

MANUAL TÉCNICO

PARA LA PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO

DE *ACHETA DOMESTICUS*
(GRILLO DOMÉSTICO)



Centro Nacional de
Ciencia y Tecnología
de Alimentos

Créditos

Autores:

**Geilyn Milieth Arias-Leitón,
Ana María Quirós-Blanco,
Ileana Maricruz Bermúdez-Serrano**

Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica y Carrera de Ingeniería de Alimentos Sede de Guanacaste, Liberia, Costa Rica.

Sergio Jansen-González

Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Revisores:

Ariana Quirós Morera

Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER).



TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	06
2. Metodología	07
3. Generalidades y ciclo de vida de <i>Acheta domesticus</i>	07
4. Producción primaria del insecto	10
4.1. Establecimiento de una granja de <i>Acheta domesticus</i>	10
4.1.1. Infraestructura requerida	10
4.1.2. Jaulas	10
4.1.3. Alimentación	11
4.1.4. Nidos, escondites y ponederos	12
4.2. Principales variables a controlar durante la cría	14
4.2.1. Temperatura y humedad	14
4.2.2. Patógenos y enfermedades	14
4.2.3. Depredadores	15
4.2.4. Contaminantes químicos	16
4.3. Etapas de la producción primaria	17
4.3.1. Reproducción y crecimiento	17
4.3.2. Cosecha y recolección	18
4.3.3. Sacrificio	18
4.3.4. Almacenamiento y transporte	18
4.4. Gestión de la inocuidad y calidad durante la producción primaria	19
4.4.1. Automatización de procesos	20
4.5. Recomendaciones adicionales	21
5. Procesamiento del insecto <i>Acheta domesticus</i>	23
5.1. Infraestructura requerida	23
5.2. Permisos regulatorios	27
5.2.1. Exportación	30
5.3. Procesos de manufactura	30
5.3.1. Recibo de materia prima	30
5.3.2. Elaboración de grillos deshidratados	32
5.3.3. Elaboración del polvo de grillo	35
5.3.4. Elaboración de aceite de grillo	38
5.3.5. Empaque y etiquetado	40
5.3.6. Almacenamiento y transporte	43
5.4. Aplicaciones de los productos	44
5.5. Gestión de la inocuidad y calidad durante el procesamiento	44
5.5.1. Peligros físicos, químicos y biológicos	45
6. Consideraciones finales	48
7. Agradecimientos	48
8. Glosario	49
9. Referencias	50

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Últimos estadios inmaduros y adultos de <i>Acheta domesticus</i> . A, último estadio nifal de la hembra, nótese la “cola” u ovipositor aún por desarrollarse en el extremo posterior del cuerpo; Largo del cuerpo aproximado: 2,5 cm. B, Ninfa de macho aproximadamente de la misma edad que en A, nótese la ausencia de ovipositor en el extremo posterior del cuerpo; Largo del cuerpo aproximado: 2,5 cm. C, Hembra adulta con ovipositor desarrollado; Largo del cuerpo aproximado: 3,5 cm. D, Macho adulto; Largo del cuerpo aproximado: 3,2 cm. E, Hembra en cultivo en proceso de postura de huevo en sustrato de fibra de coco. F, Macho en cultivo aleteando para emitir su sonido característico de cortejo.	08
Figura 2. Estadios inmaduros de <i>Acheta domesticus</i> . A, huevo depositado en fibra de coco por hembra adulta, largo aproximado: 3 mm. B, grupo de huevos depositados por hembras adultas en fibra de coco ofrecida en la cría. C, Ninfa recién emergida, largo del cuerpo aproximado: 3 mm. D, Ninfa de cuarto a quinto estadio, largo del cuerpo aproximado: 1 cm.	09
Figura 3. Ejemplo de instalación de unidad para desarrollo de <i>Acheta domesticus</i> . Derecha, principales elementos que la conforman. Arriba derecha, ejemplo de distribución de los elementos dentro del encierro. Abajo derecha, encierro con instalación completa.	11
Figura 4. Ejemplo de instalación de unidad de postura para <i>Acheta domesticus</i> . Arriba, principales elementos que la conforman. Arriba esquina izquierda, detalle de bebedero de cuerda. Abajo izquierda, ejemplo de distribución de los elementos dentro del encierro. Abajo derecha, encierro con instalación completa.	13
Figura 5. Diagrama de proceso para la elaboración de grillos deshidratados.	32
Figura 6. Grillos deshidratados.	34
Figura 7. Diagrama de proceso para la elaboración de polvo de grillo.	35
Figura 8. Polvo de grillo.	37
Figura 9. Diagrama de proceso para la elaboración de aceite de grillo y polvo de grillo desgrasado	38
Figura 10. Aceite de grillo.	40

TABLA DE CUADROS

Cuadro I. Recomendaciones adicionales para la cría y producción de <i>Acheta domesticus</i>	21
Cuadro II. Requisitos de infraestructura, equipos y utensilios para empresas procesadoras de alimentos.	24
Cuadro III. Principales leyes y reglamentos que aplican al uso de insectos comestibles en alimentos procesados.	28
Cuadro IV. Requisitos para la recepción de los grillos <i>A. domesticus</i>	31
Cuadro V. Descripción de etapas del proceso de elaboración de grillos deshidratados.	33
Cuadro VI. Descripción de etapas del proceso de elaboración de polvo de grillo.	36
Cuadro VII. Descripción de etapas del proceso de elaboración de aceite de grillo y polvo desgrasado.	39
Cuadro VIII. Requisitos de etiquetado obligatorio para alimentos preenvasados.	41
Cuadro IX. Peligros físicos, químicos y biológicos en grillos <i>A. domesticus</i>	46

1. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, el consumo de insectos como fuente de alimento ha sido una parte integral de la historia humana (Lange & Nakamura, 2021). Con el crecimiento poblacional global y los desafíos ambientales actuales del sistema alimentario, surge la necesidad urgente de explorar alternativas alimenticias sostenibles que sean beneficiosas para la salud humana y el medio ambiente (La Rosa et al., 2024; Crippa et al., 2021). Los insectos comestibles, como el grillo *Acheta domesticus*, son destacados por su eficiencia en la conversión de recursos y su bajo impacto ambiental en comparación con la producción de carne convencional (Rumpold & Schlüter, 2013).

Actualmente, *A. domesticus* se utiliza principalmente en la producción de alimentos procesados como polvos y aceites, aprovechando su alto contenido de nutrientes como proteínas, ácidos grasos esenciales y vitaminas (Bruttomesso et al., 2024; Van Huis et al., 2021). En Costa Rica, es posible obtener permisos regulatorios por parte de SENASA para la producción de este insecto con fines de alimentación humana, ya que se reconoce como una especie exótica ornamental (Solano et al., 2021; Díaz, 2021). No obstante, la falta de información sobre su producción adaptada a las condiciones locales es una de las razones que ha limitado su expansión.

Este manual busca abordar esta necesidad al proporcionar una guía técnica y práctica para establecer la cría y procesamiento de *A. domesticus* de manera eficiente, facilitando así una mayor apertura en el mercado nacional e internacional.

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este manual, se empleó una metodología integral que incluyó varias etapas clave. Se realizaron visitas a granjas nacionales especializadas en la cría de *A. domesticus*, permitiendo observar directamente las prácticas de manejo, producción y procesamiento. Además, se llevaron a cabo entrevistas con productores nacionales y extranjeros en América Latina, recopilando información sobre experiencias, desafíos y mejores prácticas en la producción de este insecto.

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva, consultando manuales de cría, documentos técnicos y legislación relacionada con la producción y procesamiento de *A. domesticus*, tanto a nivel costarricense como internacional. También se investigaron publicaciones científicas recientes para evaluar las últimas tendencias e innovaciones en este campo. La información recopilada está adaptada al contexto de Costa Rica, garantizando que las recomendaciones sean prácticas y efectivas para los productores locales.

3. GENERALIDADES Y CICLO DE VIDA DE *ACHETA DOMESTICUS*

Acheta domesticus es un insecto del orden Orthoptera (grillos, saltamontes, langostas) y la familia Gryllidae, que se alimenta de granos y vegetales. Su uso como animal de estudio y experimentación comenzó en Europa antes de la década de 1950, gracias a su corto ciclo de vida y facilidad de reproducción en cautiverio. Desde entonces, es uno de los insectos más criados, primero como carnada de pesca, luego como alimento para animales de granja y, en las últimas décadas, como fuente viable de proteína alternativa para humanos.

Acheta domesticus es un insecto con metamorfosis incompleta, esto quiere decir que su ciclo de vida carece de larva y más bien el individuo que eclosiona del huevo es una versión en miniatura del adulto llamado ninfa. A lo largo del desarrollo esta ninfa muda su exoesqueleto y lo reemplaza por uno nuevo de mayor tamaño a medida que crece. Durante la cría es posible ver las mudas del exoesqueleto en los recipientes de cría a medida que los grillos crecen.

Estos grillos tienen dimorfismo sexual lo que significa que es posible distinguir fácilmente machos de hembras en estadio adulto e inclusive en sus últimos estadios ninfales (Figura 1A-B). La forma más fácil de distinguir la hembra es observando una “cola” al final del cuerpo llamada ovipositor que es una extensión filamentosa usada por la hembra para poner sus huevos bajo tierra desde la superficie (Figura 1C); las hembras no tienen el comportamiento ni las estructuras para “cantar”. Los machos a diferencia de las hembras no tienen esta cola y sí tienen el comportamiento y la capacidad de “cantar” vibrando sus alas (Figura 1D). Es posible entonces distinguir a la hembra por su “cola” y al macho por la ausencia de esta junto con este comportamiento de vibrar las alas con lo que emite el sonido de canto (Figura 1F).

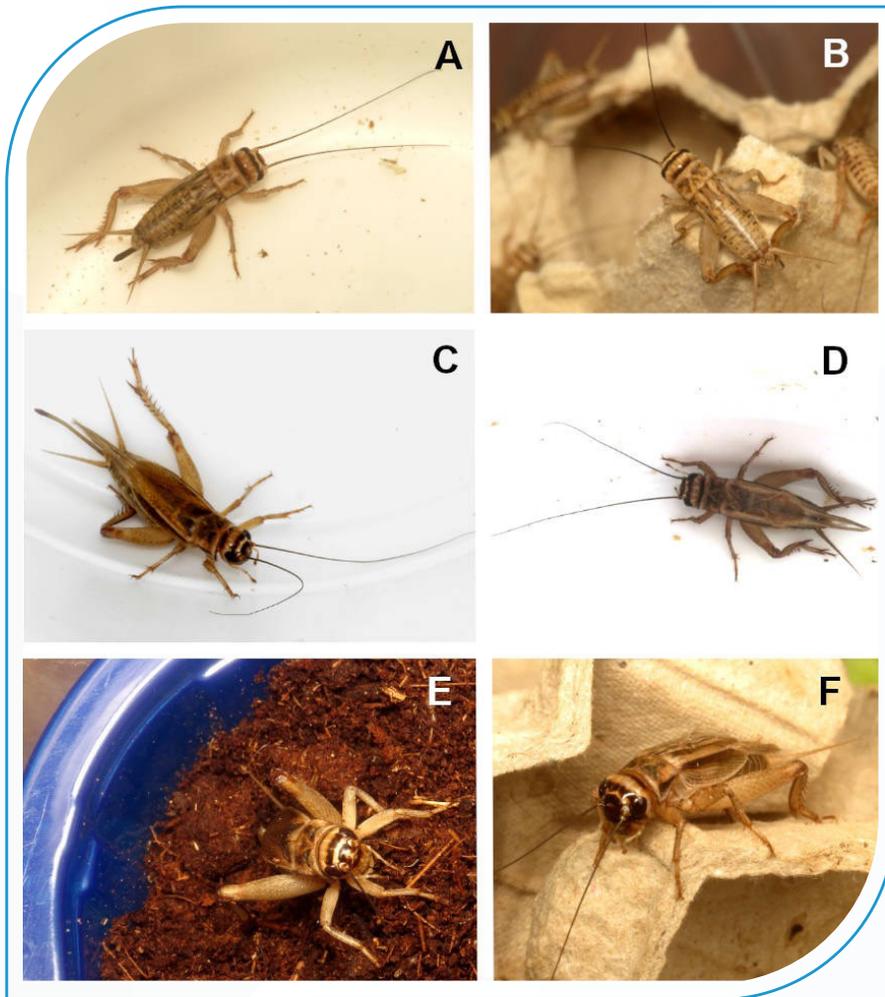


Figura 1. Últimos estadios inmaduros y adultos de *Acheta domesticus*.

