cuyas fases larvarias han sido siempre muy apreciadas tanto por sus cualidades nutritivas como medicinales en el sudeste tropical chino, en Bangladesh, en India, Malasia y Sri-Lanka. En África también se emplean múltiples métodos para recolectar termitas cuyas fases larvarias son las preferidas para el consumo.

México es uno de los principales países con tradición en el consumo de insectos. Si bien éste se ha visto reducido estos últimos años, se estima una frecuencia de consumo que varía de varias veces por semana, a una vez al mes en función de las temporadas de cosecha agrícola. Las especies de consumo más frecuentes son chapulines (ortópteros de varias especies de grillos y saltamontes como *Sphenarium purpurascens*) en tortillas de maíz con aguacate y chile, escamoles (larvas de hormiga *Liometopum apiculatum*) en tacos o en tortilla, jumiles (chinchas del género *Pentatomidae*), larvas de mosco o ahuahulte (el caviar azteca ya mencionado) y gusanos de Maguey. Estos últimos son las fases larvarias de las mariposas *Comadia redtenbacheri* o *Aegiale hesperalis*, recolectadas en las hojas de *Agave hesperalis*, que se consumen en tortilla o se emplean, junto con las larvas de gorgojo *Scyphophorus acupunctatus* (curculiónidos) para fermentar el conocido mezcal, alcohol destilado a partir de las hojas de *Agave americana* en el estado de Oaxaca.

Actualmente, en algunos países como México y el sur de Asia, la gastronomía asociada a los insectos se presenta como atracción turística con una oferta de más de 150 especies comestibles.

A diferencia de los pueblos entomófagos, la cultura occidental, aunque presenta antecedentes de entomofagia, se considera entomófoba, mostrando sentimientos y reacciones muy dispares, que van desde la curiosidad hasta el rechazo absoluto. Sin embargo, en países como Estados Unidos, Japón y en la Unión Europea, está resurgiendo el interés por el consumo de insectos a través de restaurantes de cocina exótica, mercados que los ofrecen y ciertas empresas que los crían y preparan para la venta al por mayor o venta directa al consumidor. Entre estos productos se ofrecen hormigas, orugas de mariposa y larvas de abeja cubiertas de chocolate; chapulines, gusanos de seda y de Maguey, abejas, incluso alacranes en Japón, fritos o preparados en almíbar. También productos elaborados con derivados de insectos, como el pan con harina de grillos que se comercializa en Finlandia o las barritas energéticas, elaboradas igualmente con harina de grillos, que se comercializan en España.

También se encuentran formando parte de alimentos procesados. Tal es el caso del colorante carmín natural E 120, que se utiliza comúnmente en productos lácteos y cárnicos, y que se obtiene a partir de extractos de los cuerpos desecados de las hembras de la cochinilla *Dactylopius coccus*.

En el ámbito europeo, hasta la entrada en vigor del nuevo Reglamento (UE) 2015/2283 relativo a los nuevos alimentos, algunos estados miembros de la Unión Europea han permitido la comercialización de algunas especies de insectos para consumo humano. Por ejemplo, en Bélgica se llegaron

a comercializar hasta 10 especies de insectos comestibles (FASFC, 2014). Dicha comercialización estaba supeditada a la aplicación de las buenas prácticas higiénicas, trazabilidad, etiquetado y autocontrol en toda la cadena alimentaria. En Holanda se crían el gusano de la harina (*T. molitor*), el escarabajo de la cama (*Alphitobius diaperinus*) y la langosta migratoria (*Locusta migratoria*) (Belluco et al., 2013). Los insectos también han estado presentes en otros países de la Unión Europea como Austria, Dinamarca, Finlandia o el Reino Unido. Es interesante destacar que en Europa ha comenzado a editarse recientemente una revista científica específicamente dedicada al papel de los insectos en alimentación humana y animal (*Journal of Insects as Food and Feed*; <http://www.wageningenacademic.com/loi/jiff>), como resultado de la primera Conferencia “*Insects to feed the world*”, que se celebró en Holanda en mayo de 2014.

Al margen de la moda por la gastronomía exótica, existe actualmente un interés real a nivel internacional por potenciar y valorizar las propiedades nutritivas de los insectos. El informe “Insectos comestibles: perspectivas de futuro para la seguridad alimentaria y alimentación para el ganado” de la FAO/OMS, publicado en 2013, analiza las posibilidades que ofrecen los insectos como alternativa importante para el futuro de la humanidad y señala que su potencial como alimento y, sobre todo, como pienso se encuentra prácticamente por explotar.

2. Principales microorganismos y parásitos patógenos alimentarios presentes en los insectos

Los insectos son portadores de una microbiota muy diversa asociada a sus hábitos vitales y a las condiciones de cría y procesado. Dado sus hábitos, sangre fría, y composición, se espera de forma general grandes diferencias en cuanto a los riesgos microbiológicos y parasitarios, comparado con la cría de animales convencionales. Hay que diferenciar el riesgo por la adquisición de insectos salvajes comestibles, que puede ser muy diferente del inherente a la ingesta de insectos producidos en granjas. Además, algunas enfermedades asociadas y resumidas a continuación se producen por ingesta accidental (EFSA, 2015). Los microorganismos asociados intrínsecamente a los insectos pueden estar presentes en su tracto digestivo o bien en su superficie externa. La microbiota del tracto digestivo es esencial para su metabolismo, comportamiento y supervivencia y permanecerá en el insecto, incluso cuando se limita el acceso al alimento, previo a la recolección, con el fin de que vacíen su contenido intestinal. Algunos de estos microorganismos, tanto del contenido intestinal como de la superficie externa, pueden resultar patógenos (EFSA, 2015).

Los distintos estudios realizados sobre los riesgos microbiológicos de los insectos llevan a conclusiones diferentes. Factores importantes que aumentan el riesgo de contaminación microbiana parecen ser una higiene deficiente y unas condiciones de recolección, secado, transporte, almacenamiento y distribución inadecuadas (Testa et al., 2017). La cría de insectos en granjas permite controlar las condiciones de producción, reduciendo el riesgo de microorganismos patógenos. Los insectos salvajes están más expuestos a una posible contaminación (NVWA, 2014). Estas condiciones serían especialmente relevantes en países subdesarrollados y en vías de desarrollo, en los que se ha referenciado condiciones higiénicas de manipulación, procesado, almacenamiento y comercialización inadecuadas (Braide et al., 2011).

En la bibliografía se encuentran diversos estudios microbiológicos realizados sobre distintas especies que se utilizan en alimentación humana o tienen potencial para ello. Muchos de estos estudios han sido realizados en África y Sudamérica, ya que se trata de regiones donde existe un consumo tradicional de algunas especies (Amadi et al., 2005) (Agabou y Alloui, 2010) (Braide et al., 2011) (Hernández-Flores et al., 2015).

2.1 Patógenos bacterianos

El estudio de la microbiología de los insectos se ha abordado desde dos aproximaciones principales: microbiología convencional (basada en cultivo) o análisis poblacionales (independientes de cultivo). Los estudios basados en cultivo indican una gran carga bacteriana, con recuentos de microorganismos aerobios mesófilos superiores, en la mayoría de los casos, a 10^6 ufc/g (Amadi et al., 2005) (Braide et al., 2011) (Klunder et al., 2012) (Stoops et al., 2016) (Garofalo et al., 2017) (Grabowski y Klein, 2017a) (Vandeweyer et al., 2017a). Es necesario tener presente que estos estudios se han realizado sobre diferentes especies de insectos que habían sido sometidos a tratamientos diversos y no siempre procesados de la misma forma.

En el tracto digestivo de insectos se han señalado recuentos elevados, pudiendo llegar a alcanzar niveles de $2,8 \times 10^{10}$ ufc/ml (Cazemier et al., 1997), siendo una fuente importante de contaminación (Rumpold et al., 2014) (Grabowski y Klein, 2017a). Entre las bacterias aisladas en el tracto digestivo de insectos destacan: *Streptococcus*, *B. subtilis*, *E. coli*, *Enterobacter liquefaciens*, *Klebsiella pneumoniae* y *E. cloacae* (Dillon y Charnley, 2002). La microbiota del pienso parece determinante de la microbiota presente en el insecto, si bien algunas especies muestran una ventaja competitiva en el tracto digestivo del insecto y llegan a ser dominantes (Wynants et al., 2018). Es de destacar que los insectos se consumen en muchos casos enteros, sin eviscerar.

En el estudio realizado por Vandeweyer et al. (2017a) en tres especies de insectos se señalan valores de pH elevado (entre 6,4 y 6,7), así como valores altos de actividad de agua (0,96). Estos altos valores de pH y actividad de agua son adecuados para el crecimiento de un amplio rango de microorganismos.

