

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

FARMAZIA
FAKULTATEA
FACULTAD
DE FARMACIA

El grillo doméstico (*Acheta domestica*) como nuevo alimento en la Unión Europea. Usos y aplicaciones en la Industria Alimentaria

**Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos
Trabajo de Fin de Grado**

**Markel Rojo González
Curso académico: 2022-2023**

Índice

Resumen	
1. Introducción	1
2. Objetivos	3
3. Desarrollo	3
3.1 Producción de grillo para consumo humano y su procesado	3
3.2 Composición nutricional del <i>Acheta domestica</i>	5
3.2.1 Valor energético e hidratos de carbono	6
3.2.2 Proteínas y contenido de aminoácidos	6
3.2.3 Lípidos y ácidos grasos	8
3.2.4 Fibra alimentaria	9
3.2.5 Vitaminas y minerales	9
3.3 Aspectos legales y de seguridad alimentaria a nivel europeo	10
3.4 Usos del polvo de grillo y su incorporación a alimentos. Cambios fisicoquímicos	12
3.4.1 Snacks extruidos	13
3.4.2 Productos de panadería y horneados	15
3.4.3 Emulsiones cárnicas	17
3.4.4 Extracción de compuestos bioactivos	18
3.5 Aspectos culturales y aceptación	19
4. Conclusiones	20
5. Bibliografía	22

Resumen

La entomofagia es una práctica adoptada por diversas culturas a lo largo de la historia. Sin embargo, aún no es culturalmente aceptada en la sociedad occidental. Actualmente, se consumen alrededor de 2000 especies de insectos en el mundo siendo el grillo doméstico (*Acheta domesticus*) una de las más conocidas y consumidas. La comercialización de esta especie se autorizó recientemente en la UE como nuevo alimento, en base a un dictamen elaborado por la EFSA en el que se afirma que su consumo es seguro si las condiciones y los niveles de uso son los que se proponen. Su consumo supone una alternativa emergente para cubrir la creciente demanda de alimentos a nivel mundial, dado que, en comparación con otros alimentos de origen animal, implica un menor impacto ambiental y ofrece ventajas a nivel nutricional ya que se consideran fuentes excelentes de proteína y lípidos, además de algunos micronutrientes. Cabe señalar que presentan compuestos bioactivos que pueden aportar efectos beneficiosos para la salud.

En este TFG se lleva a cabo una revisión bibliográfica acerca del uso del grillo doméstico como nuevo alimento y sobre sus aplicaciones en la industria alimentaria considerando aspectos legales, nutricionales, de seguridad alimentaria, culturales y de aceptación. Aunque en los últimos tiempos se ha avanzado en el conocimiento acerca de la incorporación del grillo doméstico a diversos alimentos, es necesario continuar con estudios dirigidos a la búsqueda de posibilidades tecnológicas de estas materias primas, así como a la optimización de los procesos en los que estén implicados.

1. Introducción

La entomofagia o consumo de insectos ha sido una práctica común en muchas culturas durante siglos y lo sigue siendo a día de hoy en regiones de Asia, África y América Latina. Según la FAO se consumen cerca de 1900 especies de insectos alrededor del mundo (1). Se estima que la población alcanzará los 9,7 billones en 2050, es por ello que existe una preocupación de que los recursos del planeta como la tierra y el agua no sean suficientes para satisfacer las necesidades alimentarias de tantas personas (2). Para hacer frente a la escasez alimentaria es necesario implementar medidas preventivas para fomentar nuevas alternativas de alimentación que respalden la sostenibilidad ambiental (3). El consumo de insectos como fuentes alternativas o complementarias de proteína animal ha sido señalado por algunos autores como una opción ventajosa (4). En primer lugar, en términos nutricionales, se ha demostrado que una amplia variedad de insectos comestibles posee propiedades nutritivas excepcionales (5). En segundo lugar, la producción de insectos tiene un impacto ambiental considerablemente menor en comparación con otras fuentes de proteína animal, presentando una reducción significativa en la emisión de gases de efecto invernadero y un uso más eficiente de recursos como el suelo, la energía y el agua. Por último, el cultivo de insectos puede llevarse a cabo en espacios reducidos, y las granjas de insectos podrían brindar oportunidades de sustento para familias de bajos recursos (4). En la **Figura 1** se muestra la comparación en cuanto al impacto medioambiental de diferentes especies animales.

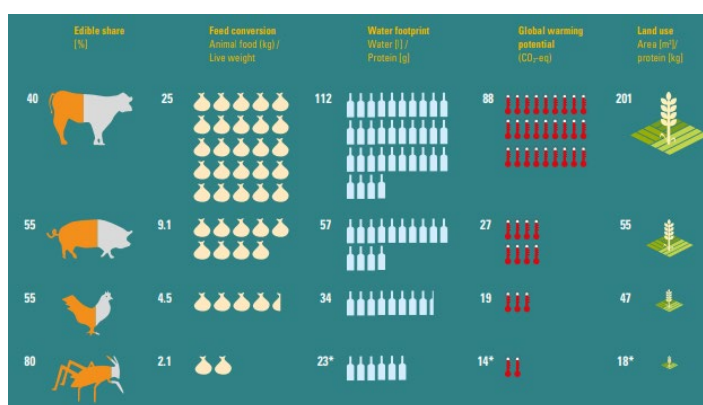


Figura 1. Comparación de la conversión de los piensos, el agua, el potencial de calentamiento global y la tierra necesaria para producir un kg de animal vivo (2)

El consumo de insectos, especialmente para los individuos en muchas sociedades occidentales, todavía se interpreta como un tabú (6). A pesar de las diversas ventajas con las que cuenta la ingesta de insectos, pueden provocar algunas reacciones adversas, incluso repugnancia, además de ser considerados como una práctica de alimentación

primitiva. Sin embargo, en los últimos años se vienen observando algunos cambios en referencia a la aceptación de alimentos que tienen como base, insectos. En particular, las características sensoriales son importantes para la aceptación del producto por parte del consumidor, por lo que las características que aportan los insectos comestibles a los alimentos a los que se incorporan como ingredientes, son fundamentales para minimizar el rechazo y hacerlos más atractivos para los consumidores (7).

Los insectos están incluidos en la definición de «nuevo alimento» del Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, en la categoría de alimento que consista en animales o sus partes, o aislado de estos o producido a partir de estos, que las personas no hayan consumido en una medida importante en la Unión Europea antes del 15 de mayo de 1997, su uso para el consumo alimentario se enmarca dentro de la estrategia de la UE 'De la granja a la mesa', y persigue identificar fuentes de proteínas alternativas para promover el cambio hacia un sistema alimentario más sostenible (8). Entre los insectos incluidos como nuevo alimento se encuentran el gusano de la harina y el grillo doméstico entre otros. La EFSA estudió la seguridad alimentaria de los insectos mediante una evaluación científica y concluyeron que los nuevos alimentos no presentan un riesgo para la salud humana a pesar de poder resultar un alérgeno para las personas alérgicas a los crustáceos, moluscos y ácaros (9).

Entre los insectos comestibles, cabe mencionar el grillo doméstico (*Acheta domestica*) por su facilidad de crianza en cautiverio, además genera un impacto ambiental reducido por lo que su producción se puede considerar sostenible y su inclusión en la dieta puede ser beneficiosa a nivel nutricional, ya que proporcionan proteínas y nutrientes de alta calidad entre los que se encuentran aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados, minerales y vitaminas del grupo B. Por ello, la industria alimentaria se está centrando cada vez más en estudiar la incorporación de este insecto a alimentos y en distintas formas con el objetivo de enriquecer el contenido nutricional del producto. Además de enriquecer productos, también es interesante evaluar la aptitud tecnológica del grillo como ingrediente en distintos productos alimenticios. Asimismo, puede resultar de interés el desarrollo de procesos de extracción de ingredientes funcionales para usos alimentarios, farmacéuticos o industriales (10). Por ello, la Unión Europea, según los Reglamentos de Ejecución (UE) 2022/188 y 2023/5, ha autorizado recientemente la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo (íntegro y desgrasado) de *Acheta domestica* como nuevo alimento (11,12).

2. Objetivos

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado acerca de la importancia de la utilización de insectos comestibles en la alimentación de humanos y en concreto el consumo de *Acheta domesticus*, en este TFG se plantea llevar a cabo una revisión bibliográfica cuyo **objetivo principal** es obtener una **visión global y actualizada** sobre el **uso del grillo doméstico** como **nuevo alimento** en la Unión Europea y su **aplicación** en la **industria alimentaria**. Para alcanzar este objetivo se han propuesto los siguientes objetivos específicos:

- Conocer los productos derivados del grillo doméstico autorizados por la UE para su comercialización y adquirir una visión general sobre su composición y factores que influyen en la misma, formas de obtención y sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria.
- Identificar los beneficios y/o inconvenientes que presenta el consumo de este tipo de alimento a nivel nutricional, de aceptabilidad y de seguridad alimentaria.
- Presentar los principales avances desde el punto de vista científico y tecnológico en relación con su utilización dentro de la industria alimentaria.