A, último estadio ninfal de la hembra, nótese la “cola” u ovipositor aún por desarrollarse en el extremo posterior del cuerpo; Largo del cuerpo aproximado: 2,5 cm. B, Ninfa de macho aproximadamente de la misma edad que en A, nótese la ausencia de ovipositor en el extremo posterior del cuerpo: Largo del cuerpo aproximado: 2,5 cm. C, Hembra adulta con ovipositor desarrollado; Largo del cuerpo aproxi-

mado: 3,5 cm. D, Macho adulto; Largo del cuerpo aproximado: 3,2 cm. E, Hembra en cultivo en proceso de postura de huevo en sustrato de fibra de coco. F, Macho en cultivo aleteando para emitir su sonido característico de cortejo. (Fotos tomadas por Sergio Jansen-González).

Las hembras colocan los huevos en suelo, sustratos arenosos o fibrosos humedecidos (Figura 1E). El huevo es alargado/ovalado mide 3 mm de largo y es algo translúcido, pero se torna color crema en unos pocos días (Figura 2A y 2B). El periodo de incubación es de 1-2 semanas dependiendo de la temperatura a la que se mantengan. Del huevo emerge una ninfa que al inicio es color crema (Figura 2C) pero se oscurece a gris al día siguiente. El crecimiento de la ninfa ocurre por mudas del exoesqueleto viejo a uno nuevo más grande; el individuo que sale del exoesqueleto anterior tiene color blancuzco y es suave y frágil al inicio, pero va oscureciendo con las horas mientras su exoesqueleto nuevo se endurece. A. *domesticus* pasa por 8-9 mudas (Figura 2D) de este tipo hasta una última muda en la que el último estadio ninfal se transforma en adulto (Figura 1A y 1B). El adulto, sea hembra o macho, se distingue por sus alas completamente desarrolladas en el dorso del cuerpo, a diferencia de la ninfa que tiene apenas inicios de alas en su dorso (Figura 2C y 2D).

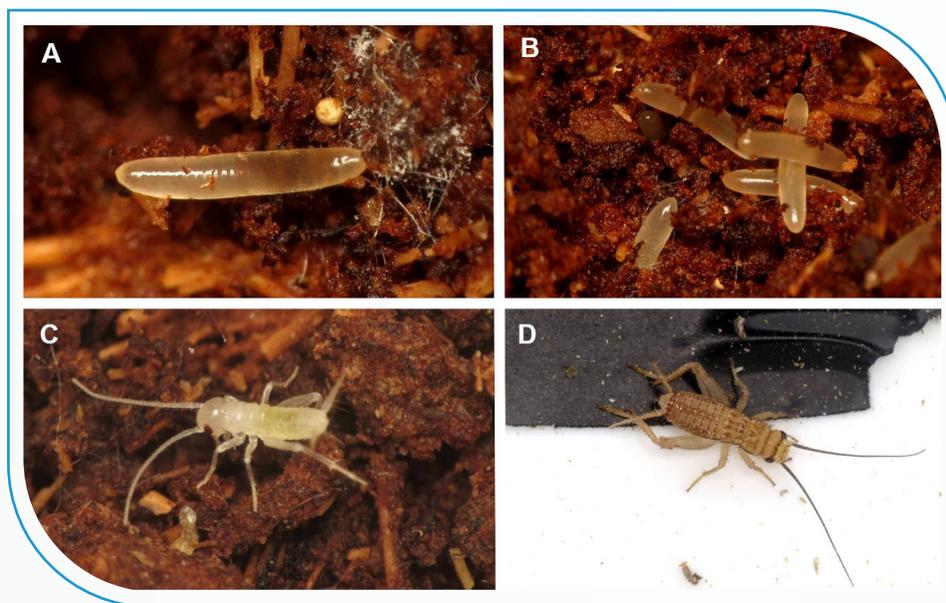


Figura 2. Estadios inmaduros de *Acheta domesticus*.

A, huevo depositado en fibra de coco por hembra adulta, largo aproximado: 3 mm. B, grupo de huevos depositados por hembras adultas en fibra de coco ofrecida en la cría. C, Ninfa recién emergida, largo del cuerpo aproximado: 3 mm. D, Ninfa de cuarto a quinto estadio, largo del cuerpo aproximado: 1 cm. (Fotos tomadas por Sergio Jansen-González).

Alrededor de 24-48 horas después de emerger como adulto puede iniciar el cortejo y la cópula que fertiliza a las hembras y estas pueden comenzar la postura de los huevos 24 horas después de la cópula. La cópula es importante para el inicio de la postura por parte de la hembra y por tanto es recomendable mantener una población de machos junto con las hembras.

Los adultos de *A. domesticus* pueden convivir en altas densidades y se pueden criar en espacios reducidos (Clifford et al., 1977). Es recomendable regular la proporción de sexos y mantenerla en una hembra por cada macho (proporción 1:1), esto con la finalidad de garantizar la fertilización de las hembras por una variedad de machos en el encierro disminuyendo agresividad y mortalidad ya que una alta proporción de machos puede derivar en comportamientos agresivos mortales; por tanto, una mayor pérdida de especímenes en edad reproductiva, canibalismo y contaminación microbiana de los cuerpos muertos.

4. PRODUCCIÓN PRIMARIA

DEL INSECTO

4.1. ESTABLECIMIENTO DE UNA GRANJA DE *ACHETA DOMESTICUS*

4.1.1. INFRAESTRUCTURA REQUERIDA

Acheta domesticus se cría en condiciones de penumbra y debe estar protegido de la luz solar, el viento y la lluvia. La condición mínima para su cría es cualquier espacio o edificio que ofrezca protección contra estos elementos y que esté bien ventilado y limpio, como un cuarto, bodega, casa o galpón.

4.1.2. JAULAS

El encierro principal para una unidad de producción debe ser de material no orgánico con paredes lisas, como vidrio o plástico, o un encierro construido con material fácil de higienizar, como cerámica. Es preferible que las superficies sean lisas para dificultar que los insectos trepen fuera del encierro. La altura recomendada de las paredes es de 40-50 cm, debido al hábito saltador de los adultos.

Es recomendable que los recipientes o encierros tengan una tapa ajustada con los bordes, pero ventilada para permitir el intercambio de gases y evacuar cualquier exceso de humedad. Aproximadamente el 80-90% de la superficie de la tapa debe estar cubierta con tela tipo mosquitero o malla con un tamaño de hueco de 4 mm. La tapa también evitará la posible salida de insectos y la entrada de organismos ajenos al cultivo. En la figura 3 se ilustra la composición básica de una unidad productiva.



Figura 3. Ejemplo de instalación de unidad para desarrollo de *Acheta domesticus*.

Derecha, principales elementos que la conforman. Arriba derecha, ejemplo de distribución de los elementos dentro del encierro. Abajo derecha, encierro con instalación completa. (Fotos tomadas por Sergio Jansen González).

4.1.3. ALIMENTACIÓN

Los recipientes para alimentación y agua pueden estar hechos de cualquier material no orgánico, como metal, plástico o cerámica. El comedero debe ser tipo plato con una profundidad no mayor a 2 cm, lo que permite a los insectos subirse y alimentarse directamente, evitando la compactación del alimento (Figura 3).

Los bebederos se pueden elaborar a partir de frascos con tapa, a los cuales se les ha hecho un orificio en la tapa por donde se introduce un pedazo de cuerda de algodón. Esta cuerda debe tocar el fondo del frasco, pasar por el orificio de la tapa y sobresalir unos 2 cm (Figuras 3 y 4). El recipiente se llena con agua limpia, y la cuerda absorbe el agua, llevándola fuera del frasco por tensión superficial. Los grillos pueden beber sorbiendo de la cuerda humedecida.

Debido al pequeño tamaño de las ninfas, existe un riesgo considerable de ahogamiento en bebederos abiertos. Por esta razón, es crucial asegurar que el agua se suministre de manera segura para garantizar la supervivencia de la población.

En cuanto a la dieta de *Acheta domesticus*, estos grillos suelen consumir una amplia variedad de alimentos que incluyen desde subproductos como vegetales deshidratados en polvo (Aguilar-Acosta et al., 2024) hasta piensos elaborados a partir de diferentes cereales disponibles para uso alimentario (Veldkamp et al., 2021) Es común que las granjas preparen sus propias mezclas de dietas y cultiven los subproductos utilizados para garantizar que estén libres de agentes químicos, como plaguicidas o insecticidas, que podrían causar la mortalidad de los insectos. Generalmente, se busca que la dieta de los grillos contenga entre 20-30% de proteína, 2-47% de carbohidratos y 3.2-5.2% de lípidos, lo cual asegura un desarrollo óptimo de la especie (Pilco-Romero et al., 2023).

4.1.4. NIDOS, ESCONDITES Y PONEDEROS

Es recomendable que dentro de los encierros haya elementos que hagan el ambiente del recipiente principal más complejo espacialmente y permitan a los insectos moverse, esconderse y descansar, en lugar de encontrarse en un espacio plano. Uno de los elementos más comúnmente utilizados son los cartones de huevo (Figuras 3 y 4), que pueden apilarse y colocarse de manera vertical u horizontal. También se pueden utilizar cilindros de cartón provenientes de rollos de papel o toallas desechables. Estos elementos deben tener una textura rugosa para permitir la adherencia del insecto, facilitando que pueda escalar y caminar sobre ellos. Dado que están hechos de cartón, un material orgánico, es necesario esterilizarlos antes de colocarlos con los grillos y descartarlos después de un tiempo de uso.

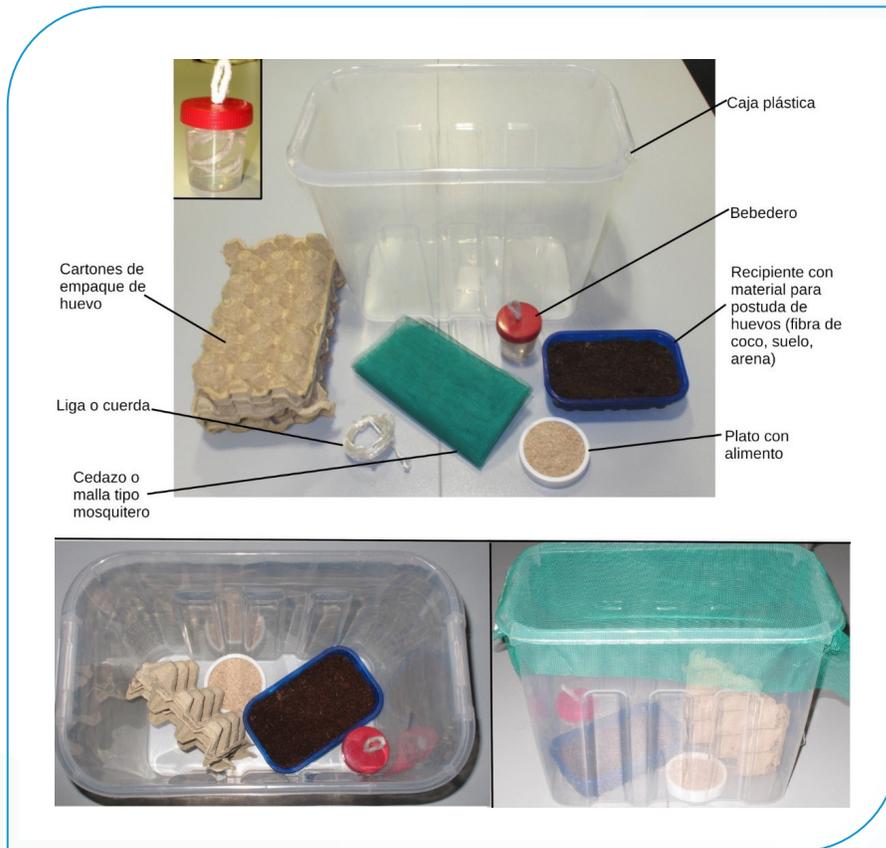


Figura 4. Ejemplo de instalación de unidad de postura para *Acheta domestica*.