La presencia de algunas bacterias patógenas ha sido demostrada regularmente. Se ha referenciado la presencia de *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* (Wales et al., 2010) (Belluco et al., 2013) (Rumpold y Schlüter, 2013) (Dobermann et al., 2017) (Grabowski y Klein, 2017a) (Mutungi et al., 2017). Además, hay que destacar que ciertos insectos son considerados vectores de *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. (Belluco et al., 2013). Se considera especialmente preocupante las bacterias patógenas esporuladas, resistentes a los tratamientos de procesamiento generalmente aplicados en insectos y capaces de crecer durante el almacenamiento (NVWA, 2014). En este sentido, se ha demostrado recientemente que las bacterias formadoras de esporos sobrevivieron a niveles de 10^4 ufc/g tras un tratamiento de escaldado, mientras que el resto de grupos bacterianos se vio mucho más significativamente afectado (Vandeweyer et al., 2017b) (Wynants et al., 2018).

En los estudios realizados sobre la presencia de bacterias patógenas en insectos se han obtenido resultados que difieren de forma importante. En algunos estudios se observa la ausencia de

las bacterias patógenas estudiadas mientras que en otros se ha detectado presencia de bacterias patógenas y también de mohos productores de micotoxinas (Braide et al., 2011) (Belluco et al., 2013) (Dobermann et al., 2017) (Grabowski y Klein, 2017a) (Wynants et al., 2018). No obstante, hay que tener en cuenta que la presencia de bacterias patógenas en los insectos que se puedan destinar al consumo humano depende de la especie de insecto y estado de desarrollo, de las condiciones de cría (sistema de producción, alimentación y entorno) así como del procesado y manipulación de los mismos, y hasta de las condiciones de consumo (FASFC, 2014) (EFSA, 2015). Este hecho podría explicar las diferencias encontradas en la bibliografía.

Los insectos se crían a temperaturas relativamente elevadas por lo que si las bacterias patógenas indicadas están presentes en el entorno de producción o en la alimentación, pueden multiplicarse. Por tanto, dichas bacterias patógenas pueden estar presentes en insectos no tratados destinados a consumo humano (NVWA, 2014).

Dada la gran variedad de insectos comestibles es importante tener en cuenta la especie. Distintos estudios relacionan diferencias microbiológicas entre especies de insectos, si bien dentro de la misma especie se ha encontrado una gran variabilidad desde el punto de vista microbiológico. El sistema de producción y alimentación juega también un papel importante. Además, según la especie de insecto, se destinan a consumo en distintos estados de desarrollo (larvas, pupas, adultos). Por otro lado, los insectos pueden comercializarse bien enteros, o sus partes, incluso como derivados utilizados como fuente de proteínas. Todo ello puede influir en la seguridad microbiológica (EFSA, 2015) (Vandeweyer et al., 2017a).

No se han encontrado en la bibliografía datos sobre el contenido de histamina en insectos, aunque sí está presente como neurotransmisor (Elias y Evans, 1983). Tampoco se han encontrado datos sobre el contenido en histidina libre ni la presencia de bacterias descarboxilantes. La composición en histidina de los insectos varía entre 15,7 y 27 mg/g de proteína (Rumpold y Schlüter, 2013), lo que sugiere que el riesgo debido a las aminas biógenas es muy bajo.

Los estudios microbiológicos independientes de cultivo muestran una gran diversidad microbiana, que además presenta diferencias entre las especies de insectos y entre los sistemas de cría (Jung et al., 2014) (Stoops et al., 2016) (Garofalo et al., 2017) (Wynants et al., 2018). Además, estos estudios revelan la presencia de microorganismos potencialmente patógenos (*Listeria* spp., *Clostridium* spp., *Staphylococcus* spp. o *Bacillus* spp.) (Garofalo et al., 2017). Las conclusiones que se pueden obtener de estos estudios son que las comunidades microbianas varían en función de la especie de insecto, la dieta y condiciones de cría y la capacidad de los microorganismos de adaptarse a las diferentes condiciones ambientales que se dan en el insecto (Jung et al., 2014) (Garofalo et al., 2017).

2.2 Patógenos víricos

Existe una gran variedad de virus que pueden resultar patogénicos para los insectos. Sin embargo, solo en contadas ocasiones los insectos pueden actuar de vectores de virus capaces de infectar a vertebrados. Estos virus de artrópodos se denominan Arbovirus, se replican con éxito en vectores tales como moscas, mosquitos o garrapatas, pueden atravesar la barrera de la especie, replicarse

eficazmente en vertebrados y causar enfermedad en humanos (como el Dengue, la enfermedad del Nilo Occidental, la fiebre del valle del Rift, la fiebre hemorrágica o el Chickungunya) o en animales de granja (como el Schmallenberg). Sin embargo, no hay evidencia de que tales virus se den en insectos empleados como alimento o pienso (EFSA, 2015).

Los insectos también pueden actuar de vectores pasivos de enfermedades víricas humanas y de animales de granja. Se ha sugerido en diversas ocasiones que, por ejemplo, las moscas pueden transferir pasivamente el virus de la gripe aviar (EFSA, 2015). También se ha sugerido que algunos virus podrían sobrevivir en el estiércol animal usado como base para la cría de moscas (EFSA, 2015). No obstante, en cualquiera de estos casos, el empleo de un sustrato adecuado para la cría de los insectos o un procesado eficaz mitigarían el riesgo de la posible transmisión de estos virus.

2.3 Hongos

Los análisis de la microbiota fúngica también presentan gran variabilidad en los recuentos, que van desde menos de 2 log ufc/g hasta 5,7 log ufc/g (Simpanya et al., 2000) (Stoops et al., 2016) (Garofalo et al., 2017) (Vandeweyer et al., 2017b) (Wynants et al., 2018). Algunos mohos aislados de insectos pertenecen a especies con potencial micotoxigénico (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*) y también se detectó la presencia de aflatoxinas en muestras de insectos, en concentraciones que en ocasiones llegaban a los 50 µg/kg (Mpuchane et al., 1996), muy superiores a los límites máximos establecidos en la Unión Europea para aflatoxinas, que no pueden superar los 15 µg/kg en el caso más permisivo (UE, 2007). Charlton et al. (2015) detectaron las micotoxinas bovericina (sintetizada por el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*), enantina A y enantina A1 (sintetizadas por *Fusarium* spp.) en ejemplares de *Musca domestica*. Otro aspecto destacado es la enorme cantidad de nuevas especies de hongos halladas en el tubo digestivo de los insectos, desconocidas hasta ahora, que en el caso de las levaduras se estima en casi un 50 % (Suh et al., 2005).

2.4 Parásitos

Los riesgos de enfermedad adquirida por parásitos asociados a ingesta de insectos están poco documentados. En la literatura se describen varios ejemplos de insectos como vectores para parasitosis, aunque cabe destacar que muchas de las descripciones son anecdóticas.

En cuanto a parásitos unicelulares, la enfermedad de Chagas en Sudamérica producida por *Trypanosoma cruzi* con triatomas como vectores afecta a más de 10 millones de personas. Por otro lado, *Toxoplasma gondii* se ha encontrado en cucarachas y algunos dípteros (Graczyk et al., 2005), por lo que no se puede descartar la transmisión a través de estos insectos. *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia* también se han encontrado en cucarachas y en la mosca común, pero también otros protozoos (Kinfu y Erko, 2008) (Oyeyemi et al., 2016) (Mutungi et al., 2017).

Hay una revisión sobre el riesgo de varios tipos de trematodosis por alimentos, sin que especifique los insectos como causa fehaciente en todos los casos, más bien asociado a una costumbre alimentaria en las zonas endémicas (Chai et al., 2009). *Dicrocoelium dendriticum* es un trematodo que afecta a ganado de pastoreo, sin embargo, se ha asociado a infección en humanos a través de la ingesta accidental de hormigas en Kirgizstan (Jeandron et al., 2011). En Asia oriental los

trematodos *Phanerosolus bonnei* y *Prosthodendrium molenkampi* son capaces de infectar en sus formas de cercarias y metacercarias, encontrándose en los estadios ninfa (naiad) y adultos de la libélula y el caballito del diablo (damisela) (Belluco et al., 2013).

El cestodo *Hymenolepis diminuta* tiene como hospedadores intermedios a varios insectos, incluido el gusano de la harina *Tenebrio molitor*. El consumo de los insectos infectados transmite así el parásito, típicamente al hospedador definitivo (roedores), pero también al ganado y humanos (Šhostak, 2014).

En países como Nigeria y Etiopía se ha podido aislar los nematodos *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Enterobius vermicularis*, *Taenia* spp. en cucarachas y en la mosca común (Kinfu y Erko, 2008) (Oyeyemi et al., 2016). El nematodo *Gongylonema pulchrum*, tiene escarabajos y cucarachas como hospedadores intermedios en Irán. Algunos casos han sido reportados específicamente asociado a ingesta de estos insectos (Wilson et al., 2001).