3. Desarrollo

El grillo doméstico (*Acheta domesticus*) pertenece al orden Orthoptera y se trata de una de las especies de insecto más cultivadas y consumidas a nivel mundial. Su ciclo de vida se extiende de 30 a 50 días, siendo su tiempo óptimo de consumo alrededor del día 40, aproximadamente cuando alcanzan su madurez (13). La **Figura 2** muestra una imagen de un ejemplar adulto de grillo doméstico.



Figura 2. Ejemplar adulto del grillo doméstico (*Acheta domesticus*) (14)

3.1 Producción de grillo para consumo humano y su procesado

El objetivo principal de la producción de los insectos en general y del grillo en particular es el desarrollo de productos sanos, inocuos, seguros y de calidad y adecuados para el consumo humano. La producción de grillo a nivel industrial se da en tres etapas:

cría, recolección y procesado post-recolección. En la cría se incluye el proceso de apareamiento de la población adulta, tras eclosionar de los huevos las ninfas se separan de los adultos y se crían bajo condiciones controladas de humedad relativa (60-65%) y temperatura (28-35°C) en recipientes y condiciones aptas para uso alimentario. Durante todo el procesado de producción no se utilizan pesticidas, antimicrobianos ni disolventes para mantener la inocuidad alimentaria. A las 4 o 5 semanas se recolectan los grillos ya adultos, tras la recolección se someten a un ayuno de 24 horas con el objetivo de vaciar su contenido intestinal antes de sacrificarlos. El sacrificio del grillo se realiza mediante congelación y almacenamiento a -18°C. Tras el sacrificio es muy común aplicar pretratamientos para reducir la carga microbiana y la actividad enzimática, así como la eliminación de virus y parásitos presentes. El pretratamiento más utilizado es el escaldado que consiste en sumergir el insecto en agua hirviendo, las condiciones óptimas en este caso son de >90°C un mínimo de 10 minutos (9,15).

Posteriormente al escaldado se aplica una técnica de deshidratación. Se conocen varios métodos como son la deshidratación por microondas o al vacío, sin embargo, el más utilizado es la liofilización donde los insectos se congelan primero y luego se deshidratan al vacío, provocando la sublimación del agua del alimento. Es una técnica muy útil debido a su capacidad de reducir considerablemente la actividad de agua y preservar las características organolépticas y el valor nutricional del alimento. El producto final obtenido tiene una humedad inferior a un 5% (16).

Una vez liofilizado, el grillo se somete a una trituración mecánica y un posterior tamizado logrando finalmente un tamaño de partícula menor de 1 milímetro. Para la obtención del polvo parcialmente desgrasado el proceso es similar, la única diferencia es que tras la liofilización se lleva a cabo una extrusión mecánica para extraer el aceite del grillo a temperatura inferior a 65°C para desgrasar el producto, después se procede a la molienda y el tamizado (9). En la **Figura 3** se muestra el diagrama de flujo del proceso de obtención de las distintas formas de presentación o comercialización del *Acheta domesticus*.

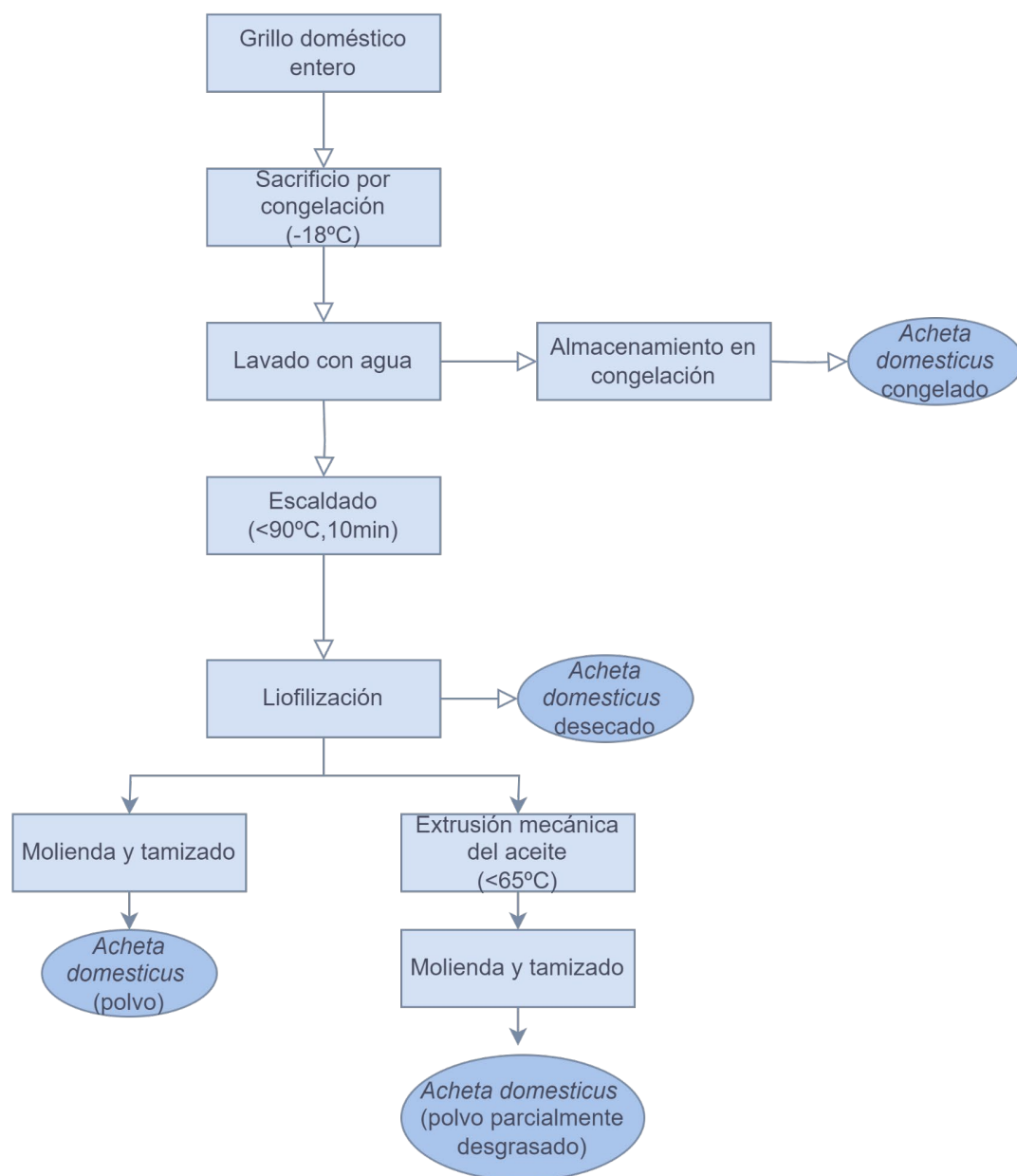


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de obtención de las distintas formas del *Acheta domesticus*

3.2 Composición nutricional del *Acheta domesticus*

La FAO recomienda el consumo de insectos comestibles por su alto valor nutricional, especialmente por su alto contenido en proteínas y lípidos (1). Se sabe que la composición química de los insectos está influenciada por muchos factores, entre los que se incluyen: especie, etapa de desarrollo, método de cría y composición de la dieta, (17,18). Asimismo, la forma en la que se comercialice el *Acheta domesticus* (AD) también influirá en la composición nutricional. Por lo general, el AD congelado contiene menos nutrientes que las formas en polvo ya que tiene una mayor humedad (78%) (9). Los valores

nutricionales de las formas desecada y en polvo son los mismos. En la **Tabla 1** se muestran las diferencias entre la composición de las diferentes formas comercializadas del grillo y su comparación con una fuente de proteína convencional como es el pollo. El AD congelado presenta un valor nutricional similar al del pollo, las formas en polvo por el contrario presentan una diferencia significativa respecto a los valores de proteína de pollo y del AD congelado, siendo más elevados. Además, son alimentos más calóricos y con un contenido en fibra más elevado. Por último, destaca el alto contenido en grasas del AD en polvo.

Tabla 1. Tabla-resumen del valor nutricional de las distintas formas del *Acheta domesticus* y el pollo (9,15,19)

Valor nutricional (g/100g)	AD congelado	AD polvo	AD polvo parcialmente desgrasado	Pollo
Valor energético (kcal)	115,6	525,0	362,0	167,0
Hidratos de carbono	<0,5	2,1	4,6	0
Proteína	15,1	60,0	76,0	20,9
Grasas de las cuales saturadas	5,9 2,4	31,3 12,7	10,2 2,7	9,2 2,7
Fibra alimentaria	1,1	4,2	8,8	0

3.2.1 Valor energético e hidratos de carbono

El grillo doméstico representa un alimento que posee un notable aporte energético. En el caso del grillo en forma de polvo, se estima un valor aproximado de 525 kcal, mientras que el polvo parcialmente desgrasado exhibe un valor de alrededor de 362 kcal. Por otro lado, se destaca que el contenido de carbohidratos es bastante reducido. En el grillo doméstico congelado, el contenido de carbohidratos se sitúa por debajo de los 0,5 g, mientras que en forma de polvo se estima en 2,1 g, y en el polvo parcialmente desgrasado alcanza los 4,6 g (9,15).