Arriba, principales elementos que la conforman. Arriba esquina izquierda, detalle de bebedero de cuerda. Abajo izquierda, ejemplo de distribución de los elementos dentro del encierro. Abajo derecha, encierro con instalación completa. (Fotos tomadas por Sergio Jansen González).

Las trampas de huevos pueden consistir en recipientes de material no orgánico, preferiblemente plástico, de un tamaño fácil de manipular con una mano y con una profundidad de 3 a 4 cm (Figura 4). Estos recipientes se llenarán con material que las hembras identifiquen como idóneo para colocar sus huevos, como arena fina de río, fibra de coco, tierra esterilizada o una mezcla de estos. Se debe rellenar el recipiente dejando 0,5 a 1 cm de espacio entre la capa de relleno y el borde superior. Si el material es muy fibroso, se recomienda compactarlo con la mano para que se sienta sólido al tacto y permita que las hembras puedan cavar con sus patas, algo habitual en el momento de colocar los huevos.

Una vez colocado y compactado el material, si es necesario, se debe humedecer homogéneamente con agua fresca utilizando una botella aspersora o una regadera de chorro fino. El material debe humedecerse en toda su profundidad, evitando que se encharque o que el agua se acumule como una capa en el fondo del recipiente. Una vez elaborada la trampa de huevos, se coloca en el recipiente donde están los adultos reproductores, sobre el piso del recipiente principal, y se le agregan elementos de acceso tipo rampa para que las hembras puedan trepar y llegar a la capa de material.

4.2. PRINCIPALES VARIABLES A CONTROLAR DURANTE LA CRÍA

4.2.1. TEMPERATURA Y HUMEDAD

Muchos insectos como los grillos no pueden regular su temperatura corporal respecto a la temperatura ambiente, por lo que dependen mucho de la temperatura ambiental en la que viven. La temperatura ambiental es por tanto importante para el desarrollo y crecimiento del insecto, con una relación opuesta entre el tiempo de desarrollo y la temperatura ambiental: a mayor temperatura, el tiempo de crecimiento tiende a ser menor.

En el caso del grillo *Acheta domesticus* se considera que el rango de temperatura óptimo de cría es entre 25 °C y 35 °C (Clifford et al. 1977; Roe et al. 1985) y consigue vivir a temperaturas 5°C mayores o menores a ese rango de forma sub-óptima ya sea porque compromete el crecimiento óptimo o incrementa la mortalidad. Podemos decir entonces que es viable criar *Acheta domesticus* en muchas zonas de Costa Rica sin necesidad de recurrir a un sistema de calefacción o regulación de temperatura que es un factor importante que aumenta el costo de producción en las regiones templadas del planeta.

4.2.2. PATÓGENOS Y ENFERMEDADES

En grillos *A. domesticus* hay reportes de varios virus y microorganismos patógenos (Maciel-Vergara y Ros 2017; Veldkamp et al. 2022), lo que representa un riesgo alto porque en los encierros los individuos conviven en grandes densidades y cualquier enfermedad puede esparcirse a todo el cultivo en pocos días. Los síntomas varían, pero generalmente comienzan afectando el movimiento de los animales: no caminan bien, patalean boca arriba, se ponen en posición boca arriba y no consiguen ponerse de pie o mueren inexplicablemente en los rincones de los encierros, distensión del abdomen, etc. Dentro de los patógenos reportados para *A. domesticus* están virus como el densovirus de *Acheta domesticus* (siglas en inglés AdDV), el virus de la parálisis de grillo (siglas en inglés CrPV) y bacterias de los géneros *Rickettsia*, *Serratia* y *Pseudomonas* (Veltkamp et al. 2022).

MEDIDAS CONTRA PATÓGENOS

La principal medida es mantener una higiene continua tanto personal como de los encierros y todos los elementos asociados (bebederos, trampas de huevo, recipientes, sustrato, cartones, etc) ya sea lavándolos semanalmente con agua y jabón o aplicando etanol líquido al 70% con secado de paño o papel, o descartando elementos orgánicos como restos de comida, heces (frass) y cartones viejos. Una segunda medida es implementar cuarentenas de individuos externos al cultivo, muchas veces utilizados para incorporar nueva genética. Es siempre mejor mantener individuos ajenos al cultivo en un área separada por un periodo de una semana para observarlos y determinar que estén sanos, sin ninguna señal sospechosa de síntomas.

4.2.3. DEPREDADORES

Pequeños organismos pueden presentar un riesgo significativo de depredación de grillos en los encierros o locales donde se encuentren. Uno de estos organismos es el geko de casa (*Hemidactylus frenatus*), una especie exótica que habita edificaciones y puede representar pérdida pequeña pero constante de grillos. Otros depredadores de importancia son las arañas y hormigas. Las arañas pueden entrar en los encierros y si se deja descuidado pueden tejer telas donde caen desde pequeñas ninfas hasta adultos. Las hormigas representan un riesgo mayor para estadios de desarrollo más tempranos como ninfas de pocos días de nacidas ya que son frágiles y fáciles de cazar. Una colonia de hormigas puede desaparecer cientos de ninfas en unas pocas horas.

MEDIDAS CONTRA DEPREDADORES

Contra los gekos es ideal mantener los encierros donde están los grillos cerrados o individualizados con una malla robusta, bien adherida en las tapas para la ventilación y por donde los gekos no pasen al interior. Contra las hormigas se recomienda controlar cualquier colonia presente en la edificación donde se tengan los grillos o colocando vaselina en lugares de contacto entre las rutas de las hormigas y donde se encuentren los encierros. Cabe recordar que las hormigas también son insectos y que la aplicación de cualquier químico insecticida puede llegar a afectar negativamente a los grillos del cultivo.

Se recomienda usar etanol al 70% en líquido para eliminar colonias o el uso de cebos comerciales específicos para hormigas en lugares no accesibles a los grillos. Otra medida eficaz contra hormigas es colocar grasa o vaselina en las patas de contacto de los estantes o muebles donde se encuentren los recipientes que contienen los grillos. Sobre las arañas la medida que se puede tomar es un monitoreo constante y remoción manual de estas de los encierros.

4.2.4. CONTAMINANTES QUÍMICOS

4.2.4.1. PESTICIDAS

Otro tipo de contaminación es la química, que puede provenir de fuentes externas o internas. Un tipo de contaminación de relevancia es la de insecticidas, muy utilizados en ámbitos cotidianos domésticos o agrícolas. Es recomendable restringir lo máximo posible el uso de estas sustancias tanto en la edificación donde se albergue el cultivo como en su entorno. Cualquier insecticida o trazas de insecticidas en el ambiente o en la ropa de los colaboradores puede suponer la muerte de varios grillos en el cultivo. Otra fuente sospechada de insecticidas es el alimento que se les administra a los grillos. Varios criadores han manifestado ver que, al haberles ofrecido alimentos como lechuga, alimento para pollos de engorde (hecho a base de soya y maíz) en pocos días u horas hay una mortandad total o elevada de individuos. La sospecha principal de estos eventos es que el alimento viene contaminado con pesticidas que terminan envenenando a los grillos.

La única medida posible contra esto es conocer dentro de lo mejor posible la procedencia de cualquier alimento y si este ha sido tratado durante su fase de cultivo o almacenaje con pesticidas. También se pueden hacer pruebas preliminares de mortandad con alimento desconocido, colocando un lote de 10-20 grillos por aparte con el nuevo alimento y observándolos por unos 3-4 días para evaluar si hay una mortandad fuera de lo normal proveniente de la fuente alimenticia.

4.2.4.2. OTROS CONTAMINANTES

Algunos productos de limpieza pueden llegar a ser tóxicos para los grillos, pero no hay evaluaciones de cuáles sustancias llegarían a serlo. La aplicación de agua y jabón en la limpieza de elementos y superficies y el uso de etanol al 70% en procesos de higienización representan un riesgo bajo de contaminación e intoxicación si se manejan apropiadamente.

4.3 ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA

4.3.1. REPRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO

Las trampas de huevos se pueden dejar entre 5-7 días en el encierro de reproducción para luego ser retiradas para llevar a incubación. Para la incubación se deben colocar las trampas dentro de un recipiente tipo caja plástica con tapa ventilada ya sea con orificios o secciones de cedazo de maya de por lo menos 1mm. La incubación dura alrededor de 12-14 días a partir de los cuales emergen las primeras ninfas que miden entre 2-3mm. De acuerdo a un estudio reciente (Mahavidanage et al. 2023) se recomienda que la densidad de grillos en general, e independientemente del tamaño del recipiente o encierro a utilizar, no sobrepase 1 grillo por centímetro cuadrado; por lo tanto, debe hacerse un intento de mantener esa proporción de área y cambiar de tamaño de recipiente de ser necesario a medida que los grillos crecen.

Se recomienda dejar las trampas de huevos por lo menos dos semanas dentro del recipiente conteniendo las ninfas ya que las trampas al estar húmedas ayudan proporcionan humedad dentro del recipiente. Se recomienda mantener una humedad de alrededor del 70% en estos recipientes que contienen ninfas jóvenes cuidando que no haya condensación de humedad en las paredes y piso del recipiente porque la acumulación de agua lleva al ahogamiento y muerte de estos primeros pequeños estadios ninfales. Una vez las ninfas han crecido a un tamaño de largo de cuerpo aproximado de 5 mm se pueden remover las trampas de huevos y depender de la humedad ambiental cuidando de la hidratación al ofrecer agua fresca constante.

Las ninfas se continúan alimentando con dieta seca (salvado de trigo, avena molida, maíz molido) y verduras (lechuga, chayote), limpiando cada tres días y removiendo individuos muertos, restos de comida y frass. El tamaño de cosecha se alcanza cuando el individuo ninfa de último estadio o adulto tiene un largo aproximado de 2,5-3 cm.

4.3.2. COSECHA Y RECOLECCIÓN

Recolectar grillos vivos puede ser un desafío debido a su movilidad y salto. Para coleccionar individuos en cantidad dentro de los encierros se recomienda primero despejar este retirando bebederos y alimentadores, dejando sólo unos pocos cartones o escondedores disponibles. Luego exponga el encierro a una fuente de luz natural o artificial, esto hará que los grillos, que tienen fototropismo negativo, se escondan debajo de los cartones o escondedores. Acerque un recipiente plástico con paredes lisas de no menos de 30 cm de altura (caja, frasco de boca ancha) al encierro. Levante cada cartón donde se encuentren los grillos escondidos, llévelo sobre la boca del recipiente o dentro de este y sacuda enérgicamente para que los grillos caigan dentro. A partir de ese recipiente se puede entonces trasvasar a otros recipientes o a bolsas, según los objetivos de la colecta.

4.3.3. SACRIFICIO

El sacrificio generalmente se realiza de dos maneras: mediante congelación directa de los grillos vivos, o a través de un proceso térmico conocido como escaldado, en donde los grillos se sumergen en agua a 100°C por un minuto (Marzoli et al., 2023). Este último método tiene la ventaja de que ayuda a reducir la carga microbiológica que se encuentra naturalmente en los insectos. También se puede realizar una combinación de estos métodos de sacrificio, colocando grillos vivos en un refrigerador o congelador por un periodo corto de tiempo, de 5 a 10 minutos respectivamente, para restringir su movimiento y adormecerlos. Una vez adormecidos, pueden llevarse al proceso de escaldado, haciendo que esta etapa sea más fácil.

