



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“DESARROLLO DE UNA BARRA TIPO SNACK ALTA EN
PROTEÍNAS, BAJA EN CARBOHIDRATOS Y ENRIQUECIDA
CON HARINA DE GRILLO (*Acheta domesticus*)”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA

PRESENTA

RICARDO ANDRÉS SEGOVIA OCHOA

DIRIGIDA POR

DRA. ROSALÍA REYNOSO CAMACHO

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2022



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

“DESARROLLO DE UNA BARRA TIPO SNACK ALTA EN
PROTEÍNAS, BAJA EN CARBOHIDRATOS Y ENRIQUECIDA
CON HARINA DE GRILLO (*Acheta domesticus*)”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA

PRESENTA

RICARDO ANDRÉS SEGOVIA OCHOA

DIRIGIDA POR

DRA. ROSALÍA REYNOSO CAMACHO

SINODALES

Dra. Rosalía Reynoso Camacho

Director

M. en C. Alexandro Escobar Ortiz

Co-director

Dra. Minerva Ramos Gómez

Vocal

Dra. Ma. Estela Vázquez Barrios

Suplente

Alexandro E.O.

Minerva Ramos Gómez

Ma. Estela Vázquez Barrios

Agradecimientos

A mis padres por su apoyo y ser las personas que me impulsan a mejorar y dar lo mejor de mí cada día. Gracias a ustedes es que me convertí en la persona que soy y he logrado mis objetivos a lo largo de mi vida. Gracias por el ejemplo que me dieron y aportaron para lograr todos mis objetivos y siempre estar allí cuando más lo necesito.

A mis hermanos, mi tía Marisol, mi cuñada Kelly Delgado, Julianni Arcila y Manuel Moreno por estar siempre allí animando a lograr mis objetivos, hacer barras y probarlas cuando necesitaba una opinión rápida para mejorar la formulación de la barra.

A Alexandro, por ser mi mentor en todo este proceso, por ser mi amigo, por compartir sus experiencias conmigo, por la paciencia y su sacrificio de tantas horas para el desarrollo del proyecto. Este proyecto no se hubiera logrado sin su apoyo.

A la Dra. Rosalía por la confianza y oportunidad que me dio para la realización del proyecto, así como la motivación que me dio para seguir desarrollando el proyecto y permitirme crecer como un profesional y persona, por los conocimientos que me dio para aprender más cada concepto cada día.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, por ser mi segunda casa los últimos años, al Posgrado de Alimentos por prestarme las instalaciones para la realización de la tesis y al Fondo de Proyectos Especiales de Rectoría (FOPER) por el financiamiento otorgado.

A la Dra. Estela por sus preciados conocimientos que me permitieron desarrollar este proyecto, además de sus valiosas aportaciones como parte del comité y docente de la Facultad de Química. A la Dra. Minerva por sus valiosas aportaciones como parte del comité y docente de la facultad de Química.

A mis amigos del laboratorio de Bioquímica Molecular en especial Ana Sotelo, Hugo Bravo y Fernando Buergo por su apoyo cuando lo necesitaba, por el tiempo que me dieron cuando lo necesitaba, por el conocimiento que me dieron cuando estaba en el laboratorio.

A todas las personas que se tomaron un tiempo para probar las barras.

Por último, a mi familia que desde donde están siempre me están apoyando y animando a lograr mis objetivos.

Ricardo Andrés Segovia Ochoa

ÍNDICE GENERAL

I. ANTECEDENTES.....	1
1.1 Refrigerio o snacks.....	1
1.2 Consecuencia de consumo de carbohidratos simples y estrategias para su disminución.....	2
1.2.1 Consecuencias del consumo de carbohidratos simples	3
1.2.2 Estrategias para la disminución del consumo de carbohidratos simples ...	4
1.3 Importancia de las proteínas en la dieta occidental	5
1.4 Insectos comestibles, una alternativa para una alimentación más sostenible .	6
1.5 Desarrollo de nuevos productos y evaluación sensorial	6
1.5.1 Evaluaciones sensoriales en el desarrollo de nuevos productos.....	7
1.6 <i>Acheta domesticus</i>	8
1.6.1 Contenido nutrimental de <i>Acheta domesticus</i>	8
1.6.2 Incorporación de <i>Acheta domesticus</i> en la formulación de alimentos	10
II. HIPÓTESIS.....	16
III. OBJETIVOS.....	17
3.1 General.....	17
3.2 Específicos	17
IV. METODOLOGÍA.....	18
4.1 Materiales	18
4.2 Formulación de la barra.....	18
4.3 Determinación microbiológica de los ingredientes.....	19
4.3.1 Determinación de bacterias mesófilos aerobias	19
4.3.2 Determinación de mohos y levaduras.....	19
4.4 Análisis sensorial	19
4.5 Análisis químico proximal	20
4.5.1 Determinación de humedad.....	20
4.5.2 Determinación de proteínas totales	21

4.5.3 Determinación de lípidos totales.....	22
4.5.4 Determinación de ceniza	22
4.5.5 Determinación de fibra dietaria total	22
4.5.6 Determinación de azúcares reductores	23
4.6 Cuantificación de ácidos grasos por cromatografía de gases acoplado a masas	24
4.7 Análisis de resultados.....	25
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1 Análisis microbiológicos de ingredientes	26
5.2 Desarrollo de una formulación base para la inclusión de grillo.....	27
5.3 Desarrollo de la formulación de la barra con harina de grillo.....	33
5.4 Evaluación proximal de la barra con harina de grillo	40
5.5 Análisis de ácidos grasos de la barra con harina de grillo	43
VI. CONCLUSIONES.....	47
VII. REFERENCIAS	48
VIII. ANEXOS	54
Anexo I. Consentimiento informado.....	54
Anexo II. Evaluación sensorial para una formulación de una barra con harina de <i>Acheta domesticus</i>	58
Anexo III. Evaluación sensorial para una formulación de una barra con harina de <i>Acheta domesticus</i>	59
Anexo IV. Invitación para una prueba sensorial de una barra con harina de <i>Acheta domesticus</i>	62
Anexo V. Dictamen del comité de bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro	62
Anexo VI. Carta compromiso del dictamen del comité de bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Clasificación de azúcares en los alimentos	2
2	Perfiles para la declaración nutrimental	4
3	Contenido de micronutrientes en harinas de <i>Acheta domesticus</i>	10
4	Reportes en la literatura de inclusión de harina de <i>Acheta domesticus</i> en la formulación de alimentos	14
5	Evaluaciones microbiológicas de los ingredientes utilizados para el desarrollo de la barra	26
6	Formulaciones para el desarrollo de la barra base	28
7	Formulación de una segunda barra base para inclusión de grillo	30
8	Diseño de formulaciones de las barras con miel y grillo	35
9	Diseño de formulaciones de las barras con alulosa y grillo	35
10	Contenido proximal de las diferentes formulaciones de barra adicionadas con grillo	42
11	Contenido de proteínas y fibra dietaria de barras comerciales	43
12	Concentración de ácidos grasos de las barras adicionadas con harina de grillo	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Parámetros sensoriales evaluados en la formulación de la primera barra base	29
2 Parámetros sensoriales evaluados en la formulación de la segunda barra base	31
3 Índice de aceptabilidad general de la formulación base final	32
4 Escala JAR de las diferentes formulaciones base final. Formulación 1 (a) Formulación 2 (b), Formulación 3 (c) y Formulación 4 (d)	33
5 Fotografías de las barras elaboradas con grillo y endulzadas con miel o alulosa	36
6 Parámetros sensoriales evaluados en las formulaciones de barra adicionadas con grillo	37
7 Índice de aceptabilidad general de las formulaciones de barras con grillo	39
8 Escala JAR de las formulaciones de barra adicionada con grillo Formulación 0 % grillo-miel (a), Formulación 14 % grillo-miel (b), Formulación 24 % grillo-miel (c), Formulación 0 % grillo-alulosa (d), Formulación 14 % grillo-alulosa (e) y Formulación 24 % grillo-alulosa (f),	40

RESUMEN

Acheta domesticus (AD) se ha convertido en una de las especies de grillos comestibles de mayor relevancia comercial debido a su alto contenido de proteínas y fibra dietaria. Sin embargo, existe una neofobia al consumo de insectos; por lo que, se ha recomendado que la incorporación de estos en las formulaciones de alimentos puede ser una alternativa para incrementar su consumo. El objetivo de este proyecto fue formular una barra rica en proteína y fibra dietaria, adicionada con harina de AD y que sea sensorialmente aceptada. Se realizaron diferentes formulaciones y pruebas sensoriales para generar una formulación base donde se incluyó harina de AD. La adición de coco y chía mejoró la consistencia y la aceptabilidad de la barra. Posteriormente, se agregó la harina de AD a la formulación base al 14 y 24 % sustituyendo el coco, el cacahuete y la chía. Se adicionó alulosa, un edulcorante no calórico y se mejoró las características de consistencia de la barra. La adición de alulosa, edulcorante no calórico, mejoró las características de consistencia de la barra. Al agregar altos porcentajes de harina de grillo disminuyó la aceptabilidad de la barra. Sin embargo, con porcentajes del 14 %, se elaboró una barra con harina de grillo aceptada sensorialmente; parte de este efecto se atribuyó a la adición de cocoa en polvo para enmascarar los sabores y apariencia que proporciona la incorporación de la harina de grillo. Respecto al perfil de ácidos grasos, la adición de harina de grillo incrementó el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, saturados y monoinsaturados en un 30 a un 60 %. En base a los resultados obtenidos, se concluye que la barra es una alternativa comercial para incluir la harina de grillo, con lo cual se puede promover los beneficios a la salud en las personas.