3.2.2 Proteínas y contenido de aminoácidos

La proteína es el nutriente más abundante en el grillo doméstico. Por ello es importante conocer su composición y su calidad, la cual depende fundamentalmente de los aminoácidos presentes. Por lo general, la cantidad de proteína se calcula multiplicando el contenido de nitrógeno por un factor proteico de 6,25, sin embargo, se ha evidenciado que utilizando este factor se sobreestima el valor real de proteína debido a que el grillo en su

composición contiene quitina, la cual aporta cierta cantidad de nitrógeno no proteico; el factor más adecuado en este caso es 5,33, con el que se obtiene un valor un 17% más bajo (20). No obstante, si tomamos como referencia la legislación de etiquetado (21), en la que la proteína se define como “el nitrógeno total medido por el método Kjeldahl multiplicado por un factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6,25”, queda patente que el factor de conversión que se debe aplicar es 6,25 (21). El grillo doméstico se considera un alimento con un alto contenido en proteína ya que el valor medio de la misma en la forma en polvo del grillo es de 55-65% y en el polvo parcialmente desgrasado es un valor de 74-78% (11,12). Sin embargo, en el caso del AD congelado no supera el 15% debido fundamentalmente a que esta forma, presenta valores de humedad elevados (ver **Tabla 1** pág 6). Hay que señalar que estos valores de proteína a los que se hace referencia en las formas en polvo del *Acheta domesticus* son más elevados que los que presentan las fuentes convencionales de carne.

Para que una proteína se considere de calidad es importante que cumpla con unos niveles mínimos en su perfil de aminoácidos además de que tenga una buena digestibilidad. La digestibilidad del grillo doméstico es de un 83,9%, este valor es ligeramente inferior comparándolo con los valores de: huevos (95%), ternera (98%) y leche de vaca (95%) (22). Por el contrario, si los valores de digestibilidad con los que se comparan son de vegetales como sorgo (46%), maíz (73%), trigo (81%) y arroz (66%), la diferencia es mayor (23,24). En cuanto al perfil de aminoácidos (AA), el grillo presenta todos los aminoácidos esenciales (AAE), de hecho, un 42,7% de los AA son AAE. Este dato indica que son valores comparables a los que presentan el cerdo, pollo, ternera y huevo considerados como las principales fuentes de proteína en la dieta humana (25). Cabe señalar que además cuentan con un elevado contenido en lisina y treonina, lo que hace pensar que podrían ser interesantes para suplementar una dieta rica en cereales ya que son deficientes en estos AA. Asimismo son ricos en ácido glutámico al que se podría atribuir el sabor umami que presenta del grillo. Los AA más deficitarios en este insecto son triptófano, metionina y cisteína (25). En la **Tabla 2** se muestran los aminoácidos presentes en el *Acheta domesticus* y su contenido en g/100g. Tomando como referencia todo lo anteriormente expuesto se puede decir que el grillo doméstico cumple con los niveles requeridos de aminoácidos esenciales en la dieta humana y cuenta con una buena digestibilidad por lo que puede utilizarse como una fuente de proteína.

Tabla 2. Composición y contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales (g/100g) en el *Acheta domesticus* (25)

Aminoácidos	g/100g
Valina	4,5
Isoleucina	2,9
Leucina	3,8
Lisina	3,2
Treonina	1,6
Fenilalanina	2,4
Metionina	1,0
Histidina	1,7
Triptófano	0,4
Arginina	3,9
Asparagina + Ácido aspártico	4,6
Glutamina + Ácido glutámico	6,4
Serina	1,6
Glicina	2,6
Alanina	3,7
Cisteína	0,4
Prolina	3,0
Tirosina	2,7
Aminoácidos esenciales	21,6
Aminoácidos no esenciales	29,0

3.2.3 Lípidos y ácidos grasos

La cantidad de lípidos, así como la proporción de sus ácidos grasos que puede presentar el grillo varía significativamente dependiendo de si se trata de polvo de grillo o de polvo parcialmente desgrasado. En el caso del grillo congelado, hasta donde sabemos no hay estudios que hagan mención a la proporción de los ácidos grasos. En el AD congelado, la cantidad total de grasas es de 5,9 g, de las cuales 2,4 g son saturadas (ver **Tabla 1** pág 6). El contenido total de grasas en el AD en polvo es de aproximadamente 31,3 g, de las cuales las saturadas son las que están en mayor proporción con un 40,8% del total de las grasas, por otro lado, las grasas poliinsaturadas constituyen un 30,3% y las monoinsaturadas un 28,9%. Los ácidos grasos mayoritarios son palmítico, oleico y linoleico (9). En el AD en polvo parcialmente desgrasado, la cantidad y proporción de ácidos grasos es variable respecto al polvo de grillo. La cantidad total de grasas es de aproximadamente 10,2 g, las grasas saturadas constituyen un 25,8%, las poliinsaturadas un 16,9% y las monoinsaturadas un 57,3%. Los principales ácidos grasos son linoleico, palmítico, oleico y esteárico (15).

3.2.4 Fibra alimentaria

El grillo contiene una cantidad significativa de fibra, la mayor parte de ésta se encuentra en el exoesqueleto del insecto en forma de quitina insoluble (1). Se considera insoluble ya que disponemos de la enzima quitinasa en los jugos gástricos, pero se encuentra inactiva en la mayoría de los casos. Solo se encuentra activa en poblaciones que practican la entomofagia desde generaciones anteriores. Por este motivo, se suele extraer la quitina del grillo en muchos casos con idea de mejorar la digestibilidad (26). El valor medio de fibra alimentaria en el AD congelado es de 1,2 g, en el AD en polvo es de 4,25 g por 100 g y AD parcialmente desgrasado es de 8,8 g (ver **Tabla 1** pág 6) (9,15).

3.2.5 Vitaminas y minerales

El grillo doméstico además de ser muy rico en proteínas y lípidos, también resulta interesante debido a su gran aporte de micronutrientes. Por lo general, su contenido en *minerales* hace que sea un alimento idóneo para implementarlo en alimentos con bajo contenido mineral ya que, en algunos casos, con la ingesta de sólo 100 gramos de este insecto se llega a cubrir la necesidad diaria de algunos minerales como se puede observar en la **Tabla 3**. Cabe señalar que minerales como fósforo, selenio y zinc se encuentran en cantidades elevadas, asimismo es digno de mención el bajo contenido de sodio (9,15,27).

Tabla 3. Tabla que compara de los valores numéricos del contenido en minerales en el *Acheta domesticus* (AD) respecto a la Ingesta Media Diaria Recomendada (IMDR) (9,15,27)

Minerales (mg/100g)	Ca	K	Mg	P	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	Se* µg/100g
AD polvo	142	648	64	706	280	7	24	4	3	43
AD polvo parcialmente desgrasado	146	1079	102	873	396	7	22	9	3	44
IMDR	1000	3400	420	700	1500	13	10	2	1	55

Por otro lado, el contenido de *vitaminas* puede verse afectado por los diversos tratamientos térmicos y el contenido de las hidrosolubles puede verse especialmente afectado en procesos de lavados o escaldados. El grillo doméstico no tiene valores demasiado elevados de vitaminas, sin embargo, destaca su contenido en B2, B5 y B12 los cuales son suficientes para cumplir el requerimiento diario de vitaminas. El contenido de vitamina A y B6, por el contrario, es muy pobre (27). El contenido de vitaminas del polvo de grillo parcialmente desgrasado no está tan estudiado como el polvo convencional por lo

que hay algunos valores que todavía no son precisos. En la **Tabla 4** se compara el contenido en vitaminas de las formas en polvo del *Acheta domesticus* (AD) y la ingesta media diaria recomendada (IMDR).

Tabla 4. Tabla que compara de los valores numéricos del contenido en minerales en el *Acheta domesticus* (AD) respecto a la Ingesta Media Diaria Recomendada (IMDR) (9,15,28)

Vitaminas (mg o µg por 100g)	Vit A (µg)	Vit B ₁ (mg)	Vit B ₂ (mg)	Vit B ₃ (mg)	Vit B ₅ (mg)	Vit B ₆ (µg)	Vit. B ₇ (µg)	Vit. B ₉ (µg)	Vit. B ₁₂ (µg)	Vit.E (mg)
AD polvo	<21	0,24	0,99	4,26	4,35	97,6	101,2	159,6	4,13	4,1
AD polvo parcialmente desgrasado	11,4	0,26	0,133	-	-	-	-	-	<100	2,4
IMDR	800	1,1	1,3	15	5	1300	30	400	2,4	15

3.3 Aspectos legales y de seguridad alimentaria a nivel europeo

Según la EFSA, los principales peligros en referencia a la **seguridad alimentaria** del consumo de grillos se clasifican fundamentalmente en peligros biológicos, químicos y de alergenicidad.