4.3.4. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Una vez sacrificados, los grillos *Acheta domesticus* deben almacenarse a temperaturas de refrigeración (0-4°C) si se van a consumir o procesar en los próximos días. Si se requiere un almacenamiento a largo plazo, deben conservarse a temperaturas de congelación (-18°C) para prevenir el crecimiento de microorganismos. Es crucial protegerlos de la luz directa para evitar la oxidación de las grasas y conservar la calidad del producto. Se recomienda utilizar bolsas plásticas selladas al vacío para disminuir la exposición al aire y evitar la contaminación del exterior.

En cuanto al transporte, los grillos deben trasladarse bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, de acuerdo con los parámetros establecidos durante su almacenamiento. Además, es importante manipular los empaques con cuidado durante el transporte para evitar daños físicos al producto.

4.4. GESTIÓN DE LA INOCUIDAD Y CALIDAD DURANTE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA

La gestión de la inocuidad y calidad durante la producción de *Acheta domesticus* es fundamental para garantizar que el producto final sea seguro para el consumo humano. Para ello, es crucial prestar atención a la selección y manejo del sustrato utilizado, asegurando que sea de alta calidad y esté libre de contaminantes químicos y microbiológicos. Además, el sustrato debe almacenarse en condiciones óptimas para evitar el crecimiento de mohos y la proliferación de bacterias.

Es necesario controlar las condiciones ambientales en las que se crían los insectos, manteniendo la temperatura y humedad dentro de los rangos recomendados anteriormente. También es indispensable implementar un adecuado control de plagas y enfermedades.

Las prácticas higiénicas son fundamentales para evitar la transmisión de patógenos, ya que los seres humanos pueden actuar como vectores al manipular insectos enfermos o residuos del cultivo, y luego entrar en contacto con los encierros o materiales en uso. Por esta razón, se recomienda que el personal que maneja el cultivo siga estrictas medidas de higiene. Es fundamental que, antes de ingresar a las instalaciones, el personal se lave las manos con agua y jabón, y que una vez dentro, desinfecte regularmente sus manos con alcohol al 70%. Si se han manipulado insectos muertos durante las tareas de limpieza, es obligatorio lavar nuevamente las manos con agua y jabón antes de realizar cualquier otra actividad relacionada con los insectos.

Para asegurar la calidad del proceso, es recomendable llevar un registro detallado de todas las actividades realizadas en la granja, así como controlar todas las entradas y salidas en el proceso. Estos registros proporcionan información valiosa para la mejora continua y la optimización de los procedimientos.

4.4.1. AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

La cría de insectos, incluido *A. domesticus*, es una actividad que requiere una gran cantidad de mano de obra, ya que para producir un kilogramo de grillos vivos es necesario manejar cientos de adultos. Además, las tareas de mantenimiento y limpieza implican una manipulación manual considerable. En granjas a gran escala, se podría considerar la automatización utilizando recipientes en estantes estandarizados, sensores de temperatura y humedad, así como robótica e inteligencia artificial para monitorear los estadios de producción y definir tareas diarias.

Actualmente, no existe un sistema estandarizado de acceso público para la automatización a gran escala en la cría de insectos. Sin embargo, algunas empresas internacionales ofrecen soluciones especializadas en este campo. Por ejemplo, Bühler Insect Technology Solutions se dedica al diseño y construcción de plantas de procesamiento de insectos (Bühler GROUP, s.f.). Asimismo, FlyFarm Systems Ltd proporciona sistemas comerciales de cría de insectos basados en tecnologías robóticas que monitorean datos en tiempo real y de manera remota (FlyFarm Systems Ltd, 2024). Por otro lado, Sealing System ofrece soluciones logísticas avanzadas para la producción de insectos, integrando tecnologías innovadoras y automatizadas para la producción eficiente de proteínas de insectos (Sealing System, s.f.).

En el caso de Costa Rica, aún no existe una empresa que lleve a cabo estos procesos. Por lo tanto, una opción viable es fomentar la financiación pública y privada para desarrollar equipos de investigación interdisciplinaria que incluyan biólogos, zootecnólogos, diseñadores industriales, ingenieros industriales, ingenieros robóticos y mecánicos, entre otros. Esta colaboración permitiría definir los parámetros y procesos adecuados para desarrollar estas tecnologías de automatización a nivel nacional.

4.5. RECOMENDACIONES ADICIONALES

A continuación, en el Cuadro I se presentan algunas recomendaciones adicionales a considerar para la cría y producción primaria de *Acheta domesticus*.

Cuadro I. Recomendaciones adicionales para la cría y producción de *Acheta domesticus*.

ACTIVIDAD	RECOMENDACIÓN
1. DESINFECCIÓN DE CAJAS O ENCIERROS	Lavar periódicamente con agua y jabón, frotando con esponja o cepillo para remover acumulación de alimento viejo, hongos y biopelículas de bacterias.
2. DESINFECCIÓN DE UTENSILIOS Y SUPERFICIES	Lavar con agua y jabón o aplicar etanol líquido al 70% con una botella atomizadora y secar con paño o al aire antes de usar cerca de los insectos, ya que el etanol es tóxico para estos.
3. ESTERILIZACIÓN DE CARTONES DE HUEVO REUTILIZADOS	Rociar homogéneamente con etanol (alcohol etílico) al 70% usando una botella atomizadora, asegurándose de humedecer la superficie sin que el cartón llegue a gotear de exceso de alcohol. Dejar secar los cartones antes de ponerlos en el encierro con los insectos.

PARA EL MANEJO DE RESIDUOS ORGÁNICOS:

1. INSECTOS MUERTOS	Manejar por separado, ya que pueden provenir de senescencia o enfermedad. Enterrar a unos 10 cm de la superficie en un lugar alejado del local de cría para que el proceso de descomposición en el suelo se encargue de diluir posibles patógenos.
2. REMANENTES DE ALIMENTO NO CONSUMIDO Y CARTONES VIEJOS	Eliminar manualmente de los encierros y destinarlos a un proceso de compostaje en un local externo al cultivo. El compost obtenido puede usarse en jardinería o fertilizando cultivos.
3. ESTERILIZACIÓN DE CARTONES DE HUEVO REUTILIZADOS	Colectar realizando barridos cada tres días del piso de los encierros y juntar en sacos o recipientes localizados fuera de la zona de cultivo. Comercializar como abono orgánico con propiedades regenerativas del suelo y activador de las defensas de las plantas.

5. PROCESAMIENTO DEL INSECTO *ACHETA DOMESTICUS*

5.1. INFRAESTRUCTURA REQUERIDA

Antes de iniciar el procesamiento de *Acheta domesticus*, es importante analizar los requisitos previos que se deben cumplir para asegurar la producción de alimentos seguros y de alta calidad, entre ellas es fundamental seguir las disposiciones generales de prácticas de manufactura conforme al Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.33:06 sobre la industria de alimentos y bebidas procesados, específicamente las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) - Principios Generales. Esta normativa es aplicable a todas las empresas de alimentos que operan y distribuyen productos en países centroamericanos como Costa Rica.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con las condiciones generales que las empresas deben cumplir para elaborar productos a base de insectos como los grillos *A. domesticus*.

Cuadro II. Requisitos de infraestructura, equipos y utensilios para empresas procesadoras de alimentos.

CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA	REQUISITOS
ALREDEDORES	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar desechos sólidos y desperdicios. • Evitar atracción de insectos y roedores. • Mantener limpios los patios y estacionamiento. • Dar mantenimiento a los drenajes.
UBICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicarse en zonas libres de contaminación física, química o biológica. • Fácil acceso.
DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar mantenimiento, limpieza y operación para proteger el producto terminado y evitar contaminación cruzada. • Paredes que impidan entrada de animales, insectos, roedores y otros contaminantes. • Almacenamiento separado para materia prima, producto terminado, productos de limpieza y sustancias peligrosas. • Suficiente espacio para operaciones, flujos separados, equipos y limpieza.
PISOS	<ul style="list-style-type: none"> • Material impermeable, lavable, antideslizante y no tóxico. • Superficies sin grietas ni irregularidades, con uniones redondeadas. • Drenajes con pendiente para evitar charcos.
PAREDES	<ul style="list-style-type: none"> • Paredes exteriores de concreto, ladrillo, bloque de concreto o estructuras prefabricadas. • Paredes interiores impermeables, lisas, fáciles de lavar, de color claro y sin grietas. • Uniones con curvatura sanitaria entre paredes y pisos.

<p>TECHOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño para minimizar acumulación de suciedad, condensación, mohos y desprendimiento de partículas.
<p>VENTANAS Y PUERTAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ventanas fáciles de limpiar, construidas para evitar entrada de agua y plagas. • Puertas lisas, no absorbentes, fáciles de limpiar, que abran hacia afuera y estén en buen estado. • Puertas exteriores con protección contra ingreso de plagas.
<p>ILUMINACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminación natural o artificial adecuada para operaciones unitarias. • Lámparas protegidas contra roturas en áreas de manipulación de alimentos.
<p>VENTILACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilación adecuada para evitar calor excesivo, condensación y permitir circulación de aire suficiente.
<p>ABASTECIMIENTO DE AGUA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de agua potable suficiente y conforme a normativa específica.
<p>TUBERÍAS Y DRENAJES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías elevadas instaladas sin cruzar líneas de procesamiento para evitar contaminación. • Evitar conexión cruzada entre sistema de desechos líquidos y agua potable para alimentos. • Diseño, construcción y mantenimiento adecuados para prevenir contaminación de alimentos y agua potable, con rejillas que impidan acceso de roedores.
<p>INSTALACIONES SANITARIAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Puertas que no abran directamente hacia área de producción. • Servicios sanitarios limpios, separados por sexo, con ventilación exterior, equipados con papel higiénico, jabón, dispositivos para secado de manos y basureros, separados de sección de proceso

DESECHOS SÓLIDOS

- Programa escrito para manejo adecuado de desechos sólidos.
- No permitir acumulación en áreas de manipulación, almacenamiento o trabajo.
- Recipientes lavables con tapadera para evitar atracción de insectos y roedores.
- Depósito alejado de áreas de procesamiento, bajo techo y con piso lavable.

LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

- Programa escrito que incluya distribución por áreas, responsables, métodos, frecuencia, vigilancia y manejo de desechos.
- Realización de limpieza y desinfección según programa establecido, con instalaciones adecuadas para utensilios y equipos.

CONTROL DE PLAGAS

- Programa detallado que incluya identificación de plagas, mapeo de estaciones, métodos y procedimientos, y hojas de seguridad de productos cuando sea necesario.
- Productos químicos utilizados deben estar registrados por la autoridad competente.
- Instalación de barreras físicas para impedir el ingreso de plagas al establecimiento.

EQUIPOS Y UTENSILIOS

- Diseñados para evitar la contaminación del alimento y facilitar su limpieza.
- Permitir desmontaje rápido y fácil acceso para inspección, mantenimiento y limpieza.
- Hechos de materiales no absorbentes, no corrosivos y resistentes a la limpieza y desinfección repetidas.

5.2. PERMISOS REGULATORIOS

En Costa Rica, aún no se ha establecido una regulación específica para la comercialización de alimentos elaborados a partir de insectos. Sin embargo, según un comunicado de prensa de la Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica, se ha autorizado la producción y venta industrial de productos elaborados a partir de *Acheta domesticus* (PROCOMER, 2021). Este grillo ha sido incluida en la lista de especies exóticas ornamentales de Costa Rica, según el N° SENASA-DG-R044-2021. Esto implica su exclusión de la Ley de Conservación de Vida Silvestre N° 7317 y su Reglamento N° 40548-MINAE, y su regulación por parte del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) (SENASA, 2021).

Además de la cría de insectos, otras etapas de la producción también deben cumplir con diversos reglamentos supervisados por distintas instituciones. A continuación, se presenta un cuadro resumen de las leyes y reglamentos relevantes para las empresas que buscan realizar estas actividades para consumo humano en Costa Rica:

Cuadro III. Principales leyes y reglamentos que aplican al uso de insectos comestibles en alimentos procesados.