I. ANTECEDENTES

1.1 Refrigerio o snacks

Debido al estilo de vida acelerado de la población, hay una tendencia de consumo de alimentos listos para ser consumidos que sean innovadores y de alta calidad, dentro de los cuales destacan los refrigerios o snacks, que son descritos como comidas de porciones pequeñas, y que en algunas ocasiones pueden proporcionar compuestos beneficiosos a la salud (Omran, 2018).

Dentro de esta categoría se incluyen los productos como barras de cereal, galletas, panes, productos extruidos, nueces, frutas y verduras deshidratadas, entre otros. Entre los snacks que más se recomienda consumir se encuentran las nueces, frutas, yogurt, vegetales y legumbres por el mayor contenido de proteína y menor contenido de carbohidratos que los consumidos regularmente (Hess y col., 2016).

Hay una tendencia por el consumo de alimentos más nutritivos, lo cual ha llevado a un crecimiento del mercado de snacks a base de cereales del 20 % anual (Constantin e Istrati., 2018). De acuerdo a Mattes (2018), Europa es el mercado más grande en cuanto a la venta de snacks. Se declaró que los europeos hacen de 5 a 7 comidas al día y que los refrigerios aportan del 14 al 31 % de la energía total que consumen en el día. Se sugiere que consumir refrigerios o snacks entre comidas mejora la sensación de saciedad de las personas y que refrigerios de proteínas alargan la saciedad en 38 min en comparación a refrigerios con altas concentraciones de azúcares simples (Cieurzyńska y col., 2019).

Entre los refrigerios, las barras tipo snack son un alimento común entre las personas por su conveniencia, ya que pueden consumirse en cualquier momento del día (Pereira y col., 2019; Zhong, 2017). Las barras de cereal se elaboran con mezclas de ingredientes secos e ingredientes aglutinantes, que son agregados juntos para proporcionar las propiedades sensoriales y una apariencia adecuada a la barra. Sin embargo, uno de los mayores retos para desarrollar una barra de cereales es la integración de los ingredientes para transformarlos en un producto aceptado sensorialmente para el consumidor (Omran, 2018; Pereira y col., 2019).

1.2 Consecuencia de consumo de carbohidratos simples y estrategias para su disminución

Los carbohidratos simples son utilizados para endulzar los alimentos, aumentar la sensación agradable al paladar y aportar sabor interaccionando con los ingredientes de la matriz alimentaria. Asimismo, estos compuestos aportan color a los productos que se someten a temperaturas altas por las reacciones de caramelización y Maillard en productos de confitería y panadería (Goldfein y Slavin, 2015). Asimismo, el uso de los azúcares simples puede aportar volumen, sensación en la boca (mouthfeel) y puede contribuir a la gelificación en los productos alimenticios (Goldfein y Slavin, 2015).

Como se muestra en la Cuadro 1, existen definiciones utilizadas en la nutrición para contemplar la importancia de los azúcares en los alimentos.

Cuadro 1. Clasificación de azúcares en los alimentos. Fuente: (Mela y Woolner, 2018; NOM-051-SCFI/SSA1-2010)

Tipo de azúcar	Definición
Azúcares	Todos los monosacáridos y disacáridos contenidos en un alimento o bebida no alcohólica.
Totales	Son todos los azúcares, ya sean monosacáridos y disacáridos que pueden contener el alimento.
Añadidos	Son los azúcares que se añadieron en algún momento de la fabricación del alimento.
Libres	Monosacáridos y disacáridos disponibles añadidos a los alimentos y a las bebidas no alcohólicas por el fabricante, más los azúcares que están presentes naturalmente en la miel, jarabes y jugos de frutas u hortalizas.

El consumo de alimentos dulces aumenta las posibilidades de que un producto sea más consumido que otros, por lo que las industrias durante años han agregado azúcares para aumentar la probabilidad de que los productos sean aceptados (Goldfein y Slavin, 2015). Sin embargo, el consumo excesivo de azúcares simples se ha asociado con enfermedades que alteran el funcionamiento adecuado del organismo.

1.2.1 Consecuencias del consumo de carbohidratos simples

La Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que la diabetes mellitus fue la novena causa principal de muertes en el año 2019, como consecuencia del aumento de riesgo de enfermedades cardiovasculares, entre otras (Cole y Hopkins, 2019; WHO, 2019). Desde el año 2015, la OMS sugirió consumir menos del 5 % de azúcares añadidos del total de la ingesta de calorías diarias para disminuir el riesgo de obesidad (Freeman y col., 2018; WHO, 2015).

Se considera que los azúcares añadidos pueden producir un aumento de factores de riesgo a la salud como alta presión arterial, triglicéridos elevados, niveles altos de glucosa en sangre, enfermedades cardiovasculares e hígado graso no alcohólico (Freeman y col., 2018).

Con base a los efectos adversos relacionados con el consumo de estos tipos de azúcares, en el año 2020 en México se aprobó la modificación de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, debido a la prevalencia de obesidad y sobrepeso, donde se establece un sistema de etiquetado de advertencia.

Debido a la alta prevalencia de obesidad y sobrepeso en México y, con base a los efectos adversos relacionados con el consumo de estos tipos de azúcares, en el año 2020 se aprobó la modificación de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, donde se establece un sistema de etiquetado de advertencia. El etiquetado de advertencia tiene como objetivo comunicar al consumidor final sobre los nutrientes críticos (grasas saturadas, azúcares libres, grasas trans y sodio) e ingredientes que representan riesgos para la salud si son consumidos en exceso.

En el Cuadro 2 se observa la información complementaria para la declaración nutrimental de los nutrientes críticos. En la declaración de nutrientes críticos, se utilizan las leyendas exceso de calorías, exceso de azúcares, exceso de grasas saturadas, exceso de grasas trans y exceso de sodio por 100 gramos de producto.

Cuadro 2. Perfiles para la declaración nutrimental. Fuente: (NOM-051-SCFI/SSA1-2010)

	Energía	Azúcares	Grasas saturadas	Grasas trans	Sodio
Sólidos en 100g de producto	≥ 275 Kcal totales	≥ 10 % del total de energía proveniente de azúcares libres	≥ 10 % del total de energía proveniente de grasas saturadas	≥ 1 % del total de energía proveniente de grasas trans	≥ 1 mg de sodio por kcal o ≥ 300 mg
Leyenda a usar	EXCESO DE CALORÍAS	EXCESO AZÚCARES	EXCESO GRASAS SATURADAS	EXCESO GRASAS TRANS	EXCESO SODIO

1.2.2 Estrategias para la disminución del consumo de carbohidratos simples

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) recomienda que la ingesta de azúcar libre sea inferior al 10 % de la ingesta total de energía para disminuir el riesgo de obesidad (Luo y col., 2019). Por lo anterior, una alternativa que se ha estudiado a lo largo de años para disminuir el consumo de azúcares simples es el uso de edulcorantes no calóricos.

Primero, para poder entender la importancia del uso de edulcorantes, es necesario considerar su poder edulcorante. Para medir el poder edulcorante, se considera la sacarosa como referencia, dando un valor de 100 a una solución de sacarosa al 30 % a 20 °C, y a partir de esa referencia se evalúa la intensidad de un sabor dulce como mayor o menor a la referencia de la sacarosa (Carocho y col., 2017).