La miasis intestinal se asocia a la ingesta accidental de huevos o larvas de la mosca común y otros dípteros, de los que algunos se utilizan en la cría de animales (ANSES, 2015).

En cuanto a enfermedad parasitaria producida por ingesta de insectos de granja, no existen datos en la actualidad (EFSA, 2015). Al utilizar en la cría estadios iniciales estériles de estos insectos de granja es poco probable la adquisición de parásitos del entorno (Belluco et al., 2013). Otros autores indican que la experiencia previa de aparición de riesgo microbiológico nuevo en la cría de otros insectos hace pensar que no se puede descartar nuevos riesgos, ya que los patógenos invertebrados se encuentran en mayor frecuencia en sistemas de cría masiva (Grau et al., 2017).

2.5 Priones

Los priones son los agentes causantes de un grupo de patologías neurodegenerativas letales características de mamíferos, también conocidas como encefalopatías espongiiformes transmisibles. Molecularmente están constituidos por una proteína funcional que ha perdido su función normal adquiriendo la capacidad de cambiar la conformación de la forma normal en patológica y de autorreplicarse. La bibliografía científica incluye referencias de diferentes tipos de priones, específicos de animales mamíferos, de levaduras y hongos filamentosos (Wickner et al., 2004) y de un molusco marino del género *Aplysia* (Bussard, 2005). Sin embargo, hasta el momento no se han identificado priones o proteínas relacionadas específicas de insectos y, al carecer éstos de los genes que los codifican, se descarta la posibilidad de que el prion PrP de mamífero pueda replicarse en ellos. Algunos estudios publicados avalan esta teoría mediante la inoculación de priones provenientes de ovinos infectados con Scrapie típico y atípico en dípteros *D. melanogaster* transgénicos y no-transgénicos (Post et al., 1999) (Thackray et al., 2012, 2014). Los ejemplares transgénicos capaces de expresar el gen codificante para la proteína PrP ovina desarrollaron efectos neurotóxicos acelerados, mientras que los ejemplares salvajes no desarrollaron ningún tipo de respuesta. Además, se pudo detectar la aparición de una proteína de resistencia frente a PrP^{sc} (la proteína PrP ovina) en los individuos transgénicos. Existen otras investigaciones acerca de la expresión de proteínas PrP de mamífero en *D. melanogaster* transgénicas (Gavin et al., 2006) (Sartori et al., 2010).

Si bien los insectos comestibles no pueden actuar como vectores biológicos de priones humanos o animales, varios estudios sugieren la posibilidad de que se comporten como vectores mecánicos de estos priones. Post et al. (1999) detectaron la presencia de la proteína PrP^{Sc} en adultos muertos del díptero *Sarcophaga carnaria*, responsable de miasis humanas y animales, después de alimentar las larvas de mosca con cerebros de hámsteres infectados de Scrapie. Asimismo, observaron síntomas clínicos y detección de PrP^{Sc} en el 50 % de los roedores sanos alimentados con órganos internos de pupas y larvas infectadas, concluyendo que las larvas de *S. carnaria*, al alimentarse a partir de una fuente contaminada, pueden ser colonizadas pasivamente con el prion responsable del Scrapie y que todas las fases de su ciclo evolutivo pueden actuar como vector pasivo del prion, incluso una vez muertas, transmitiéndolo cuando son ingeridas por un vertebrado y permitiendo el desarrollo de la patología. Por otra parte, Lupi (2006) concluyó que las miasis oculares, cutáneas, intracerebrales o espinales, debidas a *Hypoderma bovis* u *Oestrus ovis*, están relacionadas con el desarrollo de enfermedades priónicas humanas y con la transmisión de la encefalopatía priónica que afecta a cérvidos salvajes en Norteamérica, y Corona et al. (2006) relacionaron las larvas de *O. ovis* portadoras de PrP^{Sc} con la transmisión del Scrapie entre ovinos.

Hasta el momento no hay estudios científicos que relacionen las especies de insectos comestibles con el papel de vector o portador de priones animales o humanos. El informe reciente de la EFSA (2015) sobre los riesgos de los insectos para la alimentación humana y animal apunta que este riesgo podría estar asociado al uso de sustratos para la cría de insectos que incluyan proteínas derivadas de subproductos de origen animal, especialmente de rumiantes, o humanas. Aunque el riesgo se estima que es comparable y no superior a otras fuentes de proteína de origen animal no procesada, serían necesarios más estudios si se utilizara para la alimentación de los insectos estiércol, basura orgánica doméstica o incluso excrementos humanos. La EFSA extendió también su conclusión a las proteínas derivadas de insectos, dado que la transformación de los insectos puede reducir aún más la presencia de peligros biológicos.

3. Riesgos asociados a la alergenicidad

En cuanto a las reacciones alérgicas tras ingesta de insectos, existe aún gran desconocimiento, aunque es precisamente en los últimos años que algunos grupos de investigación han comenzado a estudiar la epidemiología y predictibilidad de reacciones alérgicas, especialmente en pacientes ya alérgicos a otros artrópodos. Se puede diferenciar aquellas producidas por sensibilización primaria a los insectos en cuestión de las hipotéticamente previsibles por reactividad cruzada en pacientes ya alérgicos a otros artrópodos. Ribeiro et al. han publicado en 2017 una revisión sistemática sobre los riesgos de alergia producidos por insectos comestibles, analizando artículos relacionados por un lado con la descripción de reacciones alérgicas primarias a insectos y por otro lado la posibilidad de reactividad cruzada y co-sensibilización entre insectos comestibles, crustáceos y ácaros del polvo doméstico (Ribeiro et al., 2017). Esta revisión es actualmente la más completa y actualizada en esta temática. Esta revisión e informes de entidades oficiales (en especial (ANSES, 2015) (EFSA 2015)) incluyen también otros aspectos laterales relacionados con la ingesta de insectos por lo que aquí también se hace breve mención.

La capacidad de los insectos de sensibilizar y/o producir reacciones alérgicas es conocida y depende de la vía de exposición. Las alergias más frecuentes se producen por picadura de insectos, en especial himenópteros, pero también pueden ser producidas por insectos hematófagos, por pelos urticantes o secreciones defensivas (Ribeiro et al., 2017).

También es posible que los insectos emanen compuestos volátiles o actúen de aero-alérgenos. La exposición profesional en trabajadores que tienen contacto con insectos puede producir eczema, urticaria de contacto o manifestaciones respiratorias como rino-conjuntivitis y asma bronquial. En estos escenarios se ha podido confirmar un mecanismo alérgico por aero-alérgenos o alérgenos de contacto en trabajadores de cría de insectos, agricultores o panaderos (contaminación de las harinas). Específicamente se ha documentado la sensibilización por vía inhalatoria del gusano de la harina o la langosta migratoria (*Locusta migratoria*) (Ribeiro et al., 2017). Hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Candida*, tienen capacidad de sensibilizar vía inhalación y forman parte de la microbiota sobre la superficie de los insectos y ser a su vez causa de alergia ocupacional (Schlüter et al., 2017).

La relevancia de la sensibilización por alérgenos inhalantes viene dada por la posibilidad de producirse, en una segunda fase, también una relevancia clínica con posible reacción alérgica tras la ingesta, no solo del insecto en cuestión, sino también de otros, por reactividad cruzada. Así, una publicación describe la alergia por ingesta de gusanos de la harina en sujetos con alergia inhalatoria previa por el mismo insecto a raíz de contacto profesional o doméstico. Estos pacientes son descritos por su sensibilización primaria a este insecto sin alergia a marisco, aunque uno de ellos presentaba sensibilización a ácaros del polvo (Broekman et al., 2017). Las medidas preventivas incluyen una ventilación adecuada y el uso de ropa y máscaras protectoras, así como la exclusión de estos trabajos en personal alérgico.