Peligros biológicos: Los insectos son susceptibles de sufrir contaminación por microorganismos y tienen las condiciones necesarias que favorecen el crecimiento microbiano debido a su alto contenido de humedad y nutrientes (29). Al tratarse de un insecto, el grillo está constantemente en contacto con el suelo por lo que el problema principal que surge es la aparición de esporas bacterianas, si bien, los microorganismos se van a poder eliminar sometiendo el producto a ebullición y con ello se puede evitar la formación de esporas (30). Además, hay estudios acerca de la presencia de especies patógenas como *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* y *Vibrio*, y estos concluyen que no se han detectado en insectos (9,15). Asimismo, la EFSA también ha estudiado la estabilidad microbiológica en el alimento ya procesado cuando incluye dentro de sus ingredientes AD y solamente se han registrado valores en el recuento total de aerobios y de *Bacillus cereus*, ambos por debajo del límite establecido (9).

En cuanto a los virus, los presentes en los insectos son específicos de la familia o de la especie y sólo son patógenos para los invertebrados, y no se transmiten a los humanos ni a otros vertebrados (31,32). Los insectos, por el contrario, pueden ser huéspedes temporales o intermediarios de los parásitos por lo que pueden suponer un riesgo para el humano si se consumen crudos o mal cocinados.

Riesgos químicos: estos son escasos siendo el tipo de sustrato elegido como alimento el factor que más interfiere en la acumulación de este tipo de contaminantes en los insectos. Sin embargo, pueden generarse algunos compuestos tóxicos o potencialmente tóxicos durante el procesamiento de alimentos a los que se les han incorporado insectos o parte de ellos, si se cumplen algunas condiciones de temperatura (temperaturas elevadas), pH, etc... Entre ellos se encuentran hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y acrilamida (13). La información sobre la presencia de contaminantes químicos en insectos es escasa, pero se ha demostrado que pueden acumular metales pesados como cadmio. También pueden acumular residuos de medicamentos y hormonas utilizados en la agricultura que acaban como sustrato en el alimento del insecto (33).

Por último, respecto a la **alergenicidad y alergias**, tanto la EFSA como diversos investigadores han confirmado que existe un riesgo de alergia al consumir insectos por reactividad cruzada. Esto es debido a la cercanía taxonómica entre insectos y crustáceos, moluscos y ácaros del polvo. Las moléculas que producen esta alergia son la tropomiosina y la arginina quinasa entre otros, con reactividad cruzada entre otros artrópodos (9,34). También hay estudios que asocian reacciones alérgicas a la quitina presente en el exoesqueleto de los insectos, ya que activa una serie de células inmunitarias innatas (macrófagos y eosinófilos) y adaptativas (linfocitos T). Sin embargo, estos estudios siguen en desarrollo y sus resultados por el momento no son concluyentes (35,36).

En referencia a la **legislación** que tiene relación con el uso del grillo doméstico en la alimentación humana, cabe destacar que la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo del *Acheta domesticus* como nuevo alimento se autorizó por primera vez el 10 de febrero de 2022, según el Reglamento de Ejecución (UE) 2022/188 de la Comisión, por el que se autoriza la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo de *Acheta domesticus* como nuevo alimento con arreglo al Reglamento (UE) 2015/2283 y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión (8,11,37). La forma parcialmente desgrasada en polvo se ha autorizado más recientemente, según el Reglamento de Ejecución (UE) 2023/5 de la Comisión de 3 de enero de 2023 por el que se autoriza la comercialización de polvo parcialmente desgrasado de *Acheta domesticus* (grillo doméstico) como nuevo alimento y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 (12). En el año 2018, la empresa Fair Insects B.V. presentó a la Comisión una solicitud para comercializar en la Unión Europea las formas del grillo doméstico mencionadas anteriormente. Además, en el año 2019 la empresa Cricket One Co.Ltd. presentó una solicitud para poder comercializar la forma parcialmente desgrasada en polvo. Las empresas solicitantes tendrán autorización exclusiva para su comercialización durante cinco años salvo que un solicitante posterior obtenga una autorización para ese nuevo alimento o llegue a un acuerdo con las primeras empresas

solicitantes. En las solicitudes se pedía que el grillo pudiera utilizarse como aperitivo y como ingrediente alimentario en varios productos alimenticios destinados a la población general. Por ello, en 2019 la Comisión pidió a la Autoridad que emitiera un dictamen científico sobre las formas del grillo doméstico y así poder evaluar su seguridad. Tras publicar el dictamen, la Autoridad concluyó que las formas de grillo congeladas, desecadas, en polvo y en polvo parcialmente desgrasado eran seguras con arreglo al uso y los niveles de uso propuestos. El dictamen científico de la Autoridad se basa en estudios sobre el proceso de producción, los contaminantes posibles, la estabilidad, los parámetros microbiológicos, la digestibilidad, etc... (9,15).

También consideró que el consumo de *Acheta domestica*, en sus diferentes variantes o formas, pueden causar reacciones alérgicas a las personas con alergia a los moluscos, crustáceos o ácaros. Por lo tanto, es conveniente reflejarlo correctamente en el etiquetado mediante la declaración: “Este ingrediente puede causar reacciones alérgicas a los consumidores con alergias conocidas a los crustáceos y moluscos y a sus productos, o a los ácaros del polvo”, la declaración tendrá que figurar cerca del listado de ingredientes. La denominación de las formas que se van a estudiar será *Acheta domestica* en polvo y polvo parcialmente desgrasado de *Acheta domestica*. Para cada forma de este nuevo alimento se han establecido contenidos máximos de uso (g/100g) para categorías específicas de alimentos como productos proteicos, productos de panadería y derivados de cereales o derivados cárnicos entre otros (11,12).

3.4 Usos del polvo de grillo y su incorporación a alimentos. Cambios fisicoquímicos

Hay que destacar que los insectos actualmente autorizados para consumo son seguros. No obstante, si algún insecto es incluido o añadido en un alimento, el nombre de éste debe formar parte de la lista de ingredientes del producto en el que se ha incorporado. Actualmente en la UE hay cuatro insectos autorizados en el mercado y entre ellos se encuentran diferentes formas de grillo doméstico (*Acheta domestica*) como son: en forma congelada, desecada, en polvo y polvo parcialmente desgrasado. Esto abre un amplio abanico de posibilidades a la industria alimentaria en la búsqueda y desarrollo de nuevos alimentos y hay que señalar que en la actualidad se encuentra en fase de expansión.

Debido a que la autorización para comercializar el grillo doméstico es reciente, hay que señalar que su incorporación a los alimentos sigue en estudio ya que se conoce su gran potencial nutricional, si bien se necesita valorar cuáles son sus propiedades funcionales y estudiar cómo afecta este nuevo ingrediente en las propiedades sensoriales del producto final. La utilización de grillo en la producción de alimentos depende de la funcionalidad de sus macronutrientes, especialmente de la proteína, que es su componente

mayoritario. La solubilidad, la capacidad emulsificante, de formación de espuma, de gelificación y de retención de agua, constituyen las propiedades funcionales más relevantes de la proteína de grillo, pero estas capacidades pueden variar en función de su estructura, tamaño, composición de aminoácidos y método de extracción. Cabe señalar que, de todas las formas autorizadas por la UE para su uso en alimentación humana, la mayor parte de las investigaciones y estudios han centrado su interés en la utilización del grillo en forma de polvo (PG)*. Esto puede deberse a que la población europea tiene un nivel mayor de aceptación por las formas en polvo que por formas reconocibles del insecto debido al rechazo que causa. Además, de todos los alimentos en los que se puede incorporar el grillo, los productos más estudiados son fundamentalmente productos derivados de cereales como snacks extruidos, panes, galletas y derivados cárnicos. Asimismo, hay estudios acerca de la presencia y extracción de compuestos bioactivos como quitina y quitosano.

** A partir de ahora cuando en este TFG se haga mención al polvo de grillo se utilizarán las siglas PG*

3.4.1 Snacks extruidos

La tecnología de extrusión ha experimentado un aumento en su popularidad en diversos sectores de la industria alimentaria. Esta tecnología se utiliza básicamente para la producción de una amplia gama de productos, como cereales para el desayuno, alimentos para bebés, pan crujiente, análogos de carne de origen vegetal e incluso para la modificación del almidón. Parámetros del proceso de extrusión, como temperatura, presión, velocidad de rotación del tornillo, entre otros, tienen un impacto significativo en el grado de degradación de los nutrientes termolábiles (38). La selección adecuada de los parámetros de proceso no solo permite preservar el valor nutricional de los productos finales, sino también asegurar la estructura apropiada de los productos extruidos obtenidos. Es importante resaltar que la textura y las propiedades sensoriales de los productos extruidos son de vital importancia para su aceptación por parte del consumidor.