Un edulcorante es un compuesto químico natural o sintético que proporciona un sabor dulce en los alimentos durante su degustación o consumo. Estos aditivos se pueden clasificar por su aporte calórico como edulcorantes nutritivos, los cuales aportan calorías; algunos de ellos son la sacarosa, glucosa, miel, jarabe de maíz con alto contenido de fructosa, sorbitol, entre otros. También se pueden clasificar como no nutritivos, los cuales aportan pocas o ninguna caloría y no se metabolizan o se excretan de manera sencilla; entre los edulcorantes no calóricos se encuentra la estevia, aspartame, sucralosa, sacarina y acesulfame K (Carocho y col., 2017).

En México, el etiquetado frontal considera para los edulcorantes un etiquetado especial donde se indica “CONTIENE EDULCORANTES – NO RECOMENDABLE EN NIÑOS”; por lo que, alimentos que contengan edulcorantes se deben identificar con el etiquetado implementado por la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

1.3 Importancia de las proteínas en la dieta occidental

Las proteínas son macronutrientes esenciales para la nutrición humana, el crecimiento celular y los mecanismos de reparación del cuerpo (Schweiggert-Weisz y col., 2020). Las proteínas desempeñan funciones estructurales, transporte, motilidad, defensa, reconocimiento, almacenamiento y funciones catalíticas. También sus componentes pueden ser utilizados para sintetizar moléculas nitrogenadas (Gálvez y col., 2006).

Adicionalmente, las proteínas mantienen y regulan la composición corporal mediante la construcción, la reparación y el mantenimiento de la masa muscular y controlan los niveles de glucosa, y algunos de estos efectos se han relacionado con la disminución de la saciedad (Zhong, 2017).

En el curso del día, las proteínas del músculo se gastan y restauran de manera natural; este es un procedimiento continuo que se mantiene por el consumo de proteínas. Por lo anterior, la OMS recomienda una ingesta diaria de 0.75 g de proteína por kilogramo de peso corporal para adultos para cubrir las necesidades del organismo (Schweiggert-Weisz y col., 2020). Debido a lo anterior, una tendencia en

la población, es el consumo de alimentos enriquecidos con proteínas, generalmente con proteínas de suero de leche o proteínas vegetales.

1.4 Insectos comestibles, una alternativa para una alimentación más sostenible

Se ha estimado que la población mundial será de 9.1 billones para el 2050 (Zhong, 2017), por lo cual es necesario buscar fuentes de alimentos más sostenibles que puedan satisfacer las preferencias de los consumidores. El calentamiento global, el cambio en las preferencias del consumidor y el crecimiento de la población han causado que se investiguen fuentes de proteínas cuya producción genere un menor impacto hacia el medio ambiente (Zhong, 2017).

Los insectos comestibles se han impulsado como una alternativa de alimento más sostenible. El consumo de insectos por humanos es conocido como entomofagia y es realizado por aproximadamente 2 billones de personas. La utilización de insectos como alimento es más sostenible porque su producción requiere menos alimento, ya que éstos tienen una mayor tasa de crecimiento y su producción genera una menor emisión de gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, en comparación con la producción de cerdos y ganado vacuno (Barton y col., 2020; Fernandez-Cassi y col., 2018; Zhong, 2017).

La entomofagia es una actividad que posee ventajas para el medio ambiente comparado con el consumo de proteínas de ganado convencional, debido a que los insectos consumen menos energía y nutrientes que el ganado, son más eficaces en la formación de proteínas a partir de alimento, tienen una mayor tasa de crecimiento y el contenido de proteínas de los insectos es semejante a la carne y a la soya (Barton y col., 2020).

1.5 Desarrollo de nuevos productos y evaluación sensorial

El desarrollo de nuevos productos consiste en diseñar, fabricar y comercializar un producto para un grupo de consumidores que cumplan con la intención de su compra (Azanedo y col., 2020). Los consumidores constantemente demandan

alimentos innovadores que cumplan con su interés y necesidades. Por lo que esto es un factor decisivo para el éxito de un nuevo producto (Pereira y col., 2019).

A nivel mundial constantemente se están demandando más alimentos que satisfagan a los consumidores y sean de calidad. En este sentido, los parámetros más relevantes a tener en cuenta en el desarrollo de un nuevo producto destacan las características organolépticas, las propiedades físicas y químicas del producto, el contenido nutricional y la inocuidad del alimento (Mihafu y col., 2020). Cabe destacar que en la intención de compra de un nuevo producto la apariencia, la consistencia y el sabor son los factores decisivos que toma en cuenta el cliente (Mihafu y col., 2020).

Por estos motivos, es necesario considerar la opinión del consumidor en cada etapa del desarrollo de un producto, para comprender sus necesidades y demandas (Ali y col., 2021; Bruzzone y col., 2015). Por lo cual, la industria de los alimentos utiliza evaluaciones sensoriales como una herramienta para toma de decisiones en la práctica diaria (Mihafu y col., 2020).

1.5.1 Evaluaciones sensoriales en el desarrollo de nuevos productos

La evaluación sensorial es una disciplina científica que se utiliza para medir, analizar e interpretar las características de los alimentos, tal como los perciben los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído. Dentro de las pruebas sensoriales, destaca la prueba hedónica en la cual el consumidor califica el producto mediante una escala de agrado (Świąder y Marczevska, 2021).

La metodología “justo como me gusta” o JAR (Just-About-Right) se aplica en el desarrollo de alimentos para optimizar el nivel de un atributo sensorial, ya que permite establecer si un atributo en particular se encuentra en la muestra analizada en un nivel por encima, por debajo o es considerada como adecuado (Popper, 2014).

Debido a lo anterior, las pruebas sensoriales deben ser utilizadas para la evaluación de un producto. Además, en los alimentos hay una tendencia por alimentos que nutran y sean sostenibles; donde destacan los grillos como una alternativa para satisfacer a la población.

1.6 Acheta domesticus

Entre los insectos más consumidos mundialmente se pueden encontrar *Coleptera* (escarabajos), *Lepidoptera* (orugas), *Hymenoptera* (avispas, abejas y hormigas) y *Orthoptera* (grillos, saltamontes y langostas), entre otros. Algunos insectos pueden criarse industrialmente entre los que destacan los grillos por su facilidad de crianza y recolección durante todo el año (van Huis, 2018).

Los grillos están clasificados científicamente como animales que pertenecen a la clase *Insecta*, Orden *Orthoptera* y Familia *Gryllidae*. Entre los grillos, *Acheta domesticus* (AD) destaca por su cuerpo blando y una mayor aceptación sensorial comparado con otros grillos como *Gryllus bismaculatus*. AD se puede criar en granjas verticales, lo que permite aprovechar mejor el terreno en su crianza (Van Peer y col., 2021). Debido a lo anterior AD es de las especies de insectos más producidos de manera industrial en países occidentales (Zhong, 2017).

1.6.1 Contenido nutrimental de Acheta domesticus

En cuanto al contenido nutrimental de AD destaca por su contenido alto en proteínas, bajo en carbohidratos, bajo en lípidos y alto en minerales en harinas de AD en base seca. El contenido de proteínas de AD es variable y tiene un intervalo entre el 42 a 75 % en base seca. Estas variaciones pueden explicarse por las condiciones de crianza del grillo, la etapa de la vida en la cosecha, el sexo, su alimentación y los tratamientos térmicos postrecolección para su transformación en harina (Bawa y col., 2020; Montowska y col., 2019; Ndiritu y col., 2017). Además de su alto contenido proteico, Ndiritu y colaboradores (2017) reportaron una digestibilidad de proteína *in vitro* de harina de AD del 84 a 85 %, la cual es comparable con el valor de la harina de soya de 80 %, de la carne de res de 92 % pero menor a la del de suero de leche del 100 %, considerada el estándar de oro en cuanto a digestibilidad proteica (Ismail y col., 2020).

Respecto al contenido de lípidos de las harinas de AD se han reportado valores del 12 a 30 % en base seca; los ácidos palmítico, oleico y linoleico son los lípidos predominantes de las harinas de este grillo. La variación de estos valores se podría deber al método de extracción utilizado por los diferentes autores y los

tratamientos postcosecha del grillo (Bawa y col., 2020; Montowska y col., 2019; Ndiritu y col., 2017).

El contenido de ácidos grasos polinsaturados es de 1.45 % y los ácidos grasos monoinsaturados es de 4.14 % en base seca, los cuales se han asociado a la reducción de colesterol LDL en el plasma. Los ácidos grasos insaturados predominantes son el ácido alfa-linoleico con 0.074 % (omega-3) y el ácido linoleico con 1.125 % (omega-6) (Udomsil y col., 2019).