ETAPA	PERMISO	LEY O REGLAMENTO	INSTITUCIÓN QUE REGULA
CRÍA	Certificado veterinario de operación (CVO)	Ley General del Servicio de Salud Animal N° 8495 N° SENASA-DG-R044-2021	SENASA
PROCESAMIENTO	Certificado veterinario de operación (CVO)	Ley General del Servicio de Salud Animal N° 8495 N° SENASA-DG-R044-2021 CVO: código 21201 "Procesamiento y conservación de empaque de productos a base de insectos"	SENASA, MAG
PRODUCTO TERMINADO	Registro sanitario (RS)	RTCA 67.01.31:07 Alimentos procesados. Procedimiento para otorgar el registro sanitario y la inscripción sanitaria. Reglamento Técnico Centroamericano de Etiquetado General, RTCA 67.01.02:10. N° 37280 -COMEX-MEIC	ÁREA DE REGISTROS, MINISTERIO DE SALUD

Las empresas que crían y procesan insectos como *A. domesticus* deben obtener un Certificado Veterinario de Operación (CVO) emitido por el Sistema Nacional de Salud Animal (SENASA). Este certificado se obtiene conforme al Reglamento General para el Otorgamiento del Certificado Veterinario de Operación N° 34859-MAG (PGR, 2008), el cual establece requisitos sanitarios, de ubicación, condiciones físicas y ambientales que deben cumplir los establecimientos, basados en el RTCA 67.01.33:06 de Buenas Prácticas de Manufactura. Este reglamento es fundamental para aquellas empresas que elaboren, importen, almacenen, fraccionen, transporten, vendan, industrialicen, empaquen, refrigeren, procesen o expendan productos y subproductos de origen animal destinados al consumo humano o animal, así como para los establecimientos dedicados al sacrificio de animales.

En el Reglamento mencionado de otorgamiento de CVO para la producción de productos a base de insectos, existe una sección específica denominada “E211 - Establecimientos de proceso de productos a base de insectos y otros invertebrados para consumo”. A continuación, se detalla la información relevante de este apartado:

- **Código y nombre de subclase de dicha actividad:** 021107 Procesamiento de productos a base de insectos y otros invertebrados para consumo.
- **Clasificación según tamaño de la empresa:**
 - **Pequeña:** Menos de 5 kg por semana.
 - **Mediana:** De 5 a 15 kg por semana.
 - **Grande:** Más de 15 kg por semana.
- **Requisitos para solicitar el CVO:**
 - Solicitud y Declaración Jurada.
 - Permiso de uso de suelo.
 - Título de propiedad o documento idóneo.
 - Factura de pago de tarifa.
 - Documento de identidad o Personería Jurídica.
 - Sistema de manejo de desechos y tratamiento de aguas residuales.
 - Viabilidad ambiental.

5.2.1. EXPORTACIÓN

Como punto adicional a esta sección, es importante considerar que, en caso de exportar, se debe revisar la regulación del país de destino. Por ejemplo, en la Unión Europea, la entidad encargada de regular es la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), que establece que los grillos deshidratados, desecados y en polvo están autorizados para su comercialización desde el 3 de marzo de 2022 hasta el 3 de marzo de 2027. El uso de polvo parcialmente desgrasado está permitido desde el 24 de enero de 2023 hasta el 24 de enero de 2028 (AESAN, 2024; Siddiqui et al., 2024).

Y en Estados Unidos, la gestión de los alimentos a base de insectos está bajo la dirección de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), que los considera seguros para consumo humano según la Ley de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos (Código de los Estados Unidos, Título 21) (Lähteenmäki-Uutela et al., 2018; FAO, 2004).

5.3. PROCESOS DE MANUFACTURA

Una vez que se ha verificado la disponibilidad de la infraestructura requerida y se han obtenido los permisos regulatorios necesarios, el productor puede iniciar el procesamiento de los grillos *Acheta domesticus*.

5.3.1. RECIBO DE MATERIA PRIMA

Al recibir la materia prima, el productor debe asegurarse de que esta cumpla con las condiciones y requisitos de calidad e inocuidad necesarios, los cuales se detallan en el **Cuadro IV**.

Cuadro IV. Requisitos para la recepción de los grillos *A. domesticus*.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
LIMPIEZA	Deben estar limpios y libres de cualquier material extraño, como tierra o excremento, que pueda alterar el proceso.
PLAGAS Y PARÁSITOS	Deben estar exentos de plagas y parásitos.
ESTADO FÍSICO	Los grillos deben estar enteros, sin signos de daño o descomposición.
COLOR Y OLOR	Deben presentar el color y olor característicos de un grillo sano.
CONTAMINANTES QUÍMICOS	Deben estar libres de contaminantes químicos como pesticidas y metales pesados.
PELIGROS BIOLÓGICOS Y FÍSICOS	Deben de estar libres de microorganismos patógenos y material extraño.
TRANSPORTE HIGIÉNICO	Deben ser transportados en condiciones higiénicas y controladas.
DOCUMENTACIÓN	Al recibirlos, se debe verificar que cuenten con la documentación adecuada, que incluya información de origen, certificación de calidad del producto y registros de transporte.

5.3.2. ELABORACIÓN DE GRILLOS DESHIDRATADOS

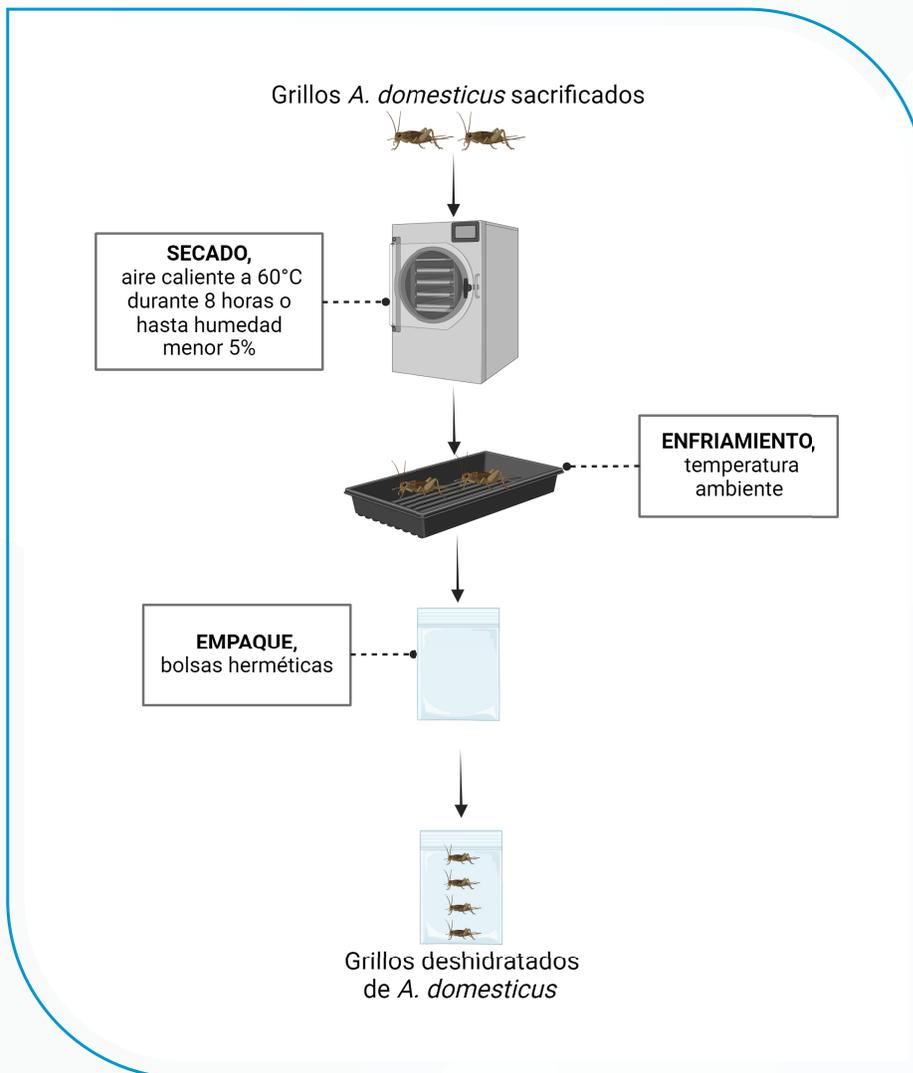


Figura 5. Diagrama de proceso para la elaboración de grillos deshidratados.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se puede observar la descripción de cada una de las etapas involucradas en el proceso de elaboración de este producto.

Cuadro V. Descripción de etapas del proceso de elaboración de grillos deshidratados.

ETAPAS	DESCRIPCIÓN
CONDICIONES PREVIAS	Realizar escaldado de grillos (a 100°C por 1 minuto) si no hubo tratamiento térmico durante el sacrificio (Turck et al., 2022).
SECADO	<p>Descongelar los grillos si ya fueron tratados térmicamente y vienen congelados.</p> <p>Las condiciones de referencia comúnmente empleadas son 60°C durante 8 horas; sin embargo, también se utilizan otras configuraciones, como 80°C durante 7 horas, 150°C durante 6 horas, o entre 85°C y 95°C durante 8 minutos (Ribeiro et al., 2024; Medina-Milian & Rivas-Flores, 2020; Portillo, 2017) o hasta alcanzar un 5% de humedad. La elección de las condiciones de tiempo y temperatura depende del equipo disponible, por lo que se recomienda realizar pruebas para determinar las condiciones de secado más adecuadas, garantizando un producto final que conserve su aspecto y textura (Solano et al., 2021).</p>
ENFRIAMIENTO	Los grillos se dejan enfriar a temperatura ambiente después del secado.
EMPAQUE	Los grillos deshidratados se empacan en bolsas herméticas para proteger el producto contra humedad y oxígeno.



Figura 6. Grillos deshidratados (Foto tomada por Milieth Arias-Leitón).

El valor nutricional de los grillos deshidratados puede variar significativamente según su estado de desarrollo, hábitat y la dieta recibida durante su crecimiento (Bermúdez-Serrano et al., 2023). Teóricamente, se estima que los grillos *Acheta domesticus* deshidratados presentan un contenido de proteína que oscila entre 60,0 y 70,7 g/100 g, un contenido de grasas entre 5,9 y 32,0 g/100 g, un contenido de ceniza de 3,6 a 5,1 g/100 g, fibra dietética entre 3,9 y 4,7 g/100 g, y menos de 0,5 g/100 g de carbohidratos en base seca (Tukco et al., 2021; Da Silva Lucas et al., 2019).