Diversos autores (39,40) han estudiado el impacto que, la adición de diferentes cantidades, de polvo de grillo tienen en el producto final obtenido. Estos snacks extruidos tienen como base sémola de maíz. En lo relativo a los cambios fisicoquímicos, cualquier porcentaje de PG aumenta significativamente el índice de absorción de agua (IAA) y se reduce el índice de solubilidad del agua (ISA). IAA indica la cantidad de agua inmovilizada por el extruido, mientras que (ISA) indica la cantidad de moléculas solubilizadas en agua que causan daños a nivel molecular en el proceso. Por otro lado, el índice de expansión del extruido se reduce de un 10,5 en el producto control a un 3,3 con 15% de PG. Esto es debido al alto contenido de proteínas y lípidos del insecto ya que, durante la extrusión, las proteínas afectan a la distribución del agua en la matriz y crean una red mediante interacciones covalentes y no covalentes que modifican las propiedades de extensión de la masa fundida, limitando su

expansión (40). Además, los lípidos reducen la viscosidad de la masa fundida y dificultan la hidratación del almidón el cual es necesario para su gelatinización y expansión. Los cambios en el índice de expansión pueden deberse a las proteínas y lípidos, pero también se puede asociar al menor contenido de almidón al añadir más cantidad de PG. Por otro lado, los snacks con mayor porcentaje de PG (10-15%) son menos crujientes y presentan una mayor dureza debido a su porosidad. En lo relativo al color, cuanto mayor es el porcentaje de PG añadido más oscuro es el snack lo que puede afectar a su aceptabilidad, se aprecian estos cambios al aumentar la proporción de PG. En cuanto al contenido nutricional, con PG aumenta significativamente la cantidad de proteína, aunque entre el 12,5 y 15% no hay diferencia significativa, en estas dos últimas formulaciones se puede considerar alimento alto en proteínas.

Otra investigación (42) ha centrado su atención en estudiar los efectos que tienen la temperatura de extrusión y la adición de *Acheta domesticus* en las propiedades de snacks extruidos. El proceso de extrusión se realizó utilizando una extrusora de un solo tornillo y se probaron dos temperaturas diferentes (165 y 175°C). La formulación de los snacks incluyó harina de maíz y PG en proporciones de masa de 100:0, 95:5, 90:10 y 85:15. Los resultados de estas investigaciones indican que la incorporación de insectos comestibles, como el grillo, en los snacks puede ser una alternativa viable a los productos disponibles en el mercado, ya que conservan las características fisicoquímicas adecuadas, especialmente cuando se formulan a temperaturas más bajas. Además, se observó una mejora en el contenido de proteínas al utilizar un porcentaje recomendado de 5% y 10% de PG en la formulación de snacks extruidos a 165°C.

En resumen, los snacks obtenidos con un 15% de *Acheta domesticus* presentaron las mejores características fisicoquímicas, fundamentalmente en propiedades asociadas al contenido de agua de los productos extruidos. Asimismo, se ha comprobado que se mejora significativamente la cantidad de proteína presente en el alimento. Por el contrario, los snacks con una incorporación del 5% fueron los que presentaron buenas propiedades en cuanto a valores de expansión y porosidad bajos. La presencia de lípidos puede ser una de las razones a las que se atribuye la reducción de la expansión con el nivel de incorporación de grillo doméstico en las mezclas, por lo que una extracción de lípidos de los insectos sería de interés, con el objetivo de mejorar no sólo la expansión, sino también la textura de los snacks extruidos. Los snacks con la menor incorporación de insectos también mostraron las mejores características de higroscopicidad y exhibieron una coloración similar a la de control. Por todo lo anteriormente mencionado, podría decirse que para poder mantener las características típicas de un snack extruido la adición de PG recomendada es de un 7,5% (39).

3.4.2 Productos de panadería y horneados

Los alimentos a base de cereales como pan, productos de bollería, pasta... etc., al ser tan populares a nivel mundial y tan aceptados por la población, están siendo utilizados por los investigadores como vehículo para la introducción de diferentes porcentajes de PG con idea de estudiar las modificaciones que se producen en el producto final, así como sus posibles beneficios y aceptabilidad. Así, Osimani y colaboradores (43) elaboraron pan con harina de trigo (control, 100% harina de trigo) a la que enriquecieron con distintos porcentajes de PG (10% y 30%). Determinaron que no existían diferencias significativas ni en la consistencia ni en capacidad de absorción de agua (59,3%-61,7%) entre la masa control y la masa con 10% y 30% de PG. Sin embargo, las propiedades viscoelásticas presentaron diferencias ya que el índice P/L (relación entre la tenacidad y la extensibilidad) aumentó a medida que se incorpora PG, convirtiendo la masa menos extensible. Los valores de tenacidad (W) fueron más altos en la masa control y significativamente menores en las masas con PG, lo cual puede deberse a que con la adición de PG se produce una reducción en la cantidad de gluten en las masas y por consiguiente se produce dificultad en la formación de la red de gluten durante la fase de mezcla. También son menores los valores del índice de caída (IC) y viscosidad. El IC se trata de un parámetro que mide la actividad amilásica. Asimismo, observaron que conforme aumentaban el porcentaje de PG añadido, se incrementaba el tiempo de mezclado de la masa y una vez horneados, los panes con 30% de PG presentaban el menor volumen específico y la mayor dureza. Por otro lado, la adición de PG mejora considerablemente el perfil nutricional debido al contenido de proteínas, ácidos grasos poliinsaturados y a su elevada proporción de aminoácidos esenciales. Por último, determinaron la aceptación del producto mediante una prueba hedónica de 9 puntos y obtuvieron resultados desfavorables para los panes enriquecidos, siendo 6,8 la puntuación del pan control, 4,4 del pan con 10% de PG y 2,5 la del pan con 30% PG (43).

En este mismo sentido González y colaboradores (7) evaluaron el efecto de la sustitución del 5% de harina de trigo por PG y los resultados obtenidos están en concordancia con la investigación anterior (43), si bien difieren en cuanto a la capacidad de absorción de agua de la masa adicionada donde observaron una pequeña reducción de este atributo. Asimismo, encontraron diferencias significativas en la luminosidad del pan control y el pan enriquecido como se puede observar en la **Figura 4**.

En relación con la aceptabilidad de este tipo de productos, un estudio evaluó la aceptación por parte del consumidor de brownies elaborados con PG y calificó como menos aceptables los brownies que contenían PG (44). Otro estudio observó que al incrementar

la cantidad de PG en galletas se producía modificaciones en las propiedades de textura dando lugar a un rechazo por parte de los consumidores (45).

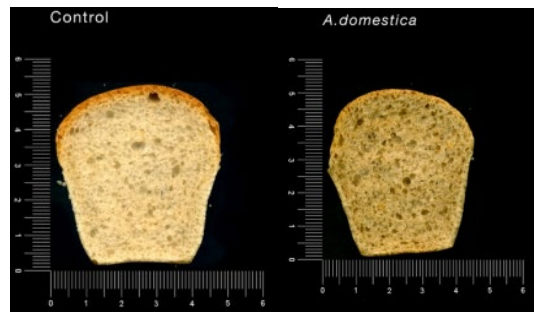


Figura 4. Comparación en el color entre un pan control y un pan elaborado con 5% de polvo de grillo doméstico (7)

Por otro lado, otra investigación informa acerca de las modificaciones que pueden ocurrir cuando se incorporan ingredientes proteicos como PG en una formulación de pan y determinaron que se pueden liberar más aminoácidos al medio, lo que puede contribuir a potenciar el crecimiento de la levadura. Esto además puede ser interesante ya que los aminoácidos participan en la reacción de Maillard que se produce durante el horneado del pan y pueden ayudar a potenciar el olor y el color del producto final (46).

De la información que se recoge en estos trabajos se puede decir que: a) la incorporación de PG a harinas que se utilizan para la elaboración de productos horneados mejora significativamente sus características nutricionales de los productos finales; b) se estima que existe una correlación lineal negativa entre la cantidad de PG añadido y los parámetros tecnológicos de la masa, sin embargo, la adición de un 10% de PG produce masas adecuadas para la panificación. En cuanto a la aceptación, es fundamental que el producto enriquecido no difiera en exceso en las propiedades sensoriales respecto al producto original para no generar rechazo en los consumidores. Y, se ha demostrado que la aceptación disminuye a medida que se incrementa la adición de PG. En general, los productos elaborados con las proporciones de PG que señalan en la legislación (9) tienen propiedades tecnológicas similares a los tradicionales y buena aceptación sensorial, con la ventaja de ser ricos nutricionalmente. Además, la alta capacidad de absorción de agua del PG indica que los productos de panadería enriquecidos con él pueden mantener buenas propiedades tecnológicas durante el almacenamiento. Por último, la adición de PG es especialmente interesante en cereales debido a la ausencia de gluten y que cubre las deficiencias en la mayoría de los cereales en aminoácidos como la lisina.