En cuanto a la posibilidad de alergias por reactividad cruzada se trata aún de un campo más hipotético que claramente demostrado. Sin embargo, los primeros y recientes estudios *in vitro* han sido capaces de demostrar reactividad cruzada entre marisco (en especial crustáceos, pero también moluscos) e insectos comestibles, pero también de los mismos con ácaros del polvo doméstico. Ambas sensibilizaciones primarias a ácaros o marisco tienen relevancia, sobre todo, por su importante epidemiología. La alergia a crustáceos forma parte de las alergias alimentarias más frecuentes, mientras la alergia a ácaros del polvo en muchos lugares del mundo es la causa más frecuente de alergia respiratoria (rinoconjuntivitis y asma bronquial). Los estudios de posible reactividad cruzada se han realizado en especial para los insectos comestibles de esperada relevancia en la Unión Europea: el gusano de la harina (*T. molitor*), los grillos de campo (*Gryllus bimaculatus* y *G. campestris*), el grillo doméstico (*A. domesticus*), las langostas (*Patanga succinta* y *Mecopoda elongata*), el escarabajo de la cama (*A. diaperinus*) y el gusano de la harina gigante (*Z. atratus*) (Ribeiro et al., 2017). En un estudio, la mayoría de los sueros de pacientes con alergia a la tropomiosina de ácaros o gamba reconocían *in vitro* los extractos del gusano de la harina. Los mismos autores pudieron demostrar una predictibilidad de reactividad cruzada *in silico*, basado en una alta probabilidad de reactividad cruzada si existe 35 % de identidad de aminoácidos en una ventana de 80 aminoácidos o más (Verhoeckx et al., 2014). El mismo grupo de investigación publicó el único

estudio de posible relevancia clínica de estos hallazgos. 15 pacientes con alergia a gamba fueron provocados (doble ciego y controlado) con el gusano de la harina y el 87 % de las provocaciones fueron positivas, encontrándose la dosis umbral para la aparición de síntomas objetivos igual o en menor dosis que aquella cantidad de proteína de este insecto contenida en los snacks producidos actualmente (Broekman et al., 2016). Estos hallazgos se han interpretado como sorprendentes en la revisión de Ribeiro et al. (2017), ya que el alto porcentaje referido de relevancia clínica de reactividad cruzada se encuentra por encima del 75 % de las posibles reacciones cruzadas clínicamente relevantes entre diferentes especies de marisco, que se encontrarían siempre taxonómicamente más cercanas entre sí. En una ampliación de este estudio con los mismos pacientes se demostró la reactividad cruzada (*in vitro*) de gamba con otros insectos testados: el gusano de la harina gigante *Zophobas morio*, el escarabajo de la cama *A. diaperinus*, la polilla de la cera *G. mellonella*, la mosca soldado negra *H. illucens* (todos en estadio larvario final), y el grillo doméstico *A. domesticus* y la langosta *L. migratoria migratorioides*. De esta forma demostraron reactividad cruzada con cuatro distintos órdenes (coleópteros, lepidópteros, dípteros, ortópteros y diferentes estadios vitales) (Broekman et al., 2017). También el grillo de campo ha sido objeto de estudio, encontrándose en su extracto el reconocimiento de dos bandas con un conjunto de sueros de pacientes alérgicos a gamba. Otros estudios demostraron reactividad cruzada *in vitro* entre el gusano de la seda por un lado y cucarachas, así como gamba por otro lado.

En cuanto a los alérgenos responsables de la reactividad cruzada entre insectos comestibles, ácaros del polvo y marisco, cabe destacar en primer lugar la tropomiosina y la arginina-quinasa, pero también otros como la α -tubulina, β -tubulina, actina, troponina, fructosa-bifosfato aldolasa, cadena ligera de miosina, paramiosina, hexamerina, hemocianina, y otros.

Los hallazgos de secuencias conservadas de las proteínas alergénicas y así de la reactividad cruzada no son inesperados si se considera que los invertebrados en cuestión están taxonómicamente cerca en relación con los humanos, mientras que la distancia entre humanos y los invertebrados estudiados se encuentra suficientemente lejana para inducir con facilidad una respuesta inmune. Sin embargo, cabe destacar que los estudios *in vitro* y los análisis *in silico* deben ser confirmados *in vivo* (pruebas de provocación o experiencia acumulada de casos descritos).

Aunque la ingesta de insectos puede ser accidental, las publicaciones sobre reacciones alérgicas a insectos están relacionadas con la ingesta voluntaria. La gran mayoría de la bibliografía hace referencia a casos y estudios en Asia, África y Sudamérica. Las especies que han sido reportadas como causantes de reacciones alérgicas son los saltamontes/langostas, pupas del gusano de la seda, *Cordyceps sinensis*, un hongo que parasita insectos como la pupa del gusano de seda (*Bombyx mori*), el gusano mopane de la mariposa nocturna (*Gonimbrasia belina*), el gusano de la harina, el gusano de la harina gigante (*Zophobas morio*) algunas cicadas, pupas y larvas de abejas, la polilla *Clanis bilineata* y el gusano del picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*). Generalmente se desconoce la epidemiología de las reacciones alérgicas y se han descrito hasta ahora sobre todo en zonas donde su consumo es más frecuente.

Una aproximación y especial mención cabe a los casos graves descritos de alergia, las reacciones anafilácticas: en China el 17,3 % de los choques anafilácticos por alimentos fueron a causa

de la ingesta de insectos, siendo los saltamontes, las especies más frecuentes. Se estima que en China las reacciones alérgicas tras ingesta del gusano de la seda ascienden a unos 1 000 casos al año (Ji et al., 2008). En Tailandia, las anafilaxias alimentarias fueron en un 19,4 % debido a la ingesta de las mismas especies. Siete casos de anafilaxia tras ingesta de saltamontes fritos y langostas fueron reportados durante 2 años en un hospital tailandés (Pener, 2014). En otro enfoque, en Laos, la prevalencia de reacciones alérgicas entre población consumidora de insectos fue del 7,6 %, sin detallarse las especies causantes. Ningún caso fatal consta en la bibliografía. El documento de la ANSES (*Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*) realiza un cálculo del riesgo de reacción por reactividad cruzada, ascendiendo hasta 100 000 personas en Francia aquéllas en un riesgo hipotético (ANSES, 2015). Este número parece muy alto y deberá ser revaluado conforme se instaure la entomofagia como modo alimentario en Europa.

La quitina es un carbohidrato que forma parte de las paredes celulares de los hongos y del exoesqueleto de los artrópodos. Tiene propiedades que aumentan la reacción inmunitaria o facilitan una reacción inflamatoria alérgica. El ser humano dispone de quitinasas, pero frecuentemente hay una deficiencia de esta enzima y por ello se considera esta sustancia indigesta. Insectos disecados contienen hasta un 10 % de quitina (Arbia et al., 2013). Sin embargo, se considera que una porción diaria de 45 g de insectos liofilizados con un contenido medio de 6 % de quitina no supone un riesgo para la salud pública (EFSA, 2010). Piezas corporales con quitina pueden acumularse en el intestino y causar obstrucción intestinal (FAO/OMS, 2013). Se recomienda la retirada de patas y alas de saltamontes antes de su consumo.

Concluyendo, el análisis de la bibliografía pone de relieve la posibilidad de reactividad cruzada a causa de la presencia de pan-alérgenos en pacientes ya alérgicos a otros invertebrados, con mayor riesgo de reacción si la reacción ha sido por alergia a crustáceos, mientras que la sensibilización primaria a insectos comestibles parece no asociarse a la sensibilización a pan-alérgenos, probablemente por sensibilización a alérgenos más específicos del insecto en cuestión. Se desconoce la epidemiología real de las reacciones alérgicas por insectos comestibles. Parece que aquellos pacientes con sensibilización primaria a algún insecto son capaces de tolerar varios otros insectos (Broekman et al., 2017). Aun así, la falta de experiencia a causa de la falta de hábito de entomofagia en Europa pide prudencia a la hora de intentar una previsión de los riesgos alergénicos. Los documentos consultados sí que aconsejan como mínimo avisar al consumidor con alergia previa a marisco de la posibilidad de reacción alérgica con los insectos. A día de hoy no existe un tratamiento de los insectos antes de su ingesta que asegure la anulación de los efectos alergénicos.

4. Efecto esperable del procesado sobre la calidad microbiológica de los insectos y su alergenidad

El tipo de procesado aplicado a los insectos destinados a consumo humano tiene una gran influencia en la calidad y seguridad microbiológica de los mismos (Belluco et al., 2013) (Grabowski y Klein, 2017b). En general, distintos estudios han puesto de manifiesto una alta carga microbiana en insectos, destacando altos recuentos en microorganismos aerobios mesófilos, enterobacterias y esporulados (Braide et al., 2011) (Klunder et al., 2012) (Caparros Megido et al., 2017) (Grabowski y Klein, 2017a).

Diversos estudios han evaluado el efecto del tratamiento térmico sobre la calidad microbiológica de los insectos para consumo humano. Klunder et al. (2012) demostraron que el hervido de insectos *Tenebrio molitor* a 100 °C (5-10 minutos) reduce el recuento total de microorganismos aerobios y de enterobacterias de 10^7 a menos de 10 ufc/g. Asimismo, estos autores encontraron que el secado en horno a 90 °C durante 110 minutos reduce el recuento total de microorganismos aerobios en 2 o 3 ciclos logarítmicos y el de enterobacterias de 3 a 5 ciclos logarítmicos y que el asado durante 10 minutos precedido de un escaldado produce igualmente una reducción significativa en el recuento de enterobacterias. En insectos ahumados se han observado altos recuentos de microbiota aerobia mesófila y de mohos y levaduras por lo que también se recomienda aplicar un tratamiento térmico previo en agua a 100 °C, de 10 minutos en el caso del gusano de la harina y de 5 minutos en el grillo doméstico (Caparros Megido et al., 2017). Por el contrario, las formas esporuladas de bacterias pueden sobrevivir a estos tratamientos térmicos, germinar durante el procesado y proliferar durante el periodo de conservación previo al consumo. Este riesgo disminuye en el caso de insectos asociados a procesos de fermentación láctica debido al efecto del pH sobre la germinación y crecimiento bacteriano. Resultados similares en relación al tratamiento térmico han sido obtenidos más recientemente por Stoops et al. (2017), por Vandeweyer et al. (2017b) y por Wynants et al. (2018). Adámek et al. (2018) concluyeron que el procedimiento más idóneo para la conservación de insectos a largo plazo era el hervido en agua seguido de una desecación a 103 °C durante 12 horas y envasado hermético del producto.