5.3.3. ELABORACIÓN DE POLVO DE GRILLO

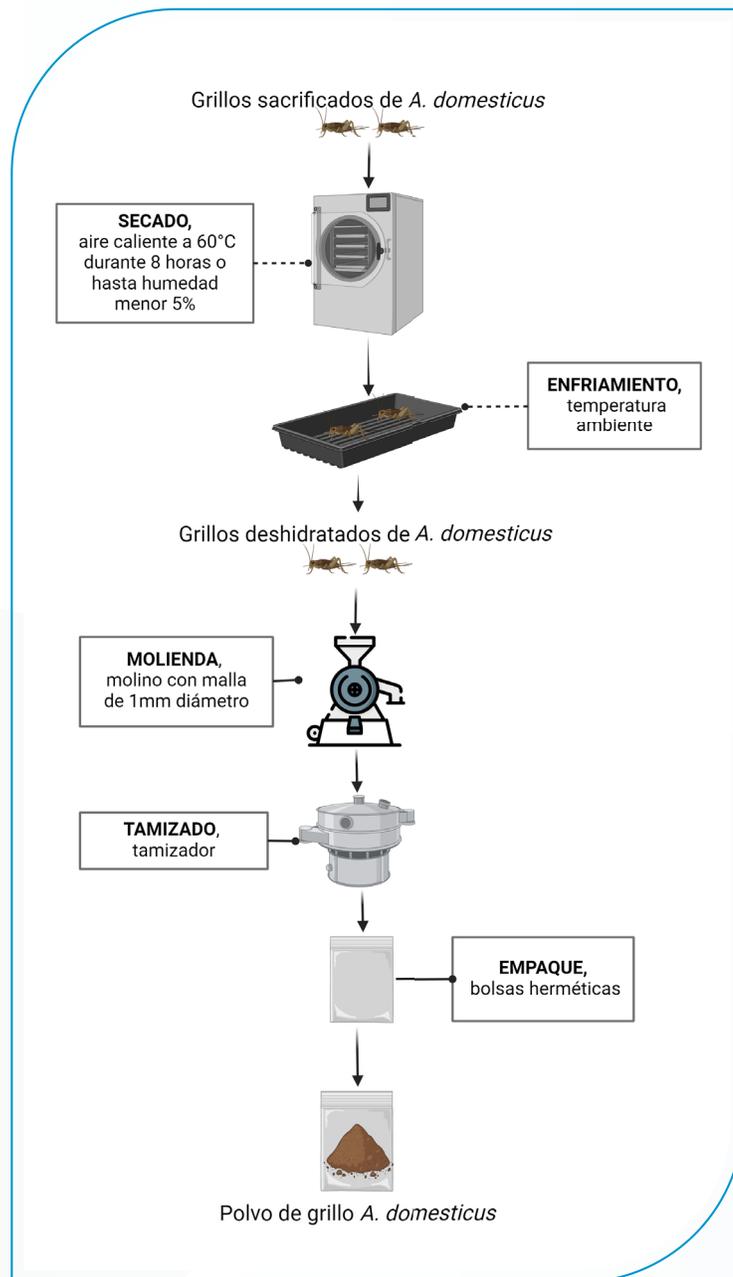


Figura 7. Diagrama de proceso para la elaboración de polvo de grillo.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se puede observar la descripción de cada una de las etapas involucradas en el proceso de elaboración de este producto.

Cuadro VI. Descripción de etapas del proceso de elaboración de polvo de grillo.

ETAPAS	DESCRIPCIÓN
CONDICIONES PREVIAS	Realizar escaldado de grillos (a 100°C por 1 minuto) si no hubo tratamiento térmico durante el sacrificio (Turck et al., 2022).
SECADO	<p>Descongelar los grillos si ya fueron tratados térmicamente y vienen congelados.</p> <p>Las condiciones de referencia comúnmente empleadas son 60°C durante 8 horas; sin embargo, también se utilizan otras configuraciones, como 80°C durante 7 horas, 150°C durante 6 horas, o entre 85°C y 95°C durante 8 minutos (Ribeiro et al., 2024; Medina-Milian & Rivas-Flores, 2020; Portillo, 2017) o hasta alcanzar un 5% de humedad. La elección de las condiciones de tiempo y temperatura depende del equipo disponible, por lo que se recomienda realizar pruebas para determinar las condiciones de secado más adecuadas, garantizando un producto final que conserve su aspecto y textura (Solano et al., 2021).</p>
ENFRIAMIENTO	Los grillos se dejan enfriar a temperatura ambiente después del secado.
MOLIENDA	Los grillos deshidratados se muelen en un molino hasta obtener el polvo deseado.
TAMIZADO	Realizar un tamizado para eliminar partículas no deseadas y evitar la formación de grumos antes del empaque.
EMPAQUE	Empacar el polvo en un empaque adecuado que proteja contra la luz, humedad y oxígeno, asegurando la calidad del producto final.



Figura 8. Polvo de grillo. **Fuente:** Merlo, M. (2020).

Al igual que en los grillos deshidratados, el valor nutricional del polvo de grillo *Acheta domesticus* puede variar considerablemente según el estado de desarrollo del insecto, su hábitat y la dieta suministrada durante su crecimiento (Bermúdez-Serrano et al., 2023). Además, el contenido nutricional puede verse afectado si el polvo está parcialmente desgrasado. Teóricamente, el contenido de proteína varía entre 60,0 y 78,0 g/100 g, mientras que la grasa total oscila alrededor de 31,0 g/100 g, de las cuales 13,0 g/100 g corresponden a grasas saturadas. El contenido de fibra dietética varía entre 4,2 y 10,0 g/100 g, el contenido de cenizas ronda el 4,7%, y los carbohidratos se sitúan entre 2,1 y 15,0 g/100 g en base seca (Cruz & Suclupe, 2024; Tukco et al., 2022).

5.3.4. ELABORACIÓN DE ACEITE DE GRILLO

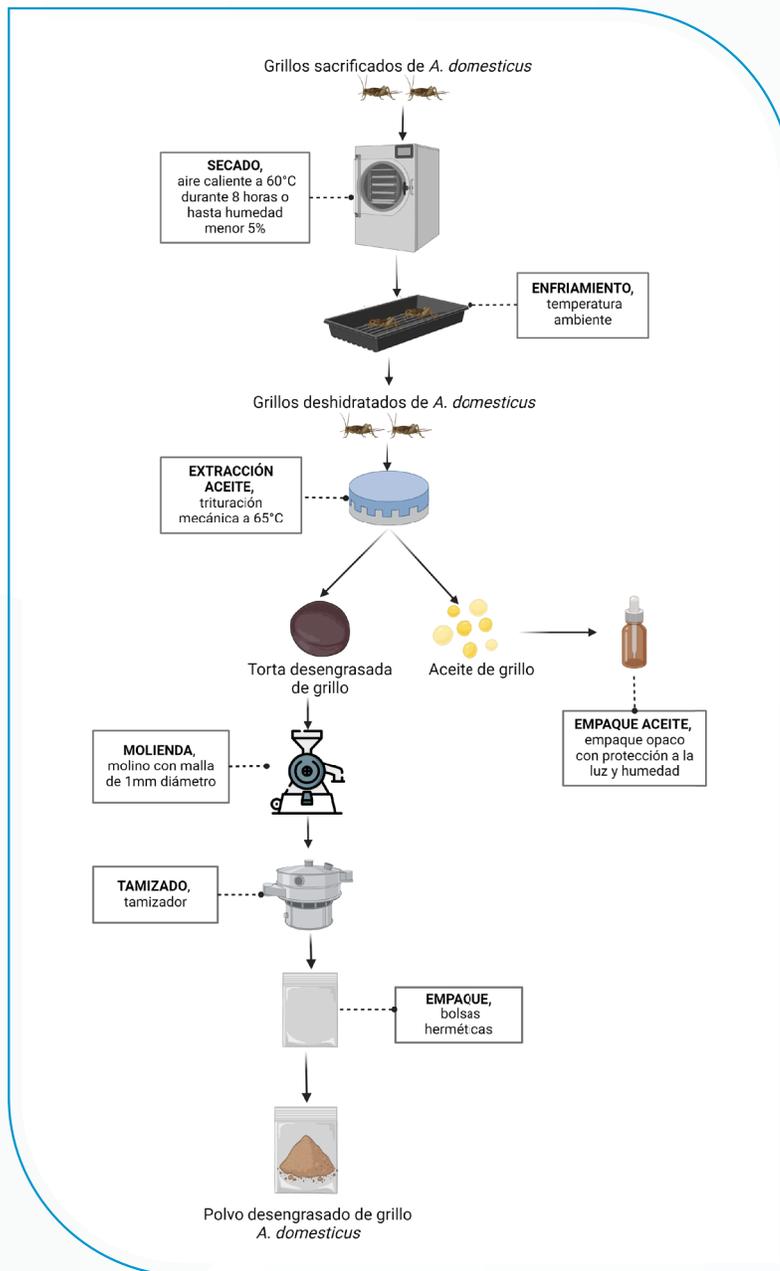


Figura 9. Diagrama de proceso para la elaboración de aceite de grillo y polvo de grillo desengrasado.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se puede observar la descripción de cada una de las etapas involucradas en el proceso de elaboración de este producto.

Cuadro VII. Descripción de etapas del proceso de elaboración de aceite de grillo y polvo desgrasado.

ETAPAS	DESCRIPCIÓN
CONDICIONES PREVIAS	Realizar escaldado de grillos (a 100°C por 1 minuto) si no hubo tratamiento térmico durante el sacrificio (Turck et al., 2022).
SECADO	Descongelar los grillos si ya fueron tratados térmicamente y vienen congelados. Los grillos se secan en un secador a 60°C durante 8 horas o hasta alcanzar un 5% de humedad (Portillo, 2017).
ENFRIAMIENTO	Los grillos se dejan enfriar a temperatura ambiente después del secado.
EXTRACCIÓN DEL ACEITE	Trituración mecánica a una temperatura de 65°C para desengrasar el producto (Turck et al., 2022). Separación del aceite del insecto y obtención de una torta seca desengrasada de grillos.
EMPAQUE DEL ACEITE	Empacar el aceite en un envase específico que proteja contra la luz, humedad y oxígeno.
MOLIENDA DE LA TORTA	Moler la torta desengrasada en un molino hasta obtener polvo fino (Portillo, 2017).
TAMIZADO DEL POLVO	Realizar un tamizado para eliminar partículas no deseadas y evitar la formación de grumos antes del empaque.
EMPAQUE DEL POLVO	Empacar el polvo en un empaque adecuado que proteja contra la luz, humedad y oxígeno, asegurando la calidad del producto final.



Figura 10. Aceite de grillo. **Fuente:** JR Unique Foods.

5.3.5. EMPAQUE Y ETIQUETADO

Actualmente, los grillos *A. domesticus* y sus productos se consideran seguros para el consumo humano. Sin embargo, es importante destacar que las personas alérgicas a crustáceos, moluscos o ácaros del polvo doméstico pueden experimentar reacciones alérgicas a los insectos presentes en los alimentos (ACSA, 2021). Por lo tanto, es necesario incluir una declaración sobre la posible alergenicidad de este ingrediente en la etiqueta del producto. Esta declaración debe indicar claramente que contiene *Acheta domesticus* como alérgeno en sus ingredientes.

Asimismo, respecto al etiquetado general, este debe cumplir con las normativas establecidas en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.07:10 “Etiquetado General de los Alimentos Previamente Envasados”. A continuación, se presenta un cuadro resumen con la información esencial que debe incluir:

Cuadro VIII. Requisitos de etiquetado obligatorio para alimentos preenvasados.

ASPECTO DEL ETIQUETADO	REQUISITOS
NOMBRE DEL ALIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Reflejar la verdadera naturaleza del alimento.
LISTA DE INGREDIENTES	<ul style="list-style-type: none"> • Obligatoria, excepto en alimentos de un único ingrediente. • Declarar siempre ingredientes que causan alergias (crustáceos, etc.) • Indicar posibles trazas de alérgenos si es probable su presencia.
CONTENIDO NETO	<ul style="list-style-type: none"> • Declaración en unidades del Sistema Internacional y otras unidades adicionales.
REGISTRO SANITARIO DEL PRODUCTO	<ul style="list-style-type: none"> • Número de registro emitido por la autoridad competente.
NOMBRE Y DIRECCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre y dirección del fabricante, envasador, distribuidor o exportador (nacional).
PAÍS DE ORIGEN	<ul style="list-style-type: none"> • Declarar el país de origen del alimento.
IDENTIFICACIÓN DEL LOTE	<ul style="list-style-type: none"> • Marcar con un número o código de lote e incluir la palabra "lote".
FECHA DE VENCIMIENTO*	<ul style="list-style-type: none"> • Fecha de vencimiento claramente marcada y visible, no alterable.
INSTRUCCIONES PARA EL USO	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir instrucciones necesarias para el empleo adecuado del alimento.

*En cuanto a la fecha de vencimiento que se debe de indicar en la etiqueta del producto, no existe información definitiva sobre un período específico, ya que este varía según la composición nutricional del producto final obtenido por cada productor y las condiciones del procesamiento. Por lo tanto, es responsabilidad de cada productor realizar un estudio de estabilidad para determinar el tiempo durante el cual el producto permanece apto para el consumo seguro.