El contenido de carbohidratos de las harinas de AD es del 5.17 a 21.8 % en base seca, donde la fibra representa del 2.9 a 7.51 % (Bawa y col., 2020; Montowska y col., 2019; Ndiritu y col., 2017). La quitina es parte predominante de los heteropolisacáridos de insectos, la cual es un polímero de acetil-glucosamina y es el principal constituyente del exoesqueleto de los artrópodos (de Carvalho y col., 2019; Ndiritu y col., 2017). En cuanto a la quitina, se ha reportado que tiene efecto prebiótico y regulador de los lípidos en sangre (Lopez-Santamarina y col., 2020).

Respecto al contenido de minerales de AD, en el Cuadro 3 se presentan los valores para una porción de 25 g de harina, junto al valor de la cantidad diaria recomendada (RDA, valor diario promedio de ingesta suficiente para cumplir los requisitos de un nutriente de un adulto sano) para cada micronutriente en mg. Como se observa, las harinas de grillo tienen contenidos de zinc, cobre, y manganeso que cumplen con el requerimiento de la ingesta diaria recomendada, destacándose el cobre, ya que con el consumo de una dosis de 25 g de grillo se cumple con el 64 % al 100 % del requerimiento diario recomendado (Montowska y col., 2019).

Cuadro 3. Contenido de micronutrientes en harinas de *Acheta domesticus*. Fuente: (Montowska y col., 2019)

	Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
RDA (mg/día)	1000	4700	320	1500	0.9	18	1.8	8
Contenido de micronutrientes en harinas de grillo (mg/25 g)	35 a 55	207 a 306	22 a 28	67 a 78	0.58 a 1.13	1 a 1.5	1 a 1.8	3.2 a 5.45

A pesar del excelente contenido nutrimental, aún existen limitaciones en el uso de AD por su aceptabilidad sensorial entre la población occidental (de Carvalho y col., 2019).

1.6.2 Incorporación de *Acheta domesticus* en la formulación de alimentos

Hoy en día, los insectos se pueden utilizar como ingredientes o como suplementos, por lo que producir alimentos con insectos en su formulación es una manera de reducir el rechazo al consumo de insectos (de Carvalho y col., 2019).

A pesar de las ventajas del consumo de insectos, su inclusión en la dieta occidental presenta desafíos, debido a que generalmente los insectos son percibidos como un alimento primitivo e inferior, con propiedades sensoriales no deseables (Barton y col., 2020). Principalmente en lugares donde la entomofagia no es una actividad común, la integración de los insectos en una matriz alimentaria de una manera en que no sea observable o reconocible como harinas por el consumidor es una forma de favorecer su consumo (de Carvalho y col., 2019).

Respecto, al uso de la harina de AD (Cuadro 4) se han reportado estudios con una inclusión de harina de grillo del 5 hasta el 30 % en productos como galletas, barras, panes y magdalenas; donde se ha encontrado que la percepción sensorial de aceptabilidad general de cada producto disminuye a mayor porcentaje de inclusión de grillo en la formulación.

Zhong (2017) desarrolló barras con frutos secos y nueces, adicionada con 7.5 % de harina de AD y realizó una prueba hedónica de 9 puntos con 63 consumidores para evaluar la aceptabilidad general de la barra, así como una prueba FACT de 9 puntos para evaluar si la barra sería comprada por consumidores, obteniendo valores de aceptabilidad general de 5.75 (valor obtenido entre no me disgusta ni me gusta y me gusta poco) e intención de compra de 4.66 (valor obtenido entre no me gusta pero lo consumiría en alguna ocasión y lo consumiría si hay disponible pero no me desviaría de mi camino). Sin embargo, en este estudio no se evaluaron diferentes concentraciones de grillo; por lo que se desconoce la concentración máxima que se puede incluir AD en la formulación sin perjudicar la aceptabilidad sensorial.

Bartkowicz y Babicz-Zielińska (2020) elaboraron barras con 7.4 % de harina de AD y aplicaron una prueba hedónica de 9 puntos con 101 consumidores. La aceptabilidad general de la barra control sin grillo fue de 8.5 donde la aceptabilidad disminuyó un 32 % cuando se incluyó 7.4 % de AD en la formulación.

Biró y colaboradores (2020) elaboraron galletas de avena con 0.5, 10 y 15 % de harina de AD, harina de avena, harina de trigo, mantequilla y crema agria; encontrando que el color de las galletas oscureció a mayor concentración de harina de AD en la formulación. En cuanto al contenido de proteínas, la formulación sin grillo contenía 9.48%, aumentando al 11.22, 12.97 y 14.71 % en las formulaciones con 5, 10 y 15 % de grillo, respectivamente; el contenido de carbohidratos de la formulación sin grillo fue de 38 % disminuyendo del 36.67 hasta un 33.46 % en la formulación con 15 % de grillo. En cuanto a la aceptabilidad sensorial de las formulaciones, se realizó una prueba hedónica de 9 puntos con 100 consumidores. La aceptabilidad general de la barra control sin grillo fue de 6.57 disminuyendo en 2, 16 y 27 % para 5, 10 y 15 % de inclusión de grillo, respectivamente. Los autores sugirieron que el rechazo de las muestras se debió a los cambios en la apariencia en las galletas con la inclusión de AD en la formulación.

Ribeiro y colaboradores (2019) elaboraron barras con 6 y 8 % de AD entero sin desgrasar y desgrasado, dátiles, miel, avena, linaza, almendras y nueces. En cuanto al contenido de proteínas, la formulación sin grillo contenía 10.9 %, y aumentando a 15.9 y 17.4 % en la formulación con AD entero y desgrasado,

respectivamente. El contenido de fibra sin grillo fue de 2.2 % y aumentando a 2.4 y 2.6 % en la formulación con grillo entero y desgrasado, respectivamente. En cuanto a la aceptabilidad sensorial de las formulaciones, se realizó una prueba hedónica de 9 puntos con 70 consumidores. La aceptabilidad general de la barra control sin grillo y con la inclusión de grillo desgrasado fue de 7 y para la barra con grillo entero disminuyó a un valor de 6. Los autores sugieren que la aceptabilidad del grillo desgrasado se debe a que elimina olores y sabores desagradables, aumentando la disposición del consumidor para comer grillos.

Pauter y colaboradores (2018) desarrollaron magdalenas con 2, 5 y 10 % de harina de AD. En cuanto al contenido de proteínas, la formulación sin grillo contenía 19.40 % aumentando a 21.28, 21.53 y 21.96 % en las formulaciones con 2, 5 y 10 % de grillo, respectivamente. El contenido de carbohidratos de la formulación sin grillo fue de 44.29 %, disminuyendo a 41.82, 38.17 y 34.45 % en las formulaciones con 2, 5 y 10 % de grillo, respectivamente. En cuanto a la aceptabilidad sensorial de las formulaciones, se realizó una prueba hedónica de 9 puntos con 40 consumidores. Para el sabor, la formulación control obtuvo una calificación de 8; mientras que, este parámetro disminuyó a 7 para las formulaciones con grillo.

Kowalczewski y colaboradores (2021) elaboraron un pan sin gluten con 2, 6 y 10 % de harina de AD. En cuanto al contenido de proteínas, la formulación sin grillo contenía 1.23 %, aumentando hasta un 8.48 % en la formulación con 10 % de grillo; el contenido de carbohidratos de la formulación sin grillo fue de 43.67 % disminuyendo hasta 33.92 % en las formulaciones con 10 % de grillo. Los autores sugirieron que los panes se oscurecían con la inclusión de grillo, ya que a mayor porcentaje de inclusión de grillo tenían un color más oscuro, lo cual puede perjudicar la aceptación por los panes.

Castro Delgado y colaboradores (2020) elaboraron galletas con chispas de chocolate con 15 y 30 % de harina de AD, mantequilla, azúcar, huevos, chispas de chocolate semidulce y nueces picadas; sin embargo. En cuanto al contenido de proteínas y carbohidratos, los datos no fueron publicados. La aceptabilidad sensorial de las formulaciones, se realizó una prueba hedónica de 9 puntos en México, Estados Unidos y España con 200 consumidores. La aceptabilidad general de la galleta

control en México fue de 6.70 aumentando en un 11 % y disminuyendo un 2 % en las formulaciones con 15 y 30 % de grillo, respectivamente. La aceptabilidad general en Estados Unidos de la galleta control fue de 6.62 y disminuyó en un 3.4 y 11 % en las formulaciones con 15 y 30 % de grillo, respectivamente. En España para la galleta control fue de 6.20, donde aumentó en un 8 % y disminuyó en un 15 % en las formulaciones con 15 y 30 % de grillo, respectivamente. Los autores sugirieron que la galleta con 15 % de grillo fue similarmente aceptada sensorialmente como la galleta control en México, debido a que culturalmente es aceptado el consumo de insectos; siendo México un mercado potencial para la comercialización de alimentos con insectos en su formulación.