3.4.3 Emulsiones cárnicas

Con idea de reducir el consumo de carne, una opción interesante puede ser reemplazar parcialmente la carne animal con otras fuentes proteicas, como son proteínas vegetales o incluso proteínas de insectos. En este tipo de productos, emulsiones cárnicas, la solubilidad de las proteínas es un factor tecnológico clave que afecta las propiedades emulsionantes, espumantes, gelificantes y de retención de agua. Algunos factores críticos a considerar en el procesamiento de alimentos que contengan insectos comestibles son pH, temperatura de la matriz del alimento y la fuerza iónica, está última influenciada por el NaCl y otros ingredientes. Kim y colaboradores (47) estudiaron los efectos de la adición de PG a emulsiones cárnicas. La emulsión control la elaboraron con 60% de zona magra de cerdo, 20% de zona grasa y 20% de hielo. Se añadieron cantidades de 5% y 10% de PG sustituyéndolo en diversos ensayos por zona grasa y magra. Observaron que la solubilidad de la proteína se veía influenciada por el pH y la concentración de NaCl. El valor más bajo de solubilidad de la proteína se encuentra cuando el pH es 4, lo cual puede ser debido a la cercanía al punto isoeléctrico de las proteínas del grillo. A pH alcalinos hay una mayor solubilidad, de hecho, a pH 10 la solubilidad es 3 veces mayor que a pH 4. En términos de propiedades tecnológicas, la sustitución de la porción de carne magra/grasa por harina de grillo doméstico aumentó la solubilidad de la proteína hidrosoluble en la emulsión cárnica, a excepción de la sustitución de 5% de carne magra. Las emulsiones tratadas mostraron un rendimiento superior de cocción que la emulsión control, este resultado podría deberse al aumento del contenido de sólidos al sustituir la porción de carne magra/grasa por polvo de *Acheta domesticus*. Respecto a las propiedades de textura, la sustitución de la carne magra/porción grasa por PG condujo a un aumento de la dureza de la emulsión cárnica. En consecuencia, aumentaron significativamente los parámetros secundarios de las emulsiones tratadas como la gomosidad y la masticabilidad. Con un nivel de sustitución del 5%, la textura no se modificó. Sin embargo, a un nivel de sustitución del 10% del PG por la porción de grasa hizo que la emulsión tuviera una textura más dura que la emulsión con sustitución del 10% de carne magra.

En general, la sustitución de la grasa animal por ingredientes que incorporan agua adicional conlleva la creación de productos cárnicos emulsionados con bajo contenido en grasa, los cuales presentan una textura más suave y menos elástica, esta modificación puede ocasionar problemas significativos en la calidad del producto final. En este sentido, los ingredientes no cárnicos, como los materiales a base de proteínas (soja y leche) y de hidratos de carbono (fibra y almidón), se utilizan comercialmente no sólo para mejorar la capacidad de retención de agua, sino también para modificar las propiedades de textura similares a los productos normales. Los resultados de este estudio indican que el PG no es

tan efectivo como los ingredientes mencionados para contribuir a la textura blanda de las emulsiones cárnicas con bajo contenido en grasa (48). Desde el punto de vista nutricional, la incorporación del PG en cualquier porcentaje aumenta significativamente el contenido de proteínas y minerales, con un incremento destacable de potasio y fósforo.

En resumen, el PG puede ser una fuente viable para mantener el contenido de proteínas y micronutrientes o incluso aumentarlo sin tener un impacto negativo en el producto cárnico, ya que con la adición de 10% de PG estos nutrientes se enriquecieron sin efectos negativos en el rendimiento de cocción y las propiedades texturales. Sin embargo, hay estudios que concluyen que el reemplazo de más del 10% de la carne con PG puede reducir la calidad del producto cárnico, así como la estabilidad de la emulsión. En cuanto a las características tecnológicas, el pH y la concentración de NaCl afectan la solubilidad de la proteína de la harina de grillo doméstico (49).

3.4.4 Extracción de compuestos bioactivos

Además del elevado contenido proteico, algunos insectos tienen en su composición otras sustancias, como son algunos compuestos bioactivos, los cuales pueden aportar otros beneficios para la salud más allá del nutricional.

La quitina y el quitosano que están presentes en los insectos tienen un amplio espectro de actividades biológicas, como efectos antioxidantes y antibacterianos, y podrían utilizarse en la industria alimentaria para mejorar la seguridad, la vida útil y el control de calidad de los alimentos. 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 como es el caso del grillo (33). El quitosano se obtiene a partir de la quitina mediante una serie de tratamientos químicos.

En primer lugar, se desproteíniza la quitina, es complicado debido a la ruptura de los enlaces químicos entre la quitina y las proteínas. La eliminación de las proteínas se realiza mediante tratamientos químicos, el NaOH es la base inorgánica que se utiliza. En el caso del grillo doméstico, las condiciones utilizadas son: NaOH 1M y el tratamiento a 95°C durante 6 horas. En segundo lugar, se realiza una desmineralización, este proceso implica la descomposición del carbonato de calcio en cloruro de calcio junto con la liberación de dióxido de carbono. Se logra comúnmente mediante tratamiento ácido, el más habitual es el HCl. La siguiente etapa es la de decoloración para obtener un producto incoloro. Estos tratamientos se aplican a las fuentes de quitina con el fin de eliminar los pigmentos para su futura utilización en la industria alimentaria o biomédica. El tratamiento al que se somete a la quitina en este caso es a un baño en hipoclorito de sodio durante 3 horas. Por último, para aislar el quitosano de la quitina se realiza una desacetilación. La desacetilación se refiere al proceso de eliminación de los grupos acetilo unidos a la quitina y la sustitución de grupos amino reactivos.

Este parámetro va a influir en las propiedades fisicoquímicas y biológicas como la relación ácido-base, las características, la biodegradabilidad, la autoagregación y la capacidad de quelar iones metálicos. Se aplica un tratamiento en NaOH al 50% durante 5 horas y a 121°C. La temperatura y el tiempo de procesamiento son los parámetros que tienen un impacto más significativo en el grado de desacetilación (50). Recientes investigaciones han confirmado que la quitina y el quitosano de los insectos poseen una importante actividad antibacteriana. El mecanismo antibacteriano podría deberse a la hidrólisis del peptidoglicano debido a las interacciones entre las moléculas de quitosano y las membranas celulares microbianas. Esta interacción conduce al colapso de las membranas celulares, al escape de los componentes intracelulares y, en última instancia, a la muerte celular (51). El efecto antioxidante se atribuye a la acción de barrido de radicales libres que ejercen la quitina y quitosano. Por ello, el quitosano se está empleando como biopelícula y recubrimiento comestible en los alimentos.

3.5 Aspectos culturales y aceptación

Debido a que la comercialización de *Acheta domesticus* en la Unión Europea es reciente, prácticamente no se han realizado estudios sobre la aceptabilidad general del grillo en la población occidental. Solamente hay estudios sobre la aceptabilidad en productos que contenían el grillo doméstico integrado. Por ello, en este apartado se va a analizar la aceptación de los insectos en general la cual es mejorable, debido a que a una parte de los consumidores de la población occidental buscan nuevas experiencias alimentarias y estos podrían ser considerados como un nuevo nicho de mercado, si bien hay que resaltar que, para otra parte de la población, los consumidores más conservadores, les causan rechazo (52).

A diferencia de continentes como África, América Latina y Asia, el consumo de insectos, no está arraigado en la dieta tradicional de las sociedades occidentales, por lo que rara vez se piensa en los insectos como comestibles (1). Este rechazo se denomina neofobia alimentaria, que se define como el miedo a probar alimentos nuevos, y se relaciona con el asco ya que se trata de una de las principales reacciones al probar este nuevo alimento. Esto puede ser debido a la percepción que tienen los consumidores que relacionan los insectos con algo peligroso y antihigiénico. Si los insectos comestibles se presentan como insectos enteros, el rechazo de los consumidores puede ser mayor ya que no se consideran como alimento y pueden asociarse a vectores de enfermedades y percibirse como un riesgo para la salud (53).

Un factor que influye en las preferencias de consumo puede ser la edad o el sexo, siendo los hombres más proclives a probar nuevos productos; en cuanto a la edad, los adultos jóvenes tienen una mentalidad más abierta para probar este tipo de alimento (53).

El principal rechazo hacia los insectos puede estar relacionado con las propiedades sensoriales previstas de éstos, ya que sin haber probado nunca este nuevo alimento las expectativas son muy bajas respecto al sabor. Por ello, es fundamental que se dé una primera experiencia positiva del consumidor con los insectos, de lo contrario asumirán que todo tipo de productos relacionados serán igualmente negativos (52). Se ha demostrado que el método más atractivo para consumir insectos es incorporándolos a diversos alimentos con sabor agradable ya que la mayoría de los consumidores no cambiarían productos que consideran sabrosos por productos con ventajas nutricionales o medioambientales (54). Una buena estrategia para aumentar el consumo de insectos, es incorporarlos en formas no visibles, por ello, es interesante conocer las preferencias de los consumidores sobre la integración de los insectos en distintos tipos de comida. En primer lugar, los insectos se perciben más como aperitivo (para el 37% de los consumidores), probablemente debido a su pequeño tamaño y original forma. A continuación, se observó que la gente aceptaba la adición de insectos al plato principal (26%) o como postre (23%). En menor medida, los encuestados también propusieron la adición de insectos a la ensalada (7%) y, por último, consumirlos en su forma natural (1%) (55).

4. Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas en el desarrollo de este TFG son:

I. Los grillos son muy nutritivos y ricos en proteínas de alta calidad, lo que proporciona una fuente excelente de aminoácidos esenciales, con la excepción de la metionina/cisteína. También son una buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados, riboflavina, vitamina B12, tocoferoles y numerosos minerales como fósforo, potasio y zinc.

II. El uso del grillo doméstico (*Acheta domesticus*) como fuente alimenticia constituye una potencial solución a los problemas relacionados con los déficits mundiales de agua, tierra y energía. Además, se ha demostrado que en los niveles de uso propuestos es un alimento seguro y que aporta una cantidad de nutrientes más elevada que las fuentes de alimento tradicionales por lo que desde este punto de vista, el grillo doméstico resulta interesante para incorporar a las dietas o a diversos productos con cierto déficit nutricional. En la actualidad, se está estudiando cómo poder presentar productos derivados de insectos en formas más parecidas a los alimentos que constituyen nuestra dieta diaria, en un intento de disminuir los prejuicios que puedan originar.

III. Si bien es cierto que el consumo del grillo doméstico supone numerosas ventajas principalmente desde un punto de vista nutricional, también es un desafío implementar este

alimento en la sociedad occidental debido a la neofobia alimentaria existente y a la poca aceptación por los insectos que hay en esta cultura. Las sociedades occidentales todavía rechazan la idea de incorporar insectos en su alimentación debido a la oposición que representa a sus tradiciones. Por lo tanto, es esencial que los sectores de la alimentación y la educación colaboren en la ejecución de campañas y programas para fomentar un cambio de actitud hacia los insectos como valiosa fuente de nutrientes. Otra de las desventajas del consumo del grillo doméstico, es la posibilidad de causar alergias a las personas alérgicas a los moluscos, crustáceos y ácaros del polvo por lo que no es un alimento apto para toda la población.

IV. Por otro lado, existe un amplio abanico de productos a los que se puede incorporar el *Acheta domestica*. El grillo doméstico mejora el valor nutricional de los productos a los que se incorpora, sin embargo, la industria alimentaria necesita que se realicen estudios que permitan tanto la optimización de los procesos como un mayor conocimiento de las posibilidades tecnológicas de estas materias primas. Ya que en numerosos estudios se ha demostrado que en muchos casos altera las características fisicoquímicas del producto. Además, es necesario que la implementación del grillo en alimentos no cause una menor aceptabilidad, por lo que hay que estudiar en profundidad cuál va a ser la cantidad adecuada de *Acheta domestica* para cada tipo de producto. El conocimiento que derive de estos estudios podría ayudar a disminuir, en cierto grado, la repulsión hacia la entomofagia y lograr que se incluyan de manera convencional en la dieta.

En conclusión, el grillo doméstico es un Nuevo Alimento que se ha autorizado recientemente en la Unión Europea, por lo que todavía se tienen que realizar más estudios para optimizar al máximo su incorporación en los alimentos manteniendo la seguridad alimentaria.

5. Bibliografía

- (1) Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G et al. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Rome: FAO; 2013. 187 (FAO forestry paper; 171).
- (2) FAO. *Looking at Edible Insects from a Food Safety Perspective Challenges and Opportunities for the Sector*. Rome: FAO; 2021. 108.
- (3) Van Huis A, Oonincx DGAB. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron Sustain Dev*. 2017; 37 (43): 2-14. doi: [10.1007/s13593-017-0452-8](https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8)
- (4) La Barbera F, Verneau F, Videbæk PN, Amato M, Grunert KG. A self-report measure of attitudes toward the eating of insects: Construction and validation of the Entomophagy Attitude Questionnaire. *Food Qual Prefer*. 2020; 79 (2): 103757 doi: [10.1016/j.foodqual.2019.103757](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103757)
- (5) Cappelli A, Oliva N, Bonaccorsi G, Lorini C, Cini E. Assessment of the rheological

properties and bread characteristics obtained by innovative protein sources (*Cicer arietinum*, *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*): Novel food or potential improvers for wheat flour?. *Lebensm Wiss Technol*. 2020; 118: 108867. doi: [10.1016/j.lwt.2019.108867](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108867)

(6) Sidali KL, Pizzo S, Garrido-Pérez EI, Schamel G. Between food delicacies and food taboos: A structural equation model to assess Western students' acceptance of Amazonian insect food. *Food Res Int*. 2019; 115: 83-89. doi: [10.1016/j.foodres.2018.07.027](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.027)

(7) González CM, Garzón R, Rosell CM. Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innov Food Sci Emerg Technol*. 2019; 51: 205-10. doi: [10.1016/j.ifset.2018.03.021](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021)

(8) 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. DOUE, N. 327 (11 de diciembre de 2015).

(9) EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens, (NDA), Turck D, Bohn T, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst K, et al. Safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domesticus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*. 2021; 19 (8): 6779. doi: [10.2903/j.efsa.2021.6779](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6779)

(10) Psarianos M, Dimopoulos G, Ojha S, Cavini ACM, Bußler S, Taoukis P, et al. Effect of pulsed electric fields on cricket (*Acheta domesticus*) flour: Extraction yield (protein, fat and chitin) and techno-functional properties. *Innov Food Sci Emerg Technol*. 2022; 76: 102-908. doi: [10.1016/j.ifset.2021.102908](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102908)

(11) Reglamento de Ejecución (UE) 2022/188 de la Comisión de 10 de febrero de 2022 por el que se autoriza la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo de *Acheta domesticus* como nuevo alimento con arreglo al Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión. DOUE, N.30 (11 de febrero de 2022).

(12) Reglamento de Ejecución (UE) 2023/5 de la Comisión de 3 de enero de 2023 por el que se autoriza la comercialización de polvo parcialmente desgrasado de *Acheta domesticus* (grillo doméstico) como nuevo alimento y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470. DOUE, N.2 (4 de enero de 2023).

(13) Fernandez-Cassi X, Supeanu A, Vaga M, Jansson A, Boqvist S, Vagsholm I. The house cricket (*Acheta domesticus*) as a novel food: a risk profile. *J Insects Food Feed*. 2019; 5 (2): 137-157. doi: [10.2903/j.efsa.2018.e16082](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.e16082)

(14) Inaturalist [Internet]. California: Inaturalist; 2022 [consulta 15/05/2023]. Disponible en: <https://www.inaturalist.org/>

(15) EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens,(NDA), Turck D, Bohn T, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst K, et al. Safety of partially defatted house cricket (*Acheta domesticus*) powder as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*. 2022; 20 (5): 7258. doi: [10.2903/j.efsa.2022.7258](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7258)

(16) Liceaga AM. Processing insects for use in the food and feed industry. *Curr Opin Insect Sci*. 2021; 48: 32-36. doi: [10.1016/j.cois.2021.08.002](https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.08.002)

(17) Oonincx DGAB, Finke MD. Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *J Insects Food Feed*. 2021; 7 (5): 639-659. doi: [10.3920/JIFF2020.0050](https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0050)