Sin embargo, en términos generales, los grillos deshidratados pueden tener una vida útil de hasta un año (Insect Nutrition, s.f; CRICKEX, s.f). El polvo de grillo puede conservarse entre 12 y 24 meses si se mantiene en un ambiente seco y fresco (Insect Nutrition, 2024), mientras que el aceite de grillo tiene una duración aproximada de hasta 2 meses.

Al seleccionar el material de empaque para productos elaborados a partir de *A. domesticus*, el objetivo principal es proteger el producto del oxígeno y la humedad para evitar la oxidación de las grasas y preservar su calidad. Por ello, se recomiendan los siguientes materiales según el tipo de producto:

Para los grillos deshidratados:

1. Bolsas de polipropileno sellables en máquinas selladoras.
2. Cubos de polipropileno copolímero.
3. Tarros cilíndricos de polietileno de alta densidad con tapa roscada.
4. Bolsas doypack de papel Kraft, con o sin ventana, y cierre hermético.
5. Bolsas metalizadas con cierre hermético y zipper.

Para el polvo de grillo:

1. Bolsas de Polietileno Tereftalato/polietileno (PET/PE) de plástico laminado flexible.
2. Bolsas doypack de papel Kraft, con o sin ventana, y cierre hermético.
3. Bolsas metalizadas con cierre hermético y zipper.

Para el aceite de grillo, para protegerlo de la oxidación por la luz:

1. Botellas de vidrio ámbar.
2. Frascos de Polietileno Tereftalato (PET) ámbar.

La elección del material de empaque dependerá de la disponibilidad para el productor y de los requisitos específicos indicados por el cliente.

5.3.6. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Debido a la baja actividad de agua (A_w) de los productos elaborados a partir de *A. domesticus*, se limita la proliferación de microorganismos patógenos y el deterioro de estos alimentos. Esto hace que los grillos deshidratados y los polvos sean estables a temperatura ambiente. Por lo tanto, para su almacenamiento, estos se pueden mantener en un lugar seco y fresco para preservar su vida útil. En cuanto al aceite, se recomienda almacenarlo en un ambiente también seco y fresco, protegido de la luz directa. La exposición a la luz puede degradar nutrientes y oxidar grasas, por lo que se aconseja utilizar empaques opacos o almacenar el aceite en lugares oscuros para mantener la calidad del producto.

Para el transporte de estos productos, es crucial asegurarse de que el contenedor en el que se transporta el producto esté diseñado para prevenir la contaminación cruzada. Además, el medio de transporte debe mantenerse limpio, seco, y ser específicamente adecuado para el embalaje y transporte de productos a base de *A. domesticus*, garantizando la ausencia de plagas, roedores y residuos de cargas anteriores (Noyens et al., 2021).

5.4. APLICACIONES DE LOS PRODUCTOS

Los grillos *A. domesticus* ofrecen una variedad de aplicaciones gracias a su perfil nutritivo y sostenibilidad como fuente de proteínas y grasas saludables. A continuación, se detallan algunas de sus principales aplicaciones, recordando que este campo está en continua innovación con nuevas aplicaciones y mercados emergentes:

- **Grillos deshidratados:** Se consumen como un snack saludable o se utilizan como ingrediente en la elaboración de productos como panes y galletas.
- **Polvo de grillo:** Se emplea como suplemento dietético en batidos o bebidas proteicas, para la fortificación de alimentos o como ingrediente en la panificación y pastas.
- **Aceite de grillo:** Se utiliza en la cocina debido a sus beneficios derivados de los ácidos grasos esenciales que contiene, aportando un perfil de grasas saludables a los productos alimenticios.

5.5. GESTIÓN DE LA INOCUIDAD Y CALIDAD DURANTE EL PROCESAMIENTO

La gestión de la inocuidad y calidad en el procesamiento de productos derivados de *Acheta domesticus* es fundamental para asegurar que el producto final sea seguro para el consumo humano. Para lograrlo, es crucial controlar tanto la humedad como la actividad de agua (aw), manteniéndolas por debajo del 5,0% y 0,6, respectivamente, durante el procesamiento y almacenamiento. Este control garantiza la estabilidad del producto, permitiendo su conservación a temperatura ambiente en un ambiente fresco, seco y bien ventilado (Yan et al., 2023).

Además, la inocuidad del producto debe ser validada mediante el análisis microbiológico de la microbiota del insecto, que no solo se encuentra en el intestino, sino que también puede introducirse durante su cría y procesamiento. Se ha detectado la presencia de especies patógenas como *Campylobacter* y *Salmonella* en insectos criados cerca de animales de granja con medidas de bioseguridad insuficientes (FAO, 2021).

Por ello, se realizan pruebas microbiológicas para identificar posibles riesgos. Organismos como la Plataforma Internacional de Insectos para Alimentos y Piensos (IPIFF) y la FAO establecen parámetros recomendados para el monitoreo microbiológico, que incluyen un límite máximo de 5×10^5 UFC/g para bacterias aerobias mesófilas, 5×10^2 UFC/g para *Escherichia coli*, y ausencia de *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp. en 25 gramos de muestra. Otros límites incluyen *Bacillus cereus* (1×10^2 UFC/g), mohos y levaduras (1×10^3 UFC/g), y *Staphylococcus aureus* (1×10^2 UFC/g). Estas pruebas son esenciales para verificar que el producto cumple con los estándares de seguridad (IPIFF, 2024; FAO, 2021).

Asimismo, es fundamental monitorear parámetros químicos, como pesticidas (ej. organofosforados), metales pesados (plomo, cadmio), residuos de limpieza y desinfección, y contaminantes derivados del contacto con materiales sucios. También se deben considerar los peligros físicos, como fragmentos metálicos, vidrio, plástico, y partes del insecto, como patas.

Finalmente, es necesario revisar de manera continua las regulaciones nacionales e internacionales que rigen la producción y comercialización de productos de *A. domesticus*, asegurando el cumplimiento legal. La capacitación constante del personal y la validación regular de los procesos son claves para garantizar un producto final de alta calidad y seguridad. El manejo adecuado de los peligros mencionados y de los residuos del procesamiento es esencial para asegurar la inocuidad del producto.

5.5.1. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Los grillos *A. domesticus*, al igual que cualquier otro alimento, no están exentos de contaminación con peligros físicos, químicos y biológicos durante su procesamiento, los cuales pueden representar afectaciones para la salud de los consumidores. A continuación, se detallan los aspectos más relevantes de cada uno de estos peligros.

Cuadro IX. Peligros físicos, químicos y biológicos en grillos *A. domesticus*.

RIESGO	DESCRIPCIÓN
FÍSICOS	Los grillos deshidratados enteros pueden contener partes duras como patas, alas y espinas, lo cual debe ser etiquetado para prevenir riesgos a la salud (ANSES, 2015). Los polvos a base de insectos deben ser cuidadosamente procesados para eliminar piedras y trozos de metal que podrían estar presentes del sustrato o la maquinaria utilizada.
BIOLÓGICOS	Los grillos pueden ser portadores de bacterias patógenas para el ser humano como <i>Bacillus cereus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Salmonella</i> y <i>Listeria</i> (Aleknavicius et al., 2022; Van der Fels-Klerx et al., 2018; Belluco et al., 2018). Estos microorganismos pueden incorporarse a los insectos a través del sustrato del alimento o durante su procesamiento. Asimismo, los grillos también son susceptibles a la contaminación por virus y parásitos (Bisconsin-Junior et al., 2023).
QUÍMICOS	Los grillos pueden contaminarse con micotoxinas, pesticidas y metales pesados presentes en los sustratos utilizados para su cría y reproducción, así como durante operaciones inadecuadas de procesamiento y almacenamiento (Bisconsin-Junior et al., 2023; Murefu et al., 2019)

Para reducir los riesgos asociados con los grillos destinados al consumo humano, se recomienda que en términos generales que las empresas implementen medidas adecuadas de higiene en todas las etapas de producción y comercialización. Esto incluye establecer un sistema basado en el análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) por parte de los operadores involucrados en el procesamiento y comercialización.

5.5.1.1. MANEJO DE RESIDUOS

Como en cualquier otro proceso de elaboración de productos, se generan residuos. Sin embargo, la gran ventaja de la producción de insectos es que todos los residuos son valorizables, permitiendo una economía circular. En el caso del procesamiento de *A. domesticus*, se obtienen dos tipos principales de residuos. El primero consiste en la quitina, que se encuentra principalmente en los residuos del caparazón, alas y patas de los grillos que no pueden molerse adecuadamente debido a su naturaleza resistente. Estos residuos son valorizables ya que pueden ser utilizados en la industria farmacéutica. El segundo tipo de residuo es el frass, que es el excremento del grillo mezclado con restos de sustratos alimenticios sobrantes. Este residuo se emplea frecuentemente como fertilizante orgánico.

Para el manejo adecuado de estos residuos, es fundamental implementar medidas de seguridad, ya que el polvo de grillo puede ocasionar problemas de salud como reacciones alérgicas o asma. Por ello, el personal debe usar mascarillas, ropa y calzado específicos para el procesamiento, evitando así la propagación de contaminantes fuera de la granja y en los hogares. Además, se deben instalar filtros de aire adecuados en la planta de procesamiento, asegurar un excelente manejo del frass para evitar la contaminación cruzada, y mantener un control de temperatura durante el procesamiento (Eilenberg et al., 2021).

6. CONSIDERACIONES FINALES

Este manual está diseñado para guiar a quienes desean establecer una granja para la producción y procesamiento de *Acheta domesticus*. La cría de estos insectos ofrece una oportunidad valiosa para diversificar la oferta de productos tanto en los mercados nacionales como internacionales. Además, este sector emergente está en constante evolución, creando nuevas posibilidades no solo para la alimentación humana, sino también para la alimentación animal.

La producción de insectos representa una alternativa ecológica a las fuentes tradicionales de proteínas, con un menor impacto ambiental. Asimismo, puede contribuir significativamente a la diversificación económica y al fortalecimiento de las comunidades rurales que buscan desarrollar esta línea de productos.

7. AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más profundo agradecimiento a Allan Jiménez Leiton de ESANS por otorgarnos una valiosa entrevista sobre la cría y el procesamiento de *Acheta domesticus*. Su disposición para colaborar con la academia es sumamente apreciada y ha contribuido significativamente al avance del conocimiento en este campo.

8. GLOSARIO

En esta sección, se presenta un glosario de términos clave utilizados en el documento.

- **Inocuidad:** Es la característica que asegura que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se utilicen o consuman según su propósito y bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.
- **Calidad:** Es el conjunto de atributos que lo hacen aceptable y satisfactorio para el consumidor. Esto incluye aspectos como la apariencia, la textura, el sabor y el contenido nutricional del producto.
- **Estadio:** Fase de crecimiento del insecto caracterizada por un cambio morfológico o de tamaño evidente.
- **Exoesqueleto:** Capa externa del cuerpo de los insectos endurecida que da soporte al cuerpo del animal, compuesta principalmente por quitina.
- **Fototropismo negativo:** Comportamiento presente en algunos seres vivos que tiende a hacerlos huir de la luz y buscar lugares sombreados o desprovistos de esta.
- **Frass:** Término derivado del idioma inglés para referirse a el acumulado de excretas solidificadas de insectos. Este está compuesto de cientos o miles de masas esféricas u ovaladas excretadas por cada insecto como residuo de su alimentación y tiene una textura polvosa o granulada.
- **Patógenos:** Se define como cualquier microorganismo (bacterias, hongos, etc) que puede causar enfermedades en los seres humanos cuando se consume el alimento contaminado.
- **Alérgenos:** Es una sustancia que puede provocar una reacción alérgica en personas susceptibles y puede estar presente en ciertos alimentos.