Es importante mencionar que la mayoría de los estudios encontrados en la literatura donde incluyen grillo en la formulación de los alimentos se enfocan en el impacto de la adición de grillo en el contenido nutrimental del alimento y su aceptabilidad sensorial, encontrando que valores por encima de 7.5 % de grillo en la formulación afectan de manera negativa la aceptabilidad sensorial. Sin embargo, concentraciones más altas de grillo son necesarias para generar un incremento significativo en el contenido de proteínas y la disminución de carbohidratos en las formulaciones.

Por otro lado, una alta ingesta de azúcares se ha relacionado con efectos perjudiciales en la salud humana, como obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, caries dentales y algunos tipos de cáncer (Luo y col., 2019). Es importante mencionar que todos los estudios encontrados en la literatura donde incluyen grillo en la formulación de alimentos, usan ingredientes como miel y azúcar como endulzantes. Además, los snacks o bocadillos como barras, galletas y productos panificados generalmente son alimentos ricos en azúcares y de alto índice glucémico. El alto contenido de azúcares totales de los alimentos tipo snack, podría disminuir los beneficios que podría generar la inclusión de AD en la formulación de snacks.

Cuadro 4. Reportes en la literatura de inclusión de harina de *Acheta domesticus* en la formulación de alimentos

Producto	Porcentaje de grillo máximo (%)	Cantidad de carbohidratos	Conclusión	Referencia
Barras	7.5	No especificado	Barra no aceptada sensorialmente, era necesaria una prueba con diferentes porcentajes de grillo	Zhong (2017)
Barras	7.4	No especificado	Producto con baja aceptabilidad sensorial	Bartkowicz y Babicz-Zielińska (2020)
Galleta de avena	5, 10 y 15	36.67, 35.06 y 33.46 %	A mayor concentración de grillo, menor aceptabilidad general.	Biró y colaboradores (2020)
Magdalenas	2, 5 y 10	41.82, 38.17 y 34.45%	Aceptación sensorial mejora con la inclusión de bajos porcentaje de grillo	Pauter y colaboradores (2018)
Galletas con chispas de chocolate	15 y 30	No especificado	Se elaboró una galleta aceptada sensorialmente con la adición de 15 % grillo; pero a mayor concentración, la aceptabilidad disminuye en países donde no se practica la entomofagia.	Castro Delgado y colaboradores (2020)

Debido a lo anterior expuesto, es de relevancia el desarrollo de refrigerios o snacks con AD en su formulación que sean bajos en azúcares totales, y para ello se requiere utilizar edulcorantes no calóricos. Además, es importante que dichos productos presenten una buena aceptabilidad sensorial. A pesar de que se han desarrollado varios productos adicionados con AD pocos de estos estudios han realizado un análisis de ácidos grasos, lo cual es importante en productos con alto contenido de grasas.

Por lo tanto, en este estudio se propuso desarrollar una barra tipo snack con AD en su formulación la cual sea baja en azúcares simples pero rica en proteína. A las barras desarrolladas se les realizó pruebas sensoriales para evaluar su aceptabilidad sensorial y una cuantificación de ácidos grasos mediante un cromatógrafo de gases acoplado a masas.

II. HIPÓTESIS

La incorporación de harina de *Acheta domesticus* aumenta el contenido de proteína en una barra tipo snack con cacahuate, chía, coco, cocoa y miel como formulación base y con dichos ingredientes se mejorará su aceptabilidad sensorial, y se tendrá un producto con menor contenido de azúcares simples.

III. OBJETIVOS

3.1 General

Desarrollar una barra con harina de grillo (*Acheta domesticus*) alta en proteínas y baja en azúcares con buena aceptabilidad sensorial.

3.2 Específicos

- Desarrollar una formulación de una barra sin grillo aceptada sensorialmente.
- Determinar la aceptabilidad mediante una prueba de evaluación sensorial.
- Evaluar el perfil de ácidos grasos de las barras desarrolladas.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Materiales

La harina de AD fue proporcionada por la empresa INSECT NUTRITION ubicada en el municipio de Apaseo el Grande, en el estado de Guanajuato, México. El resto de los ingredientes se compraron en un mercado local (bodega Aurrera). El cacahuate se compró de la marca Mafer®, chía de la marca vivo foods®, cocoa de la marca vivo foods®, coco rallado orgánico de la marca tía ofilia®, la miel de la marca carlota® y la alulosa de la marca ingredion®.

4.2 Formulación de la barra

En estudios previos en el laboratorio se elaboraron barras con los ingredientes seleccionados en diferentes proporciones y se realizaron evaluaciones sensoriales para determinar el rango de ingredientes que se utilizaría en la formulación de la barra.

Para la formulación de la barra se realizaron 3 evaluaciones. Primero, se realizaron 3 barras con cacahuate de 26.3 a 28.1 %, 9.9 a 10.5 % de amaranto, 13.1 a 14.1 % de chía, 13.1 a 14.1 % de coco, 14.1 a 15.1 % de cocoa y 18.1 a 23.5 % de miel en base al peso total de la barra. Después, se realizaron 4 barras con cacahuate de 32 a 36.3 %, 16 a 18.2 % de chía, 16 a 18.2 % de coco, 8 a 9.1 % de cocoa y 18.2 a 28 % de miel en base al peso total de la barra. Finalmente, se realizaron 6 barras con cacahuate de 22.22 a 32 %, 6.34 a 16 % de chía, 6.34 a 16 % de coco, 7.93 a 8 % de cacao, 28 % de miel y 33.33 a 33.6 % de alulosa en base al peso total de la barra.

Las barras se elaboraron bajo buenas prácticas de manufactura de alimentos por la NOM-251-SSA1-2009 en la planta piloto de alimentos ubicada en el parque biotecnológico. Las barras se hornearon durante 12 min a 150 °C en un molde de 170 mm por 299 mm, que consta de 12 cavidades de 28 mm por 78 mm. Se llenó la cavidad completamente para generar el tamaño de la barra con peso aproximado de 55 g y se empaquetaron en bolsas trilaminadas a temperatura ambiente para su posterior evaluación microbiológica, sensorial y nutrimental.

4.3 Determinación microbiológica de los ingredientes

Para el análisis microbiológico, se tomaron 10 g de muestra y se colocaron en una bolsa stomacher con un volumen de 90 mL de agua estéril a temperatura ambiente, se mezcló durante 2 min a velocidad media en un homogeneizador automatizado (stomacher) hasta conseguir una solución homogénea, que se dejó precipitar para cada determinación.

4.3.1 Determinación de bacterias mesófilos aerobias

Se evaluó el conteo de mesófilos aerobios por la NOM-092-SSA1-1994, donde se colocó 1 mL de la solución y 10 mL de agua, se tomó 1 mL de la dilución y se colocó en una caja Petri con 15 a 20 mL de agar triptona extracto de levadura. Las cajas se incubaron a 35 ± 2 °C por 24 a 48 h, se eligieron aquellas placas con 25 a 250 colonias y se reportaron de acuerdo a la norma.

4.3.2 Determinación de mohos y levaduras

Se evaluó la presencia de mohos y levaduras de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, donde se realizó una dilución 1 a 10 hasta obtener una densidad de microorganismos esperados. Se utilizó 1 mL de la solución en una caja Petri con un volumen de 15 a 20 mL de agar papa dextrosa acidificada y se incubaron a 25 ± 1 °C por 24 h. Después de 3, 4 y 5 días de incubación, las colonias se contaron y después de 5 días se tomaron las placas que tenían de 10 a 150 colonias realizándoles un conteo de acuerdo a la norma.

4.4 Análisis sensorial

Se realizaron 3 pruebas sensoriales (estudio aprobado por el comité de bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro con el No. CBQ22/009, Anexo V y Anexo VI) de aceptabilidad donde participaron estudiantes de la Universidad Autónoma de Querétaro de 20 a 40 años para evaluar el producto. Se realizó una invitación mediante el uso de un póster (Anexo V), redes sociales e invitación tradicional ubicadas en los laboratorios y alrededores de la Facultad de Química. Se integraron de 38 a 48 panelistas no entrenados mayores de edad excluyendo a personas con alergias a los crustáceos, así como los que presenten intolerancia al

gluten, alguna enfermedad que altere su percepción del sabor, manifiesten alergias, personas alérgicas a cualquiera de los ingredientes de la formulación, mujeres embarazadas o en lactancia, personas con discapacidad mental o que se encuentren bajo algún tratamiento médico. Las barras se evaluaron mediante una escala hedónica de 9 puntos (Anexo II) (Biró y col., 2020).