Por otra parte, se ha comprobado que el proceso de molienda de insectos crudos incrementa la carga microbiana y disminuye la eficacia de los tratamientos térmicos en comparación a cuando éstos se aplican a insectos enteros.

Grabowski y Klein (2017b) señalaron diferencias en la calidad microbiológica según el tipo de producto analizado. Estos autores observaron recuentos microbiológicos más altos en los insectos desecados y en polvo que en los sometidos a fritura y cocinado. Los grupos analizados por estos autores fueron: microorganismos aerobios mesófilos, enterobacterias, mohos y levaduras, *Staphylococcus* spp. y *Bacillus* spp. Todas las muestras analizadas de insectos procesados presentaron ausencia de *Salmonella*, *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Staphylococcus aureus*. Sin embargo, estos autores detectaron la presencia de *B. cereus*, *Listeria ivanovii*, *Mucor* spp., *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. en muestras de insectos desecados y en polvo. Los insectos desecados y en polvo analizados excedieron los valores establecidos en los criterios de higiene de procesos aplicables a productos cárnicos, criterios que se han propuesto para insectos. Por ello, estos autores proponen aplicar un tratamiento térmico antes de su consumo.

En insectos en polvo y desecados se ha detectado *B. cereus*, llegando en algunos casos a alcanzar poblaciones de 6.0 log ufc/g (Grabowski y Klein, 2017b). Los insectos en polvo pueden ser utilizados en otros alimentos y ser sometidos a tratamiento térmico. Dado que *B. cereus* presenta una alta termorresistencia, puede sobrevivir al tratamiento de pasteurización. Por ello, en productos desecados se debe prestar especial atención al control de *B. cereus*.

Existen distintas metodologías para la desecación de insectos. Las condiciones higiénicas, así como las medidas de las distintas combinaciones tiempo-temperatura tienen como resultado dis-

tintos recuentos microbianos (Mpuchane et al., 2000) (Grabowski y Klein, 2017a). Todo ello pone en evidencia la importancia de las medidas de higiene durante el secado.

El efecto de altas presiones hidrostáticas ha sido estudiado en el gusano de la harina. Tratamientos de 600 MPa se han mostrado eficaces en la inactivación microbiana. Igualmente, se ha observado que un tratamiento térmico en agua a 90 °C durante 15 minutos es eficaz (Rumpold et al., 2014).

Como en cualquier alimento la manipulación de los insectos durante el procesado constituye un factor que incrementa el riesgo de contaminación de los mismos. Así, se ha documentado la presencia de *Staphylococcus* spp. en insectos sometidos a tratamiento térmico atribuible a una contaminación por manejo post tratamiento (NMWA, 2014).

El almacenamiento y envasado de insectos es un factor importante a considerar para garantizar la seguridad de los insectos (Braide et al., 2011). En relación con el envasado se recomienda el envasado en atmósferas modificadas con el fin de reducir la humedad y la proliferación microbiana, de esta forma se puede prolongar la vida útil del producto (Braide et al., 2011) (Stoops et al., 2017). Finalmente, las condiciones de almacenamiento de los insectos procesados constituyen un factor de riesgo para la multiplicación de agentes que han sobrevivido a los tratamientos aplicados, especialmente microorganismos esporulados.

Es importante llevar a cabo estudios con el fin de establecer la vida útil de los insectos comercializados. No se ha documentado con base científica el periodo de vida útil de 52 semanas indicado por algunos fabricantes de insectos procesados para consumo humano (NMWA, 2014), aunque hay estudios sobre pasta de gusano de la harina que concluyen una vida útil de 3-7 días a 2-7 °C, de 7 días en condiciones de envasado a vacío y de 14 días si la pasteurización se aplica al producto envasado (FASFC, 2014).

Los tratamientos de procesado tienen cierto efecto sobre la alergenicidad, como con otros alimentos, no siempre previsible. En cuanto a la capacidad de reconocimiento de la IgE de pacientes alérgicos a gamba con métodos *in vitro*, el tratamiento térmico del gusano de la harina no cambió la capacidad de unión de la IgE (Broekman et al., 2017). Esto se confirmó en otro estudio que analizó más específicamente la capacidad de ligamiento de la IgE frente a la tropomiosina (van Broekhoven et al., 2016), mientras que la fritura a 180 °C sí que la eliminó. Incluso se ha demostrado el aumento de alergenicidad de la gliceraldehido-3-fosfato dehidrogenasa de la langosta de Bombay (*Patanga succincta*) (Phiriyangkul et al., 2015). Hay que remarcar, que, precisamente la estabilidad de las proteínas frente a temperaturas extremas y enzimas digestivas, es una de las características de los alérgenos alimentarios. Para la tropomiosina se conoce además la estabilidad de los epítomos durante la liofilización (van Broekhoven et al., 2016). Se puede concluir que el tratamiento térmico disminuye, pero no elimina del todo la alergenicidad de, al menos, algunas de las proteínas responsables de riesgo alérgico.

5. Buenas prácticas de higiene relacionadas con el consumo de insectos

Para el control de peligros microbiológicos en insectos destinados a consumo humano se deben aplicar medidas correctas de higiene durante la cría, procesado y comercialización. La ingesta cruda de insectos puede estar asociada a las enfermedades de transmisión alimentaria descritas,

por lo que se recomienda el tratamiento culinario adecuado o congelado antes de su consumo. También se deduce necesario el estudio a nivel industrial de los diferentes tratamientos (lío-filización, congelación, tratamientos térmicos, etc.) sobre los insectos para la prevención de estas enfermedades. Los diferentes estudios realizados muestran que la concentración de microorganismos indicadores de higiene es muy variable y puede ser muy elevada en los insectos que no han recibido ningún tipo de tratamiento térmico; sin embargo, los tratamientos térmicos aplicados más frecuentemente (ebullición, fritura, tostado) provocan una reducción considerable en los recuentos microbianos (NVWA, 2014).

En la Unión Europea el sector dedicado a insectos comestibles, como cualquier otro sector alimentario, debe cumplir con un conjunto de requisitos higiénicos obligatorios establecidos en los Reglamentos 852/2004 (UE, 2004a) y 853/2004 (UE, 2004b), dentro de los cuales se encuentra el de elaborar, aplicar y mantener un procedimiento basado en los principios del sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC). Asimismo, debe satisfacer las exigencias que en materia de trazabilidad impone el Reglamento (CE) N° 178/2002 (UE, 2002). Para ello es relevante la elaboración de Guías de Prácticas Correctas de Higiene que ayuden al sector a comprender mejor las normas comunitarias relativas a la higiene de los alimentos, y aplicarlas de manera correcta y uniforme, así como Guías para la Aplicación de los Principios del Sistema APPCC, que orienten al sector a la hora de aplicar este sistema teniendo en cuenta la naturaleza y características propias del mismo.

Por el momento no existen criterios microbiológicos definidos para los insectos destinados a consumo humano, si bien se han propuesto los siguientes criterios de seguridad alimentaria para insectos comercializados destinados a consumo humano: ausencia de *Salmonella* en 10 gramos, y *Listeria monocytogenes* menos de 100 ufc/g (NMWA, 2014). Los criterios de higiene de procesos vigentes en la Unión Europea para alimentos de origen animal incluyen los siguientes recuentos, con el límite máximo M más elevado que se indica: colonias aerobias (5×10^6 ufc/g en carne picada), enterobacterias (100 ufc/g en ovoproductos), *E. coli* (5 000 ufc/g en preparados cárnicos), estafilococos coagulasa positivos (10^5 ufc/g en quesos a base de leche cruda), *Campylobacter* spp. (1 000 ufc/g en canales de pollo de engorde) y presunto *Bacillus cereus* (500 ufc/g en preparados deshidratados para lactantes), además de la ausencia de *Salmonella* en canales. En cuanto a los criterios de seguridad alimentaria consideran *Listeria monocytogenes* (menos de 100 ufc/g durante la vida útil del producto), *Salmonella* y *Cronobacter* spp. (ausencia en 25 g y 10 g, respectivamente), enterotoxinas estafilocócicas (no detectadas en 25 g) e histamina (menos de 400 mg/kg) (UE, 2005). Teniendo en cuenta el gran número de potenciales especies de insectos que se podrían destinar al consumo humano y las variadas formas de procesado posibles, parece conveniente el desarrollo de criterios específicos aplicables a insectos teniendo en cuenta el tipo de producto, procesado y otros factores que puedan afectar a su calidad microbiológica.