- (18) Weber N, Kouřimská L, Kulma M, Seufert F, Rychlik M. Folate contents in insects as promising food components quantified by stable isotope dilution. *Front Nutr.* 2022; 9: 970255. doi: [10.3389/fnut.2022.970255](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.970255)
- (19) Bedca [Internet]. España: Bedca; 2006 [consulta 9/05/2023]. Disponible en: <https://www.bedca.net/>
- (20) Boulos S, Tännler A, Nyström L. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Edible Insects on the Swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. *Front Nutr.* 2020; 7: 89. doi: [10.3389/fnut.2020.00089](https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00089)
- (21) Reglamento (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) nº 1924/2006 y (CE) nº 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 90/496/CEE del Consejo, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) nº 608/2004 de la Comisión. DOUE, N.304 (22 de noviembre de 2011).
- (22) Poelaert C, Francis F, Alabi T, Megido RC, Crahay B, Bindelle J, et al. Protein value of two insects, subjected to various heat treatments, using growing rats and the protein digestibility-corrected amino acid score. *J Insects Food Feed.* 2018; 4 (2): 77-87. doi: [10.3920/JIFF2017.0003](https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0003)
- (23) Lin L, Yu X, Gao Y, Mei L, Zhu Z, Du X. Physicochemical properties and *in vitro* starch digestibility of wheat starch/rice protein hydrolysate complexes. *Food Hydrocoll.* 2022; 125:107-348. doi: [10.1016/j.foodhyd.2021.107348](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107348)
- (24) Hamaker BR, Kirleis AW, Mertz ET, Axtell JD. Effect of cooking on the protein profiles and *in vitro* digestibility of sorghum and maize. *J Agric Food Chem.* 1986; 34 (4): 647-649. doi: [10.1021/jf00070a014](https://doi.org/10.1021/jf00070a014)
- (25) Udomsil N, Imsoonthornruksa S, Gosalawit C, Ketudat-Cairns M. Nutritional values and functional properties of house cricket (*Acheta domesticus*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*). *Food Sci Technol Res.* 2019; 25 (4): 597-605. doi: [10.3136/fstr.25.597](https://doi.org/10.3136/fstr.25.597)
- (26) Muzzarelli RA, Tomasetti M, Ilari P. Depolymerization of chitosan with the aid of papain. *Enzyme Microb Technol.* 1994; 16 (2): 110-114. doi: [10.1007/978-1-59259-261-6_16](https://doi.org/10.1007/978-1-59259-261-6_16)
- (27) Rumpold BA, Schlüter OK. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res.* 2013; 57 (5): 802-823. doi: [10.1002/mnfr.201200735](https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735)
- (28) World Health Organization. *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. 2ª ed. Switzerland: WHO; 2004.
- (29) Amadi EN, Kiin-Kabari DB. Nutritional composition and microbiology of some edible insects commonly eaten in Africa, hurdles and future prospects: A critical review. *J Food: Microb Saf Hyg.* 2016; 1 (1): 1-7. doi: [10.4172/2476-2059.1000107](https://doi.org/10.4172/2476-2059.1000107)
- (30) Klunder HC, Wolkers-Rooijackers J, Korpela JM, Nout MR. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food control.* 2012; 26 (2): 628-631. doi: [10.1016/j.foodcont.2012.02.013](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013)
- (31) Shapiro-Ilan DI, Mbata GN, Nguyen KB, Peat SM, Blackburn D, Adams BJ. Characterization of biocontrol traits in the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis georgiana* (Kesha strain), and phylogenetic analysis of the nematode's symbiotic bacteria. *Biol Control.* 2009 ;51 (3): 377-387. doi: [10.1016/j.biocontrol.2009.07.009](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.07.009)

- (32) Szelei J, Woodring J, Goettel MS, Duke G, Jousset F, Liu KY, et al. Susceptibility of North-American and European crickets to *Acheta domesticus* densovirus (AdDNV) and associated epizootics. *J Invertebr Pathol.* 2011; 106 (3): 394-399. doi: [10.1016/j.jip.2010.12.009](https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.12.009)
- (33) Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi CC, Paoletti MG, Ricci A. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2013; 12 (3): 296-313. doi: [10.1111/1541-4337.12014](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014)
- (34) Ribeiro JC, Cunha LM, Sousa-Pinto B, Fonseca J. Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Mol Nutr Food Res.* 2018; 62 (1). doi: [10.1002/mnfr.201700030](https://doi.org/10.1002/mnfr.201700030)
- (35) Reese TA, Liang H, Tager AM, Luster AD, Van Rooijen N, Voehringer D, et al. Chitin induces accumulation in tissue of innate immune cells associated with allergy. *Nature.* 2007; 447 (7140): 92-96. doi: [10.1038/nature05746](https://doi.org/10.1038/nature05746)
- (36) Elieh Ali Komi D, Sharma L, Dela Cruz CS. Chitin and its effects on inflammatory and immune responses. *Clin Rev Allergy Immunol.* 2018; 54: 213-223. doi: [10.1007/s12016-017-8600-0](https://doi.org/10.1007/s12016-017-8600-0)
- (37) Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión, de 20 de diciembre de 2017, por el que se establece la lista de la Unión de nuevos alimentos, de conformidad con el Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a los nuevos alimentos. DOUE, N. 351 (30 de diciembre de 2017).
- (38) Alam MS, Kaur J, Khaira H, Gupta K. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2016; 56 (3): 445-473. doi: [10.1080/10408398.2013.779568](https://doi.org/10.1080/10408398.2013.779568)
- (39) Igual M, García-Segovia P, Martínez-Monzó J. Effect of *Acheta domesticus* (house cricket) addition on protein content, colour, texture, and extrusion parameters of extruded products. *J Food Eng.* 2020; 282. doi: [10.1016/j.jfoodeng.2020.110032](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110032)
- (40) Kiiru SM, Kinyuru JN, Kiage BN, Martin A, Marel A, Osen R. Extrusion texturization of cricket flour and soy protein isolate: Influence of insect content, extrusion temperature, and moisture-level variation on textural properties. *Food Sci Nutr.* 2020; 8 (8): 4112-4120. doi: [10.1002/fsn3.1700](https://doi.org/10.1002/fsn3.1700)
- (41) Moraru CI, Kokini JL. Nucleation and expansion during extrusion and microwave heating of cereal foods. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2003; 2 (4): 147-165. doi: [10.1111/j.1541-4337.2003.tb00020.x](https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00020.x)
- (42) Ribeiro L, Cunha LM, García-Segovia P, Martínez-Monzó J, Igual M. Effect of the house cricket (*Acheta domesticus*) inclusion and process temperature on extrudate snack properties. *J Insects Food Feed.* 2021; 7 (7): 1117-1129. doi: [10.3920/JIFF2020.0126](https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0126)
- (43) Osimani A, Milanović V, Cardinali F, Roncolini A, Garofalo C, Clementi F, et al. Bread enriched with cricket powder (*Acheta domesticus*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2018; 48: 150-163. doi: [10.1016/j.ifset.2018.06.007](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.007)
- (44) Gurdian CE, Torrico DD, Li B, Tuuri G, Prinyawiwatkul W. Effect of informed conditions on sensory expectations and actual perceptions: a case of chocolate brownies containing edible-cricket protein. *Foods.* 2021; 10 (7): 1480. doi: [10.3390/foods10071480](https://doi.org/10.3390/foods10071480)
- (45) Ardoin R, Marx BD, Boeneke C, Prinyawiwatkul W. Effects of cricket powder on selected physical properties and US consumer perceptions of whole-wheat snack crackers. *Int J Food Sci Tech.* 2021; 56 (8): 4070-4080. doi: [10.1111/ijfs.15032](https://doi.org/10.1111/ijfs.15032)

- (46) Bartkiene E, Starkute V, Katuskevicius K, Laukyte N, Fomkinas M, Vysniauskas E, et al. The contribution of edible cricket flour to quality parameters and sensory characteristics of wheat bread. *Food Sci Nutr*. 2022; 10 (12): 4319-4330. doi: [10.1002/fsn3.3024](https://doi.org/10.1002/fsn3.3024)
- (47) Kim H, Setyabrata D, Lee Y, Jones OG, Kim YHB. Effect of House Cricket (*Acheta domestica*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations. *J Food Sci*. 2017; 82 (12): 2787-2793. doi: [10.1111/1750-3841.13960](https://doi.org/10.1111/1750-3841.13960)
- (48) Keeton JT. Low-fat meat products-technological problems with processing. *Meat Sci*. 1994; 36 (1-2): 261-276. doi: [10.1016/0309-1740\(94\)90045-0](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90045-0)
- (49) Cruz-López SO, Álvarez-Cisneros YM, Domínguez-Soberanes J, Escalona-Buendía HB, Sánchez CN. Physicochemical and sensory characteristics of sausages made with grasshopper (*Sphenarium purpurascens*) flour. *Foods*. 2022; 11 (5): 704. doi: [10.3390/foods11050704](https://doi.org/10.3390/foods11050704)
- (50) Mohan K, Ganesan AR, Muralisankar T, Jayakumar R, Sathishkumar P, Uthayakumar V, et al. Recent insights into the extraction, characterization, and bioactivities of chitin and chitosan from insects. *Trends Food Sci Technol*. 2020; 105: 17-42. doi: [10.1016/j.tifs.2020.08.016](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.016)
- (51) Chien R, Yen M, Mau J. Antimicrobial and antitumor activities of chitosan from shiitake stipes, compared to commercial chitosan from crab shells. *Carbohydr Polym*. 2016; 138: 259-264. doi: [10.1016/j.carbpol.2015.11.061](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.061)
- (52) Hartmann C, Siegrist M. Becoming an insectivore: Results of an experiment. *Food Qual Prefer*. 2016; 51: 118-122. doi : [10.1016/j.foodqual.2016.03.003](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.003)
- (53) Melgar-Lalanne G, Hernández-Álvarez A, Salinas-Castro A. Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2019; 18 (4): 1166-1191. doi: [10.1111/1541-4337.12463](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463)
- (54) Azzollini D, Derossi A, Fogliano V, Lakemond C, Severini C. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture and digestibility of extruded insect-riched snacks. *Innov Food Sci Emerg Technol*. 2018; 45: 344-353. doi: [10.1016/j.ifset.2017.11.017](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.11.017)
- (55) Caparros Megido R, Sablon L, Geuens M, Brostaux Y, Alabi T, Blecker C, et al. Edible Insects Acceptance by Belgian Consumers: Promising Attitude for Entomophagy Development. *J Sens Stud*. 2014; 29 (1): 14-20. doi: [10.1111/joss.12077](https://doi.org/10.1111/joss.12077)