A los panelistas se les entregó una barra de 10 g de cada una de las formulaciones al azar para evitar sesgos posicionales y se les solicitó enjuagar con agua y galleta entre formulaciones para limpiar el paladar. Esto se realizó en cada una de las evaluaciones sensoriales realizadas.

En la primera prueba sensorial (Anexo II) se evaluó hedónicamente una barra base o control con los ingredientes mencionados anteriormente. En la segunda evaluación sensorial (Anexo III) se evaluó y se utilizó la metodología de “punto ideal” o JAR para evaluar el dulzor y amargor óptimo de la formulación para incluir en posteriores evaluaciones edulcorantes no calóricos y harina de AD (Biró y col., 2020; Popper, 2014). En la tercera evaluación sensorial (Anexo III), se incluyó la harina de *Acheta domesticus* en la barra base obtenida de la evaluación anterior, para determinar el porcentaje máximo de inclusión. Además, se sustituyó la miel por alulosa líquida como edulcorante y aglutinante de la formulación de la barra.

4.5 Análisis químico proximal

Todas las determinaciones se realizaron con los métodos oficiales de la AOAC (1990). Se evaluó el contenido de proteínas por el método de Kjeldahl (AOAC 2011.04), lípidos por el método de Goldfish (AOAC 948.22-1948), cenizas mediante la calcinación de la muestra (AOAC 942.05), humedad por la pérdida de agua de la muestra (AOAC 930.15-1930) y la fibra dietética (AOAC 32-45.01) y los carbohidratos se determinaron por la diferencia del total. La determinación de azúcares reductores se realizó mediante la prueba con ácido 2,6-dinitrosalicílico (Wood y col., 2012).

4.5.1 Determinación de humedad

La determinación de la humedad se realizó pesando 1 g de la muestra y dejando evaporar el agua en crisoles en una estufa a 110 ± 1 °C durante 4 h. Se

cuantificó el porcentaje de humedad por la diferencia de pesos con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra (g)} - (\text{Peso final (g)} - \text{Peso crisol (g)})}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

4.5.2 Determinación de proteínas totales

Este método se basa en la digestión de las proteínas por efecto del ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. En la digestión de la materia orgánica el nitrógeno orgánico total se convierte en sulfato de amonio, el cual se mezcló con una base fuerte (NaOH al 40 %) y la solución obtenida se destiló. El destilado obtenido se mezcló con una solución de ácido bórico (4 %) a pH 4.6. Los aniones de borato se titularon con ácido clorhídrico (HCl al 0.1 N) estandarizado para determinar el contenido de proteínas de la muestra. Para realizar la determinación, se pesaron 0.6 g de muestra, 4.5 g de sulfato de sodio anhidro, 0.4 g de sulfato de cobre como catalizadores y se añadió 15 mL de ácido sulfúrico concentrado, las muestras se colocaron en el digestor (BUCHI, Suiza), se calentaron a 400 °C, hasta obtener un líquido verde claro, y se enfriaron a temperatura ambiente. Se agregaron 50 mL de hidróxido de sodio al 40 %. En otro matraz Erlenmeyer se colocaron 50 mL de ácido bórico al 4 % con 10 gotas de indicador. Se realizó la destilación (BUCHI, Suiza) hasta obtener un volumen de 100 mL de muestra preparado anteriormente. La muestra obtenida se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N y se calculó el porcentaje de proteínas con la ecuación:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{\text{mL gastados del titulador} \times N \times 14}{\text{Peso de la muestra en base seca (g)}} \times F \times 100$$

Donde:

N= Normalidad del ácido de valoración

F= Factor de conversión de proteína, 6.25

14= Peso atómico del nitrógeno.

4.5.3 Determinación de lípidos totales

La determinación de lípidos se realizó con una extracción semicontinua con éter de petróleo. El contenido de lípidos totales se cuantificó por la diferencia de peso. Para la determinación de lípidos se pesaron 1.5 g de muestra, se colocaron en cartucho de celulosa y se pusieron en el aparato de extracción de Soxhlet, se le colocaron 40 mL de éter de petróleo a los vasos del equipo y se realizó la extracción durante 4 h. Finalmente, los vasos se secaron en la estufa a 60 ± 1 °C durante 1 h y se pesaron (método de Goldfish). Para la determinación del porcentaje de lípidos en la muestra se utilizó la ecuación:

$$\% \text{ Lípidos} = \frac{\text{Peso final del vaso (g)} - \text{Peso inicial del vaso (g)}}{\text{Peso de la muestra en base seca (g)}} \times 100$$

4.5.4 Determinación de ceniza

La determinación de cenizas se realizó cuantificando el contenido de materia orgánica mediante calcinación. Se pesaron 0.0250 g de muestra seca en un crisol (a peso constante), después se carbonizó la muestra sobre una flama de mechero y se colocó dentro de una mufla (Thermolyne, Estados Unidos de América) a 550 ± 1 °C durante 5 h. Cuando las cenizas se observaron blancas, la muestra se dejó enfriar en el desecador. Finalmente, las muestras se pesaron y se calculó el porcentaje de cenizas con la ecuación:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso del residuo (g)}}{\text{Peso de la muestra en base seca (g)}} \times 100$$

4.5.5 Determinación de fibra dietaria total

El método se basa en aislar la fracción de interés utilizando una digestión enzimática en tres procedimientos por separado de cada enzima, utilizando α -amilasa, amiloglucosidasa y proteasa para hidrolizar el almidón y proteínas. Se determinó el contenido de fibra agregando etanol al 95 % a la solución que se generó para precipitar la fracción soluble. La solución se filtró, se secó y el residuo se reportó como fibra.

Para la determinación, se pesó 1 g de muestra seca y desgrasada. Posteriormente, la muestra se colocó en un vaso precipitado con 50 mL de regulador de fosfatos (pH 6) y 0.1 mL de α -amilasa termoestable (4,000 U), y se incubó a 95 °C con agitación a intervalos de 5 min. Las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se ajustaron a un pH de solución de 7.5 ± 0.2 utilizando 10 mL de NaOH (0.275 N). Posteriormente, se agregó 0.1 mL de solución de proteasa (50 mg/mL regulador de fosfatos, 550 U) e incubó a 60 °C durante 30 min con agitación constante. Las muestras se enfriaron a temperatura ambiente y se ajustaron a un pH de 4.5 ± 0.2 utilizando 10 mL de HCl (0.325 M). Después se agregaron 0.1 mL de amilogucosidasa (>260 U) y se incubaron a 60 °C durante 30 min con agitación constante.

Después de la hidrólisis completa, se adicionó 4 volúmenes de etanol al 95 % a cada muestra para precipitar la fibra dietética soluble y se dejó en reposo a temperatura ambiente durante una noche. La solución obtenida se pasó en un filtro de 40 a 60 μ m que contenía 0.5 g de celite, el cual se distribuyó de manera uniforme dentro del filtro utilizando etanol al 78 % y succionando con una bomba de vacío previamente. La muestra se lavó con 60 mL de etanol al 78 %, 40 mL de etanol al 95 % y 40 mL de acetona. Los residuos se secaron y pesaron para determinar el contenido de proteína y cenizas por las metodologías descritas anteriormente (sección 4.5.2 y sección 4.5.4, respectivamente). Para cuantificar el contenido de fibra dietética se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Fibra Dietética} = \frac{\text{Residuo} - \text{Proteína} - \text{Cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\text{Residuo} = \text{Peso inicial de la muestra} - \text{Peso final de la muestra}$$

4.5.6 Determinación de azúcares reductores

La determinación de azúcares reductores se realizó utilizando el ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS), donde se colocaron 1 mL de la muestra y 1 mL del reactivo 3,5 dinitrosalicílico (DNS). Para esto, se prepararon dos soluciones; la primera con 0.25 g de DNS en 5 mL de NaOH 2 M y la segunda 7.5 g de tartrato de sodio y potasio en 25 ml de agua destilada, las soluciones se mezclaron las soluciones en agitación

constante sometiendo a calentamiento sin ebullición para posteriormente guardarlas a 4 °C en un frasco ámbar para la determinación de azúcares reductores de las barras.

Se pesaron 200 mg de barra y se colocaron en 50 mL de agua destilada, se dejaron agitando durante 20 min, se centrifugaron a 10,000 g durante 10 min y al sobrenadante se le midieron los azúcares reductores.

Se colocaron 1 mL del sobrenadante de cada muestra y 1 mL del reactivo DNS, se calentaron en un baño de agua a 100 °C durante 10 min, se pusieron en un baño de hielo por 2 min, después se colocaron 300 µL de cada muestra en una microplaca de 96 pozos para leerlos espectrofotométricamente a 540 nm. Los resultados obtenidos se expresaron como mg equivalente de glucosa/g de muestra en base seca (Wood y col., 2012).