Un aspecto de gran relevancia es el etiquetado adecuado. En la etiqueta de los insectos comercializados se deben indicar las condiciones adecuadas de almacenamiento y preparación, así como consejos a los consumidores sobre prácticas a nivel doméstico para reducir riesgos, como instrucciones de eliminación de ciertas partes, como las alas o las patas de los grillos, para me-

jorar la experiencia culinaria y evitar riesgos de asfixia, el mensaje “lavar antes de utilizar” o instrucciones para el cocinado (FASFC, 2014) (EFSA, 2015). Una temperatura de cocinado inadecuada puede destruir microorganismos patógenos vegetativos, pero puede potenciar la esporulación de *B. cereus*. Por ello, se debe prestar especial atención a la preparación de insectos por parte del consumidor, recomendándose hervir durante 5 o 10 minutos, o bien secar al horno a 90 °C durante 15 minutos. En el informe elaborado por FASFC (2014) se considera indispensable la aplicación de calor antes del consumo (cocinado).

La etiqueta también debería advertir la posibilidad de reacciones alérgicas a pacientes con alergia a marisco. Dicha información debe estar a disposición del consumidor para que proceda de forma correcta en la manipulación de los mismos y de esta forma reducir el riesgo.

En muchos casos, según el tipo de procesado al que han sido sometidos los insectos es importante almacenar a refrigeración. Se debe indicar la temperatura y vida útil del producto.

En el ámbito doméstico se deben considerar las siguientes normas de higiene básicas para minimizar el riesgo de contaminación cruzada, de proliferación de microorganismos potencialmente patógenos y de supervivencia de los mismos:

- No se debe consumir insectos cuya procedencia sea dudosa o se hayan producido para alimentación animal.
- Los insectos para consumo humano se deben comprar en establecimientos autorizados y deben estar convenientemente envasados y etiquetados de acuerdo a la normativa vigente.
- Se deben respetar las condiciones particulares de conservación de los insectos comestibles indicadas en la etiqueta.
- No se deben consumir insectos que excedan el periodo de vida útil establecido por el fabricante.
- No se deben consumir insectos crudos ya que pueden estar contaminados por microorganismos.
- Se recomienda hervir los insectos crudos en agua durante 5 o 10 minutos, o bien secar al horno a 90 °C durante 15 minutos para su consumo.
- Una vez cocinados los insectos no deben permanecer a temperatura ambiente ya que podría producirse la proliferación de microorganismos.
- Si no pueden ser consumidos inmediatamente, las sobras que se quieran guardar deben mantenerse bajo la acción del frío y consumirse lo antes posible. Dichas sobras deben calentarse a temperaturas superiores a 65 °C antes de su consumo.
- Los insectos cocinados deben mantenerse protegidos en recipientes cerrados.
- Los insectos cocinados deben mantenerse separados de alimentos crudos o de objetos (cuchillos, tablas, superficies, trapos, etc.) que anteriormente hayan contactado con un alimento crudo, ya que pueden volver a contaminarse por contacto.
- La manipulación de los insectos comestibles debe realizarse siempre con las manos, utensilios y en superficies limpias.
- Utilizar exclusivamente agua potable para su manipulación a nivel doméstico.

Conclusiones del Comité Científico

Los insectos son portadores de una gran variedad de microorganismos, pudiendo algunos de ellos resultar patógenos para el hombre. Las condiciones higiénicas durante la cría y producción de los insectos tienen un notable efecto en el riesgo de presencia y proliferación de microorganismos patógenos. La presencia de algunas bacterias patógenas ha sido demostrada regularmente, siendo especialmente relevante la de bacterias esporuladas, capaces de resistir a los tratamientos de procesado y de crecer durante el almacenamiento posterior.

Los efectos del procesado de insectos sobre la alergenicidad no son previsibles. Algunos de los alérgenos responsables de las reacciones alérgicas son estables a liofilización y tratamiento térmico. A día de hoy no existe un procesamiento de los insectos antes de su ingesta que asegure la anulación de los efectos alergénicos.

El procesado aplicado a los insectos destinados a consumo humano tiene una gran influencia en su calidad y seguridad microbiológica. Según el tipo de procesado aplicado es recomendable el tratamiento térmico antes de su consumo.

Es de interés determinar los métodos de conservación más adecuados para las distintas especies de insectos destinados a consumo humano y evaluar su efecto en la calidad y seguridad microbiológica. Del mismo modo, resulta de interés realizar estudios de vida útil y abordar una evaluación del riesgo asociado a su consumo.

Es recomendable promover la elaboración de Guías de Prácticas Correctas de Higiene así como Guías para la Aplicación de los Principios del Sistema APPCC, que ayuden al sector de los insectos comestibles a la implantación de los sistemas de autocontrol de acuerdo con sus características de producción y procesado, así como fomentar la información al consumidor sobre prácticas de compra, manipulación y conservación de insectos comestibles y recomendaciones de consumo específicas para determinados grupos de población.

Es necesario la definición y aplicación de criterios microbiológicos específicos aplicables a insectos y alimentos derivados teniendo en cuenta el tipo de producto, procesado y otros factores que puedan afectar a su calidad y seguridad microbiológica.

En los insectos destinados a consumo humano se debe realizar un etiquetado adecuado que incluya indicaciones sobre las condiciones de almacenamiento, preparación y la advertencia de posibles reacciones alérgicas.

Referencias

- Abbasi, T., Abbasi, T. y Abbasi, S.A. (2016). Reducing the global environmental impact of livestock production: the minilivestock option. *Journal of Cleaner Production*, 112, pp: 1754-1766.
- Adámek, M., Miček, J., Adámková, A., Suchánková, J., Janalíková, M., Borkovcová, M. y Bednářová, M. (2018). Effect of different storage conditions on the microbiological characteristics of insect. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 12, pp: 248-253.
- Agabou, A. y Alloui, N. (2010). Importance of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) as a reservoir for pathogenic bacteria in Algerian broiler houses. *Veterinary World*, 3, pp: 71-73.
- Akbar, N., Siddiqui, R., Iqbal, M., Sagathevan, K. y Khan, N.A. (2018). Gut bacteria of cockroaches are a potential source of antibacterial compound(s). *Letters in Applied Microbiology*, 66, pp: 416-426.

- Amadi, E.N., Ogbalu, O.K., Barimalaa, I.S., Pius, M. y Harcourt, P. (2005). Microbiology and nutritional composition of an edible larva (*Bunaea alcinoe* Stoll) of the Niger Delta. *Journal of Food Safety*, 25, pp: 193-197.
- Aman, P., Frederich, M., Caparros Megido, R., Alabi, T., Malik, P., Uyttenbroeck, R., Francis, F., Blecker, C. y Haubruge, E. (2017). Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20, pp: 337-340.
- Anacarso, I., Iseppi, R., Sabia, C., Messi, P., Condò, C., Bondi, M. y de Niederhäusern, S. (2016). Conjugation-mediated transfer of antibiotic-resistance plasmids between *Enterobacteriaceae* in the digestive tract of *Blaberus craniifer* (Blattodea: Blaberidae). *Journal of Medical Entomology*, 53 (3), pp: 591-597.
- ANSES (2015). Avis de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail relatif à « la valorisation des insectes dans l'alimentation et l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation des insectes ». Saisine n° 2014-SA-0153.
- Arbia, W., Arbia, L., Adour, L. y Amrane, A. (2013). Chitin extraction from crustacean shells using biological methods-A review. *Food Technology and Biotechnology*, 51, pp: 12-25.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C.C., Paoletti, M.G. y Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, pp: 296-313.
- Braide, W., Oranusi, S., Udegbunam, L.I., Oguoma, O., Akobondu, C. y Nwaoguikpe, R.N. (2011). Microbiological quality of an edible caterpillar of an emperor moth, *Bunaea alcinoe*. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 3, pp: 176-180.
- Broekman, H., Verhoeckx, K.C., den Hartog Jager, C.F., Kruizinga, A.G., Pronk-Kleinjan, M., Remington, B.C., Bruijnzeel-Koomen, C.A., Houben, G.F. y Knulst, A.C. (2016). Majority of shrimp-allergic patients are allergic to mealworm. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 137 (4), pp: 1261-1263.
- Broekman, H.C., Knulst, A.C., Gaspari, M., Jager, C.F.D., De Jong, G., Houben, G.F. y Verhoeckx, K.C. (2017). Is mealworm food allergy indicative for food allergy to other insects? *Journal of Molecular Nutrition & Food Research*, 61 (9). Disponible en: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201601061> [acceso: 18-06-18].
- Bussard, A. (2005). A scientific revolution? *The EMBO Journal*, 6 (8), pp: 691-694.
- Caparros Megido, R., Desmedt, S., Blecker, C., Bera, F., Haubruge, E., Alabi, T. y Francis, F. (2017). Microbiological load of edible insects found in Belgium. *Insects*, 8 (12), pp: 1-8.
- Cazemier, A.E., Hackstein, J.H.P., Op den Camp, H.J.M., Rosenberg, J. y van der Drift, C. (1997). Bacteria in the intestinal tract of different species of arthropods. *Microbial Ecology*, 33 (3), pp: 189-197.
- Chai, J.Y., Shin, E.H., Lee, S.H. y Rim, H.J. (2009). Foodborne intestinal flukes in Southeast Asia. *Korean Journal of Parasitology*, 47 (suppl.), pp: S69-S102.
- Charlton, A.J., Dickinson, M., Wakefield, M.E., Fitches, E., Kenis, M., Han, R., Zhu, F., Kone, N., Grant, M., Devic, E., Bruggeman, G., Prior, R. y Smith, R. (2015). Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1, pp: 7-16.
- Corona, C., Martucci, F., Iulini, B., Mazza, M., Acutis, P.L., Porcario, C., Pezzolato, M., Manea, B., Maroni, A., Barrocci, S., Bozzetta, E., Carmelli, M. y Casalone, C. (2006). Could *Oestrus ovis* act as vector for scrapie? Abstract Prion 2006, Turin, pp: 131.
- Crippen, T.L. y Poole, T.L. (2009). Conjugative transfer of plasmid-located antibiotic resistance genes within the gastrointestinal tract of lesser mealworm larvae, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Foodborne Pathogens and Disease*, 6 (7), pp: 907-915.
- Dillon, R. y Charnley, K. (2002). Mutualism between the desert locust *Schistocerca gregaria* and its gut microbiota. *Research in Microbiology*, 153, pp: 503-509.
- Dobermann, D., Swift, J.A. y Field, L.M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed: *Nutrition Bulletin*, 42, pp: 293-308.
- EFSA (2010). European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the safety of 'Chitin-glucan' as a Novel Food ingredient. *EFSA Journal*, 8 (7): 1687.