9. REFERENCIAS

1. Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA). (2021). Europa autoriza la comercialización del primer insecto como nuevo alimento, el gusano de la harina. <https://acsa.gencat.cat/es/detall/noticia/Europa-autoriza-la-comercializacion-del-primer-insecto-como-nuevo-alimento-el-gusano-de-la-harina>
2. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). (2024) Situación de los insectos en alimentación humana. https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/INSECTOS_ALIMENTACION_.pdf
3. Aguilar-Acosta, E., García-Barragán, A., Martínez-Gómez, C., Rivera-Aguirre, L. & Ramos-López, J. (2024). Evaluación de la crianza y reproducción del grillo (*Acheta domestica*) con tres dietas, para su uso como harina y alternativa de proteína para el consumo humano o animal. RINDERESU, 8(1-2), 040-049.
4. Aleknavičius, D., Lukša, J., Strazdaitė-Žielienė, Ž., & Servienė, E. (2022). The Bacterial Microbiota of Edible Insects *Acheta domestica* and *Gryllus assimilis* Revealed by High Content Analysis. Foods, 11(8), 1073. <https://doi.org/10.3390/foods11081073>
5. Belluco S., Mantovani A., Ricci A. Edible Insects in a Food Safety Perspective. In: Halloran A., Flore R., Vantomme P., Roos N., editors. Edible Insects in Sustainable Food Systems. Springer; Cham, Switzerland: 2018. pp. 109-126.
6. Bisconsin-Junior, A., Feitosa, B. F., Silva, F. L., & Mariutti, L. R. B. (2023). Mycotoxins on edible insects: Should we be worried? Food And Chemical Toxicology, 177, 113845. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113845>
7. Bruttomesso, M., Bianchi, F., Pasqualoni, I., Rizzi, C., & Simonato, B. (2024). Evaluation of the technological and compositional features of pancakes fortified with *Acheta domestica*. Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie/Food Science & Technology, 116073. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116073>
8. Bühler Group. (s.f). Insect Protein. Insect Technology Solutions. <https://www.buhlergroup.com/global/en/industries/insect-technology.html>
9. Clifford, C. W., Roe, R. M., y Woodring, J. P. (1977). Rearing Methods for Obtaining House Crickets, *Acheta domestica*, of Known Age, Sex, and Instar. Annals of the Entomological Society of America, 70(1), 69-74. <https://doi.org/10.1093/aesa/70.1.69>
10. CRICKEX. (s.f). Grillo deshidratado entero. <https://expo.thefoodtech.com/wp-content/themes/summit-expo/directorio/assets/fichas/94a00340-5df4-4acc-8839-df704e213635.pdf>
11. Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N., & Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nature Food, 2(3), 198-209. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>
12. Cruz, C. G. M., & Suclupe, P. R. V. (2024). Potencial proteico de harina de grillo (*Acheta domestica*) como una alternativa sostenible para el consumo humano. Revista Científica Pakamuros, 12(1), 16-26. <https://doi.org/10.37787/jh8b0c66>
13. Da Silva Lucas, A. J., De Oliveira, L. M., Da Rocha, M., & Prentice, C. (2019). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. Food Chemistry, 311, 126022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>

14. Díaz, R. (2021, agosto 25). Costa Rica promoverá producción de alimentos con base en insectos. *El Observador*.
15. Eilenberg, J., Haenen, O. L. M., van der Fles-Kerl, H. J., Van Campenhout, L., van Oers, M. M., & Schoelitz, B. (2021). Management of pathogens and other unwanted organisms in insect production. In T. Veldkamp, J., Claeys, O. L. M. Haenen, J. J. A. van Loon, & T. Spranghers (Eds.), *The basics of edible insect rearing-handbook for the production chain* (pp. 205–227). Wageningen Academic Publishers.
16. FlyFarm Systems Ltd. (2024). FlyFarm Systems - insect farming technology & solutions. FlyFarm Systems. https://flyfarmsystems.com/systems/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQ-jw2ou2BhCCARIsANAwM2HUZIUW115uErCaI5jC3hGahDGReS6tRP_je2ZvoSg2CQKomU-j7phAaAg9IEALw_wcB
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. *FAO*, 1, 108. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb4094en>
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2004). *Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos*, 21 U.S.C. § 301 y ss., Estados Unidos de América. <https://www.wipo.int/wipolex/es/legislation/details/5473>
19. French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES). (2015). Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on “the use of insects as food and feed and the review of scientific knowledge on the health risks related to the consumption of insects”. <https://www.anses.fr/en/system/files/BIORIS-K2014sa0153EN.pdf>
20. Insect Nutrition. (2024). Ficha técnica de la harina de grillo. <https://expo.thefoodtech.com/wp-content/themes/summit-expo/directorio/assets/fichas/33a4d-d6c-b087-45a9-b077-1a05ddf542b7.pdf>
21. Insect Nutrition. (s.f). Grillo deshidratado. <https://insectnutrition.mx/products/grillo-deshidratado#:~:text=Vida%20de%20anaquel%3A%201%20a%C3%B1o,A%20TODA%20LA%20REP%C3%9ABLICA%20MEXICANA.>
22. JR Unique Food. (2024). 100% Cricket Oil – *Acheta Domesticus*. <https://jrunique.com/product/edible-insect-oils/edible-cricket-oil-acheta-domesticus/>
23. La Rosa, T. G., La Paz, S. M., & Rivero-Pino, F. (2024). Production, characterisation, and biological properties of *Tenebrio molitor*-derived oligopeptides. *Food Chemistry*, 450, 139400. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139400>
24. Lähteenmäki-Uutelala, A., Marimuthu, S., & Meijer, N. (2021). Regulations on insects as food and feed: a global comparison. *Journal Of Insects As Food And Feed*, 7(5), 849-856. <https://doi.org/10.3920/jiff2020.0066>
25. Lange, K. W., & Nakamura, Y. (2021). Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal Of Future Foods*, 1(1), 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.10.001>
26. Maciel-Vergara, G., & Ros, V. I. D. (2017). Viruses of insects reared for food and feed. *Journal of Invertebrate Pathology*, 147, 60-75. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2017.01.013>
27. Mahavidanage, S., Fuciarelli, T. M., Li, X., & Rollo, C. D. (2023). The effects of rearing density on growth, survival, and starvation resistance of the house cricket *Acheta domesticus*. *Journal of Orthoptera Research*, 32(1), Article 1. <https://doi.org/10.3897/jor.32.86496>

28. Marzoli, F., Tata, A., Zacometti, C., Malabbusini, S., Jucker, C., Piro, R., Ricci, A. & Belluco, S. (2023). Microbial and chemical stability of *Acheta domesticus* powder during one year storage period at room temperature. *Front. Sustain. Food Syst: Agro-Food Safety*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1179088>
29. Medina-Milian, R. & Rivas-Flores, A. (2020). Prototipo agroindustrial de harina de *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano. *Revista Agrociencia*, 16. <https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/view/168/187>
30. Murefu, T., Macheka, L., Musundire, R., & Manditsera, F. (2019). Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*, 101, 209-224. <https://doi.org/10.1016/j.food-cont.2019.03.003>
31. Noyens, I., Miert, S. V., Brombach, C., Rossi, M., Haas, N., Beckman, M., Alvarez, C., Neves, E., Naranjo-Guevara, N., Garrelts, K., Floto-Stammen, S. & Roosen, M. (2021). Packaging, storage and shelf life analysis. *Interreg North-West Europe Valusect*. https://vb.nweurope.eu/media/17902/literature-review_packaging-storage-and-shelf-life-analysis.pdf
32. Pilco-Romero, G., Chisaguano-Tonato, A. M., Herrera-Fontana, M. E., Chimbo-Gándara, L. F., Sharifi-Rad, M., Giampieri, F., Battino, M., Vernaza, M. G., & Álvarez-Suárez, J. M. (2023). House cricket (*Acheta domesticus*): A review based on its nutritional composition, quality, and potential uses in the food industry. *Trends In Food Science & Technology*, 142, 104226. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104226>
33. Portillo, E. (2017). Estimación piloto de los costos en la producción y proceso de harina de grillo (*Acheta domesticus*), como fuente de proteína para dieta humana, en la finca Santa Marta, Morazán, El Salvador [Por el grado de licenciatura de Administración en Agronegocios]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d1db6147-d9ca-4b38-b87e-12ba235e8720/content>
34. Procuraduría General de la República de Costa Rica (PGR). (2008). Reglamento General para el Otorgamiento del Certificado Veterinario de Operación. N° 34859-MAG. https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRT-C&nValor1=1&nValor2=64426&nValor3=84774&strTipM=TC
35. Promoting Insect for Human Consumption & Animal Feed (IPIFF). (2024). Guide on Good Hygiene Practices. https://ipiff.org/wp-content/uploads/2024/02/Folder-IPIFF_Guide_A4_19.02.2024_black-colour.pdf
36. Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). (2021). Industria de Insectos con potencial de comercialización ya está habilitada en el país. <https://www.procomer.com/noticia/comprador-internacional-noticia/industria-de-insectos-con-potencial-de-comercializacion-ya-esta-habilitada-en-el-pais/>
37. Ribeiro, J. C., Marques, J. P., Fernandes, T. R., Pintado, M. E., Carvalho, S. M., & Cunha, L. M. (2024). Effect of blanching, storage and drying conditions on the macro-composition, color and safety of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. *LWT*, 191, 115646. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115646>
38. Roe, R. M., Clifford, C. W., & Woodring, J. P. (1985). The effect of temperature on energy distribution during the last-larval stadium of the female house cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of Insect Physiology*, 31(5), 371-378. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(85\)90080-0](https://doi.org/10.1016/0022-1910(85)90080-0)
39. Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science And Emerging Technologies/Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>

40. Sealing system. (s. f.). Insect Farming Automation. Fully Automated Logistics & Data tracking solutions. <https://sealing-system.com>. <https://sealing-system.com/segments/biofactory#:~:text=Innovative%20technology%20and%20intra-logistics%20automation,and%20groundbreaking%20sector%20within%20agriculture>
41. Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA). (2021). N° SENASA-DG-R044-2021. <https://www.sinac.go.cr/ES/visasilves/Enlaces%20Inters/O6.%20N%C2%BA%20SENASA-DG-R044-2021.-Lista%20de%20especies%20ex%C3%B3ticas%20ornamentales.pdf>
42. Siddiqui, S. A., Zhao, T., Fitriani, A., Rahmadhia, S. N., Alirezalu, K., & Fernando, I. (s. f.). *Acheta domestica* (house cricket) as human foods - An approval of the European Commission - A systematic review. Food Frontiers. <https://doi.org/10.1002/fft2.358>
43. Solano, T., Quirós, D. & Barboza, D. (2021). Modelo de costos para la producción de insectos comestibles en Costa Rica, 2021: grillo doméstico (*Acheta domestica*) y gusano de harina (*Tenebrio molitor*). Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones en Economía Agrícola y Desarrollo Agroempresarial (CIEDA). https://cita.ucr.ac.cr/sites/default/files/2024-05/Costos_CIEDA_2021.pdf
44. Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsbabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., Neuhäuser-Berthold, M., Poulsen, M., Prieto Maradona, M., Schlatter, J.R., van Loveren, H., Azzollini, D. & Knutsen, H.K. (2022). Safety of partially defatted house cricket (*Acheta domestica*) powder as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal, 20,5. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7258>
45. Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsbabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., . . . Knutsen, H. K. (2021). Safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domestica*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal, 19(8). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6779>
46. Van Der Fels-Klerx, H. J., Camenzuli, L., Belluco, S., Meijer, N., & Ricci, A. (2018). Food Safety Issues Related to Uses of Insects for Feeds and Foods. Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety, 17(5), 1172-1183. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12385>
47. Van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., & Roos, N. (2021). Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. Annual Review Of Nutrition, 41(1), 551-576. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-041520-010856>
48. Veldkamp, T. Claeys, J., Haenen, O.L.M., van Loon J.J.A. y Spranghers, T. (2021). The Basics of Edible Insect Rearing. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 278 pp. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-902-2>
49. Yan, X., Laurent, S., Hue, I., Cabon, S., Grua-Priol, J., Jury, V., Federighi, M., & Boué, G. (2023). Quality of *Tenebrio molitor* Powders: Effects of Four Processes on Microbiological Quality and Physicochemical Factors. Foods, 12(3), 572. <https://doi.org/10.3390/foods12030572>