4.6 Cuantificación de ácidos grasos por cromatografía de gases acoplado a masas

El perfil de ácidos grasos se realizó por el método del éster metílico de ácidos grasos (FAME), y la derivatización se realizó siguiendo el método descrito por Sinosaki y colaboradores (2019) con reacciones posteriores alcalinas y ácidas. En primer lugar, se pesaron 50 mg de barra y se realizó una reacción alcalina mediante la adición de 0.4 mL de 1.25 mol/L de NaOH en metanol. Luego, las muestras se sonicaron durante 5 min a 40 kHz. Posteriormente, se agregaron 0.4 mL de 1.75 mol/L H₂SO₄ en metanol y las muestras se sonicaron durante 5 min a 40 kHz. Finalmente, se agregaron 0.8 mL de hexano y las muestras se agitaron en vórtex durante 30 s y se centrifugaron a 10,000 g durante 5 min.

Se tomaron los sobrenadantes y se inyectó 1 µL de cada muestra derivatizada en un cromatógrafo de gases (GC) (Agilent serie 7890A, Estados Unidos de América) acoplado a un detector de espectrómetro de masas (MS) de cuadrupolo único (Agilent 5975C) equipado con un detector de impacto de electrones (EI). El caudal del gas portador (helio) se mantuvo en 1 mL/min. La temperatura del inyector se fijó en 250°C en modo splitless. Se utilizó una columna capilar HP-88 (30 m × 0.25 mm

de diámetro interno $\times 0.25 \mu\text{m}$). La temperatura inicial del horno fue de $50 \text{ }^\circ\text{C}$, se mantuvo durante 1 min y se elevó a $175 \text{ }^\circ\text{C}$ a $15 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$, luego se elevó a $240 \text{ }^\circ\text{C}$ a $1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ y se mantuvo durante 5 min. La energía se fijó en 70 eV y el rango de masa se fijó en m/z 50-1100. Los FAME se identificaron y cuantificaron por comparación con una mezcla estándar de FAME y el procesamiento de datos se realizó con el software Chemstation (Agilent Technologies).

4.7 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos de la evaluación de parámetros sensoriales y la evaluación proximal se expresaron como la media \pm desviación estándar. La comparación entre todos los tratamientos se realizó con la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 %. Todas las muestras se realizaron por triplicado. Los datos se analizaron con el paquete estadístico utilizando el software R 3.4.3. Los datos de las evaluaciones JAR se analizaron con el programa estadístico XLSTAT de Addinsoft utilizando Microsoft Excel 2016.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis microbiológicos de ingredientes

De acuerdo a la NOM-147-SSA1-1996, los límites máximos que deben cumplir los ingredientes que se utilizan para harinas y productos de panificación son hasta 10,000 UFC/g para mesófilos aerobios y 300 UFC/g para mohos y levaduras. Se puede observar en el Cuadro 5 las evaluaciones microbiológicas. Por lo anterior, todos los ingredientes cumplen con la norma, a excepción de los niveles de mesófilos aerobios en la cocoa. Por lo tanto, se adquirió la cocoa con un segundo proveedor y, nuevamente, la muestra no cumplió con la norma. Una tercera muestra de cocoa fue incluida y está si cumplió con las especificaciones establecidas en la norma (Cuadro 5).

Cuadro 5. Evaluaciones microbiológicas de los ingredientes utilizados para el desarrollo de la barra

Ingrediente	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Hongos y levaduras (UFC/g)
Miel	200-900	<100
Coco	<100-3000	<100
Chía	300-900	<100
Cacahuate	200-1200	100-300
Cocoa primer proveedor	320-5 800,000	<100-300
Cocoa segundo proveedor	8,300,000-9,400,000	<100-200
Cocoa tercer proveedor	1,500-2,000	<100

5.2 Desarrollo de una formulación base para la inclusión de grillo

La tendencia a comer alimentos más nutritivos en lugar de productos dulces ha llevado al desarrollo de diferentes de barras tipo de snack. Por lo que, las personas interesadas en obtener alimentos más saludables y mantener una buena forma física han cambiado sus hábitos alimenticios, lo que ha impulsado el crecimiento en el mercado de las barras de cereal del 20 % anual. Las barras tipo snack pueden considerarse una fuente confiable de proteínas, fibras, vitaminas y minerales de alta calidad (Constantin e Istrati., 2018).

Por otro lado, los alimentos funcionales son los alimentos que están compuestos por elementos distintos, fortificados y enriquecidos que brindan beneficios para la salud además del suministro de nutrientes esenciales (por ejemplo, vitaminas y minerales) cuando se consumen en niveles efectivos dentro de una dieta variada. Por lo que, las barras tipo snack por su portabilidad y beneficios a la salud son cada vez más populares como alimentos funcionales, debido a su composición de nutrientes (Constantin e Istrati, 2018)

El objetivo del proyecto fue desarrollar una barra tipo snack con grillo que sea aceptada sensorialmente. Se realizaron 2 pruebas sensoriales para elegir los ingredientes que conformaron la barra base a la cual se agregó la harina del grillo. Los ingredientes se seleccionaron en base su alto contenido de proteínas, bajo contenido de azúcares simples e ingredientes comúnmente utilizados en barras comerciales para favorecer la aceptabilidad sensorial de los consumidores. Dentro de los ingredientes secos seleccionados se incluyeron el cacahuate, chía, coco deshidratado sin azúcar, cocoa y amaranto. Como aglutinante y endulzante se utilizó miel para incluir la harina de grillo en una formulación posterior (Cuadros 7 y 8).

En el Cuadro 6 se incluye la formulación inicial para el desarrollo de la barra con diferentes proporciones de ingredientes. Se decidió incorporar miel de 18.1 a 23.5 %, cacahuate de 26.3 a 28.1 %, amaranto de 9.9 a 10.5 %, chía de 13.1 a 14.1 %, coco de 13.1 a 14.1 % y cocoa de 14.1 a 15.1 % en base al peso total de la barra.

Cuadro 6. Formulaciones para el desarrollo de la barra base

Ingrediente	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Miel	18.1	20.8	23.5
Cacahuete	28.1	27.2	26.3
Amaranto	10.5	10.2	9.9
Chía	14.1	13.6	13.1
Coco	14.1	13.6	13.1
Cocoa	15.1	14.6	14.1

Datos expresados en porcentaje.

El grupo de panelistas que participó en la evaluación sensorial estuvo constituido por 55 % de mujeres y 45 % de hombres desde 20 hasta 36 años de edad. Se encontró que el 52.2 % de los panelistas consumen barras habitualmente y el 47.7 % no las consume habitualmente; por lo que hay un mercado con grandes posibilidades de crecimiento.

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de las tres formulaciones antes descritas. Se observa que la formulación 3 fue la más aceptada con un valor de 6.73 de aceptabilidad general, de 6.37 consistencia y de 6.66 para el sabor. La formulación 2 con un valor de 6.25 de aceptabilidad general, de 6.05 de consistencia y 6.07 de sabor. Finalmente, la formulación 1 con un valor de 6.09 de aceptabilidad general, de 5.76 de consistencia y 5.83 de sabor. Por lo anterior, estos valores de la evaluación sensorial deben ser mejorados como mínimo a 7 (consistencia, sabor y aceptabilidad general), debido a que la inclusión de harina de grillo disminuye la aceptabilidad general de los productos.