- EFSA (2015). European Food Safety Authority. Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13 (10): 4257.
- Elias, M.S. y Evans, P.D. (1983). Histamine in the insect nervous system: distribution, synthesis and metabolism. *Journal of Neurochemistry*, 41, pp: 562-568.
- FAO/OMS (2007). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud. Food Labelling (5th Ed.). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/010/a1390e/a1390e00.htm> [acceso: 18-06-18].
- FAO/OMS (2013). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud. Edible insects. Future prospects for food and feed security. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm> [acceso: 18-06-18].
- FASFC (2014). Federal Agency for the Safety of the Food Chain. Common advice SciCom 14-2014 and SHC Nr. 9160. Subject: Food safety aspects of insects intended for human consumption. Disponible en: http://www.afsca.be/scientificcommittee/opinions/2014/_documents/Advice14-2014_ENG_DOSSIER2014-04.pdf [acceso: 18-06-18].
- Garofalo, C., Osimani, A., Milanovic, V., Taccari, M., Cardinali, F., Aquilanti, L., Riolo, P., Ruschioni, S., Isidoro, N. y Clementi, F. (2017). The microbiota of marketed processed edible insects as revealed by high-throughput sequencing. *Food Microbiology*, 62, pp: 15-22.
- Gavin, B.A., Dolph, M.J., Deleault, N.R., Geoghegan, J.C., Khurana, V., Feany, M.B., Dolph, P.J. y Supattapone, S. (2006). Accelerated accumulation of misfolded prion protein and spongiform degeneration in a *Drosophila* model of Gerstmann-Straussler-Scheinker syndrome. *The Journal of Neuroscience*, 26 (48), pp: 12408-12414.
- Grabowski, N. y Klein, G. (2017a). Microbiology of processed edible insect products- Results of a preliminary survey. *International Journal of Food Microbiology*, 243, pp: 103-107.
- Grabowski, N. y Klein, G. (2017b). 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), pp: 17-23.
- Graczyk, T.K., Knight, R. y Tamang, L. (2005). Mechanical transmission of human protozoan parasites by insects. *Clinical Microbiology Reviews*, 18 (1), pp: 128-132.
- Grau, T., Vilcinskas, A. y Joop, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 72 (9-10), pp: 337-349.
- Hernández-Flores, L., Llanderal-Cazares, C., Guzmán-Franco, A.W. y Ocampo, A. (2015). Bacteria present in *Comadia redtenbacheri* larvae (*Lepidoptera: Cossidae*). *Journal of Medical Entomology*, 52 (5), pp: 1150-1158.
- Jeandron, A., Rinaldi, L., Abdyldaieva, G., Usubalieva, J., Steinmann, P., Cringoli, G. y Utzinger, J. (2011). Human infections with *Dicrocoelium dendriticum* in Kyrgyzstan: the tip of the iceberg? *International Journal for Parasitology*, 97, pp: 1170-1172.
- Ji, K.M., Zhan, Z.K., Chen, J.J. y Liu, Z.G. (2008). Anaphylactic shock caused by silkworm pupa consumption in China. *Allergy*, 63 (10), pp: 1407-1408.
- Jung, J., Heo, A., Park, Y.W., Kim, Y.J., Koh, H. y Park, W. (2014). Gut microbiota of *Tenebrio molitor* and their response to environmental change. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24, pp: 888-897.
- Kinfu, A. y Erko, B. (2008). Cockroaches as carriers of human intestinal parasites in two localities in Ethiopia. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 102, pp: 1143-1147.
- Klunder, H.C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J.M. y Nout, M.J.R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, 26, pp: 628-631.
- Kouřimská, L. y Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, pp: 22-26.
- Lázaro, F. (2011). Los insectos: un alimento exótico. Trabajo de Fin de Master en Ciencia Farmacéuticas. Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid.
- Lupi, O. (2006). Myiasis as a risk factor for prion disease in humans. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venerology*, 20, pp: 1037-1045.

- Matallana, M.C. y Torija, M.E. (2006). Los insectos como alimento: ¿están de moda? El consumo de insectos en el mundo. *Schironia*, 5, pp: 41-49.
- Milanovic, V., Osimani, A., Pasquini, M., Aquilanti, L., Garofalo, C., Taccari, M., Cardinali, F., Riolo, P. y Clementi, F. (2016). Getting insight into the prevalence of antibiotic resistance genes in specimens of marketed edible insects. *International Journal of Food Microbiology*, 227, pp: 22-28.
- Mpuchane, S., Taligoola, H.K. y Gashe, B.A. (1996). Fungi associated with *Imbrasia belina*, an edible caterpillar. *Botswana Notes and Records*, 28, pp: 193-197.
- Mpuchane, S., Gashe, B.A., Allotey, J., Siame, B., Teferra, G. y Dithogo, M. (2000). Quality deterioration of phane, the edible caterpillar of an emperor moth *Imbrasia belina*. *Food control*, 11, pp: 453-458.
- Mutungi, C., Irungu, F.G., Nduko, J., Mutua, F., Affognon, H., Nakimbugwe, D., Ekesi, S. y Fiaboe, K.K.M. (2017). Postharvest processes of edible insects in Africa: A review of processing methods, and the implications for nutrition, safety and new products development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, pp: 1-23.
- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D. y Charrondiere, U.R. (2016). Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry*, 193, pp: 39-46.
- NVWA (2014), Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority. Advisory report on the risks associated with the consumption of mass-reared insects. NVWA/BuRO/2014/2372. Disponible en: <http://www.nvwa.nl/actueel/risicobeoordelingen/bestand/2207475/consumptie-gekweekte-insecten-advies-buro> [acceso: 18-06-18].
- Oonincx, D.G.A.B. y Dierenfeld, E.S. (2012). An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology*, 31, pp: 40-54.
- Osimani, A., Cardinali, F., Aquilanti, L., Garofalo, C., Roncolini, A., Milanovic, V., Pasquini, M., Tavoletti, S. y Clementi, F. (2017). Occurrence of transferable antibiotic resistances in commercialized ready-to-eat mealworms (*Tenebrio molitor* L). *International Journal of Food Microbiology*, 263, pp: 38-46.
- Oyeyemi, O.T., Agbaje, M.O. y Okelue, U.B. (2016). Food-borne human parasitic pathogens associated with household cockroaches and houseflies in Nigeria. *Parasite Epidemiology and Control*, 1, pp: 10-13.
- Pener, M.P. (2014). Allergy to locusts and acridid grasshoppers: A review. *Journal of Orthoptera Research*, 23 (1), pp: 59-67.
- Phiriyangkul, P., Srinroch, C., Srisomsap, C., Chokchaichamnankit, D. y Punyarit, P. (2015). Effect of food thermal processing on allergenicity proteins in Bombay locust (*Patanga succincta*). *International Journal of Food Engineering*, 1 (1), pp: 23-28.
- Post, K., Riesner, D., Walldorf, V. y Mehlhorn, H. (1999). Fly larvae and pupae as vectors for scrapie. *Lancet*, 354, pp: 1969-1970.
- Ribeiro, J.C., Cunha, L.M., Sousa-Pinto, B. y Fonseca, J. (2017). Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Molecular Nutrition and Food Research*, 62 (1), pp: 1-12.
- Rumpold, B.A y Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57, pp: 802-823.
- Rumpold, B.A., Fröhling, A., Reineke, K., Knorr, D., Boguslawski, S., Ehlbeck, J. y Schlüter, O. (2014). Comparison of volumetric and surface decontamination techniques for innovative processing of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 26, pp: 232-241.
- Sampat, G., Lee, S.M., Jung, C. y Meyer-Rochow, V.B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20 (2), pp: 686-694.
- Sánchez-Muros, M.J., Barroso, F.G. y Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, pp: 16-27.
- Santurino-Fontecha, C., García-Serrano, A.M., Castro-Gómez, P., Calvo, M.V., Molina, J., Sierra, P. y Fontecha, F.J. (2016). Insectos comestibles como fuente de lípidos bioactivos potencialmente saludables. II Congreso Internacional de Alimentos Funcionales y Nutracéuticos. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10261/151574> [acceso: 18-06-18].

- Sartori, E., Sandrelli, F., Calistri, A., Cancellotti, E., Lanza, C., Parolin, C., Altavilla, G., Costa, R. y Palu, G. (2010). A *Drosophila melanogaster* model for human inherited prion diseases. *Journal of Neurovirology*, 16, pp: 78-79.
- Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R.F., Quasiroch, W., Vogel, S., Heinz, V., Jager, H., Bandick, N., Kulling, S., Knorr, D., Steinberg, P. y Engel, K.H. (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 61 (6), pp: 1600520.
- Šhostak, A.W. (2014). *Hymenolepis diminuta* infections in tenebrionid beetles as a model system for ecological interactions between helminth parasites and terrestrial intermediate hosts: a review and meta-analysis. *Journal of Parasitology*, 100, pp: 46-58.
- Simpanya, M.F., Allotey, J. y Mpuchane, S.F. (2000). A mycological investigation of phane, an edible caterpillar of an emperor moth, *Imbrasia belina*. *Journal of Food Protection*, 63, pp: 137-140.
- Stoops, J., Crauwels, S., Waud, M., Claes, J., Lievens, B. y Van Campenhout, L. (2016). Microbial community assessment of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and grasshoppers (*Locusta migratoria migratorioides*): sold for human consumption. *Food Microbiology*, 53, pp: 122-127.
- Stoops, J., Vandeweyer, D., Crauwels, S., Verreth, C., Boeckx, H., Van Der Borght, M., Claes, J., Lievens, B. y Van Campenhout, L. (2017). Minced meat-like products from mealworm larvae (*Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus*): microbial dynamics during production and storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, pp: 1-9.
- Suh, S.O., Mchugh, J.V., Pollock, D.D. y Blackwell, M. (2005). The beetle gut: a hyperdiverse source of novel yeasts. *Mycological Research*, 109, pp: 261-265.
- Testa, M., Stillo, M., Maffey, G., Andriolo, V., Gardois, P. y Zotti, C.M. (2017). Ugly but tasty: A systematic review of possible human and animal health risks related to entomophagy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (17), pp: 3747-3759.
- Thackray, A.M., Muhammad, F., Zhang, C., Denyer, M., Spiropoulos, J., Crowther, D.C. y Bujdoso, R. (2012). Prion-induced toxicity in PrP transgenic *Drosophila*. *Experimental and Molecular Pathology*, 92, pp: 194-201.
- Thackray, A.M., Di, Y., Zhang, C., Wolf, H., Pradl, L., Vorberg, I., Andreoletti, O. y Bujdoso, R. (2014). Prion induced and spontaneous formation of transmissible toxicity in PrP transgenic *Drosophila*. *Biochemical Journal*, 463, pp: 31-40.
- UE (2001). Reglamento (CE) N° 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2001, por el que se establecen disposiciones para la prevención, el control y la erradicación de determinadas encefalopatías espongiformes transmisibles. DO L147 de 31 de mayo de 2001, pp: 1-40.
- UE (2002). Reglamento (CE) N° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de enero de 2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. DO L 31 de 1 de febrero de 2002, pp: 1-24.
- UE (2004a). Reglamento (CE) N° 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 relativo a la higiene de los productos alimenticios. DO L 139 de 30 de abril de 2004, pp: 1-54.
- UE (2004b). Reglamento (CE) N° 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. DO L 139 de 30 de abril de 2004, pp: 55-205.
- UE (2005). Reglamento (CE) N° 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. DO L 338 de 22 de diciembre de 2005, pp: 1-26.
- UE (2007). Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. DO L 364 de 20 de diciembre de 2006, pp: 5-24
- UE (2009a). Reglamento (CE) N° 767/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre la comercialización y la utilización de los piensos, por el que se modifica el Reglamento (CE) N° 1831/2003 y se

- derogan las Directivas 79/373/CEE del Consejo y 96/25/CE del Consejo y la Decisión 2004/217/CE de la Comisión. DO L 229 de 1 de septiembre de 2009, pp: 1-28.
- UE (2009b). Reglamento (CE) N° 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y por el que se deroga el Reglamento (CE) N° 1774/2002 (Reglamento sobre subproductos animales). DO L 300 de 14 de noviembre de 2009, pp: 1-33.
- UE (2015). Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) N° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) N° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) N° 1852/2001 de la Comisión. DO L 327 de 11 de diciembre de 2015, pp: 1-22.
- UE (2017). Reglamento (UE) 2017/893 de la Comisión, de 24 de mayo de 2017, que modifica los anexos I y IV del Reglamento (CE) N° 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo y los anexos X, XIV y XV del Reglamento (UE) N° 142/2011 de la Comisión por lo que se refiere las disposiciones sobre proteína animal transformada. DO L 138 de 25 de mayo de 2017, pp: 92-116.
- Van Broekhoven, S., Bastiaan-Net, S., de Jong, N.W. y Wichers, H.J. (2016). Influence of processing and *in vitro* digestión on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. *Food Chemistry*, 196, pp: 1075-1083.
- Van Huis, A. y Oninckx, D.G.A.B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed, a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37 (5), pp: 43.
- Vandeweyer, D., Crauwels, S., Lievens, B. y Van Campenhout, L. (2017a). Microbial counts of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and crickets (*Acheta domestica* and *Grylodes sigillatus*) from different rearing companies and different product batches. *International Journal of Food Microbiology*, 242, pp: 13-18.
- Vandeweyer, D., Lenaerts, S., Callens, A. y Van Campenhout, L. (2017b). Effect of blanching followed by refrigerated storage or industrial microwave drying on the microbial load of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Food Control*, 71, pp: 311-314.
- Verhoeckx, K.C., van Broekhoven, S., den Hartog-Jager, C.F., Gaspari, M., de Jong, G.A., Wichers, H.J., van Hoffen, E., Houben, G.F. y Knulst, A.C. (2014). House dust mite (Der p 10) and crustacean allergic patients may react to food containing Yellow mealworm proteins. *Food and Chemical Toxicology*, 65, pp: 364-373.
- Wales, A.D., Carrique-Mas, J.J., Rankin, M.B., Bell, B., Thind, B.B. y Davies, R.H. (2010). Review of the carriage of zoonotic bacteria by arthropods, with special reference to *Salmonella* in mites, flies and litter beetles. *Zoonoses Public Health*, 57, pp: 299-314.
- Wickner, R., Liebman, S. y Saupe, S. (2004). Prions of yeast and filamentous fungi. En libro: *Prion biology and diseases*. 2ª edición. S.B. Prusiner, pp: 305-372.
- Wilson, M.E., Lorente, C.A., Allen, J.E. y Eberhard, M.L. (2001). *Gongylophora* infection of the mouth in a resident of Cambridge, Massachusetts. *Clinical Infectious Diseases*, 32 (9), pp. 1378-1380.
- Wynants, E., Crauwels, S., Lievens, B., Luca, S., Claes, J., Borremans, A., Bruyninckx, L. y Van Campenhout, L. (2017). Effect of post-harvest starvation and rinsing on the microbial numbers and the bacterial community composition of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 42, pp: 8-15.
- Wynants, E., Crauwels, S., Verreth, C., Gianotten, N., Lievens, B., Claes, J. y Van Campenhout, L. (2018). Microbial dynamics during production of lesser mealworms (*Alphitobius diaperinus*) for human consumption at industrial scale. *Food Microbiology*, 70, pp: 181-191.
- Xiaoming, C., Ying, F. y Hong, Z. (2010). Review of the nutritive value of edible insects. Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects. Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development, 19-21 February 2008, Bangkok 2010, pp: 85-92.