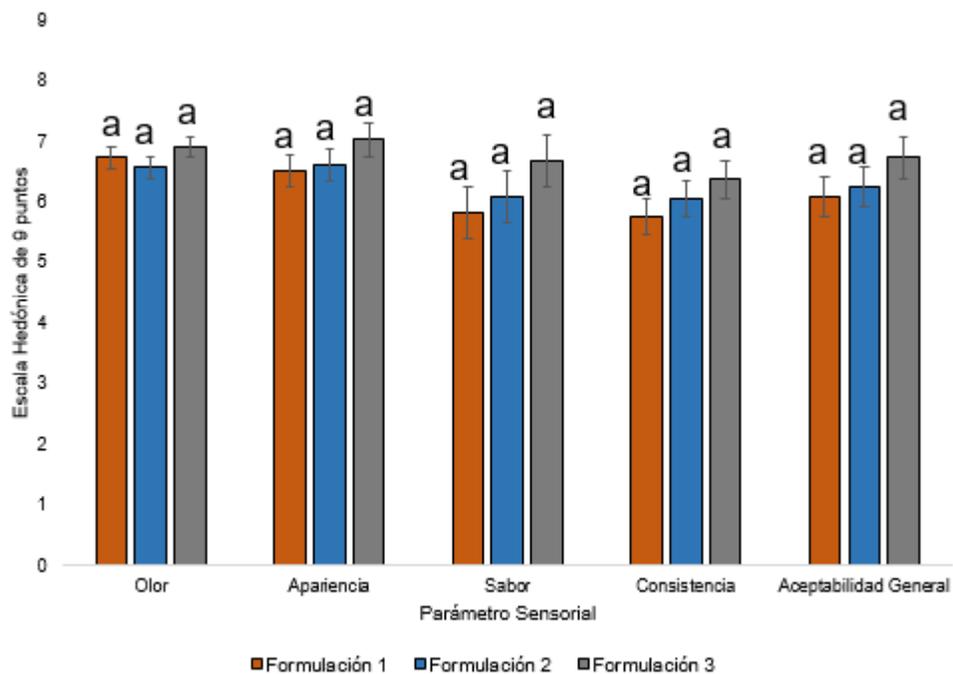


Figura 1. Parámetros sensoriales evaluados en la formulación de la primera barra base. Letras iguales para un mismo parámetro de evaluación sensorial indican que no existe diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

En un estudio de la formulación de barras energéticas realizado por Zambrano-Loor y Muñoz-Murillo (2020) encontraron que la formulación de la barra con mayor proporción de amaranto fue la que menor puntaje de aceptabilidad general obtuvo.

Los valores de consistencia obtenidos se atribuyen al amaranto, debido que generaba una consistencia quebradiza a mayor porcentaje de amaranto (formulación 1) y algunos comentarios de los panelistas en la evaluación sensorial fueron que el amaranto no se juntó el de manera óptima en la barra. Por lo que, se decidió eliminar el amaranto como ingrediente base para la formulación.

Los valores de sabor obtenidos se atribuyen a la cocoa, debido a que tenían un sabor amargo que no le gustó a la mayoría de los panelistas. Por lo que, se decidió disminuir el porcentaje de cocoa de la barra.

Para determinar el efecto de la eliminación de amaranto y disminución de cocos sobre la consistencia y sabor de las barras se evaluaron 4 nuevas formulaciones con concentraciones de cocoa de 8 a 9.1 %, de miel de 18.2 a 28 %, cacahuete de 32 a 36.3 %, chía de 16 a 18.2 % y coco de 16 al 18.2 % en base al peso total de la barra (Cuadro 7).

Cuadro 7. Formulación de una segunda barra base para inclusión de grillo

Ingrediente para barra	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3	Formulación 4
Miel	18.2	21.7	25	28
Cocoa	9.1	8.7	8.3	8
Cacahuete	36.3	34.8	33.3	32
Chía	18.2	17.4	16.7	16
Coco	18.2	17.4	16.7	16

Datos expresados en porcentaje.

El grupo de panelistas que participó en la evaluación sensorial final estaba constituido por 62 % de mujeres y 38 % de hombres desde 20 hasta 40 años de edad. Se encontró que el 63.64 % de los panelistas consumen barras habitualmente y el 36.36 % no las consume habitualmente.

En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de las cuatro formulaciones descritas anteriormente, en la cual las formulaciones 2, 3 y 4 fueron aceptadas sensorialmente de manera moderada respecto a la aceptabilidad general, ya que presentan un valor promedio de 7 entre los panelistas, el cual fue el límite propuesto en esta investigación para tener una barra en la cual se incluyó la harina de grillo. Para la consistencia se obtuvieron valores mínimos de 6.7 para las formulaciones 2, 3 y 4, por lo cual se puede considerar que el parámetro es aceptado de manera moderada por los panelistas. No hubo diferencia significativa

en los atributos del al olor y la apariencia, por lo que todas las barras se perciben iguales.

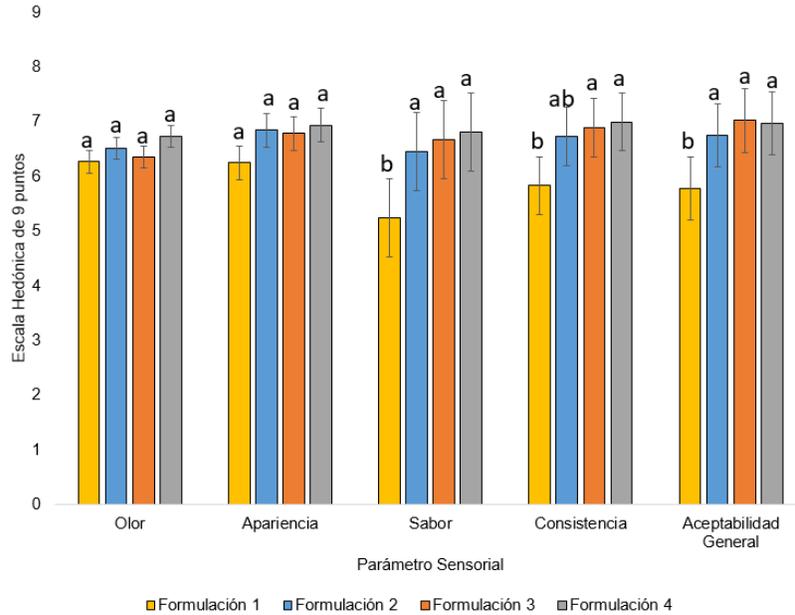


Figura 2. Parámetros sensoriales evaluados en la formulación de la segunda barra base. Letras diferentes para un mismo parámetro de evaluación sensorial indican diferencia estadística significativa con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

El índice de aceptabilidad (calculado por el [promedio de aceptabilidad general/9]*100) es utilizado para conocer si una formulación es aceptada sensorialmente, donde es necesario que al menos 70 % de los panelistas la acepten (Tiepo y col., 2021).

El índice de aceptabilidad general de la segunda formulación base se observa en la Figura 3. Las formulaciones 2, 3 y 4 obtuvieron valores mínimos de 70 %, por lo que se puede considerar que las tres formulaciones son aceptadas sensorialmente, con excepción de la muestra 1 que tuvo un valor menor al 70 %. Esta barra 1 fue menos aceptada por los panelistas por su sabor amargo, siendo esta formulación la que contenía más cocoa. La mayoría de los panelistas consideraron que las barras restantes tenían un sabor a chocolate agradable, por lo se puede

considerar que la cocoa ayudó a mejorar las características del producto a diferencia de la evaluación anterior, donde tenía un porcentaje mayor de cocoa.

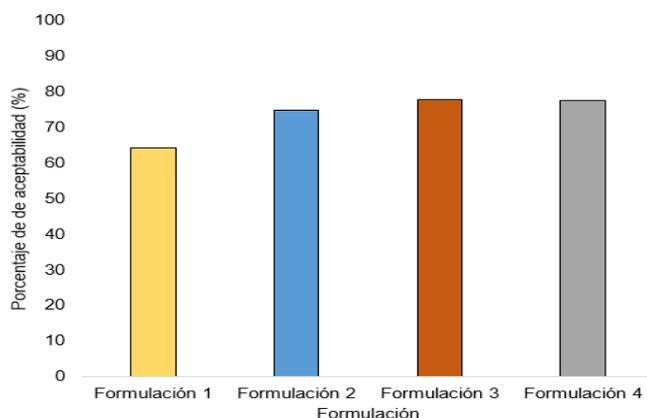


Figura 3. Índice de aceptabilidad general de la formulación base final.

Las pruebas JAR se usan con el objetivo de obtener el punto ideal u óptimo de un parámetro a evaluar. Se utilizan con la intención de mejorar un parámetro específico en relación con la aceptabilidad general. Un parámetro sensorial se considera que está en un punto ideal u óptimo cuando este porcentaje es mayor al 75 % (Popper, 2014).

En la Figura 4 se presentan los resultados de la evaluación JAR de la segunda formulación base. La formulación 1 (Figura 4a), presenta los valores más bajos, solamente el 27 y 40 % de los panelistas consideraron que se encuentra en el punto ideal para dulzor y amargor, respectivamente. Para la formulación 2 (Figura 4b) y formulación 3 (Figura 4c) estos valores mejoraron; 67 y 58 % y del 56 y 47 % para dulzor y amargor, respectivamente. La formulación 4 (Figura 4d) se encuentra optimizada para el dulzor, pero no para el amargor, ya que únicamente 59 % de los panelistas lo consideran óptimo. Estos valores demuestran que la formulación 4 aún está muy amarga, ya que apenas el 30 % de los panelistas considera que está por encima de lo ideal.

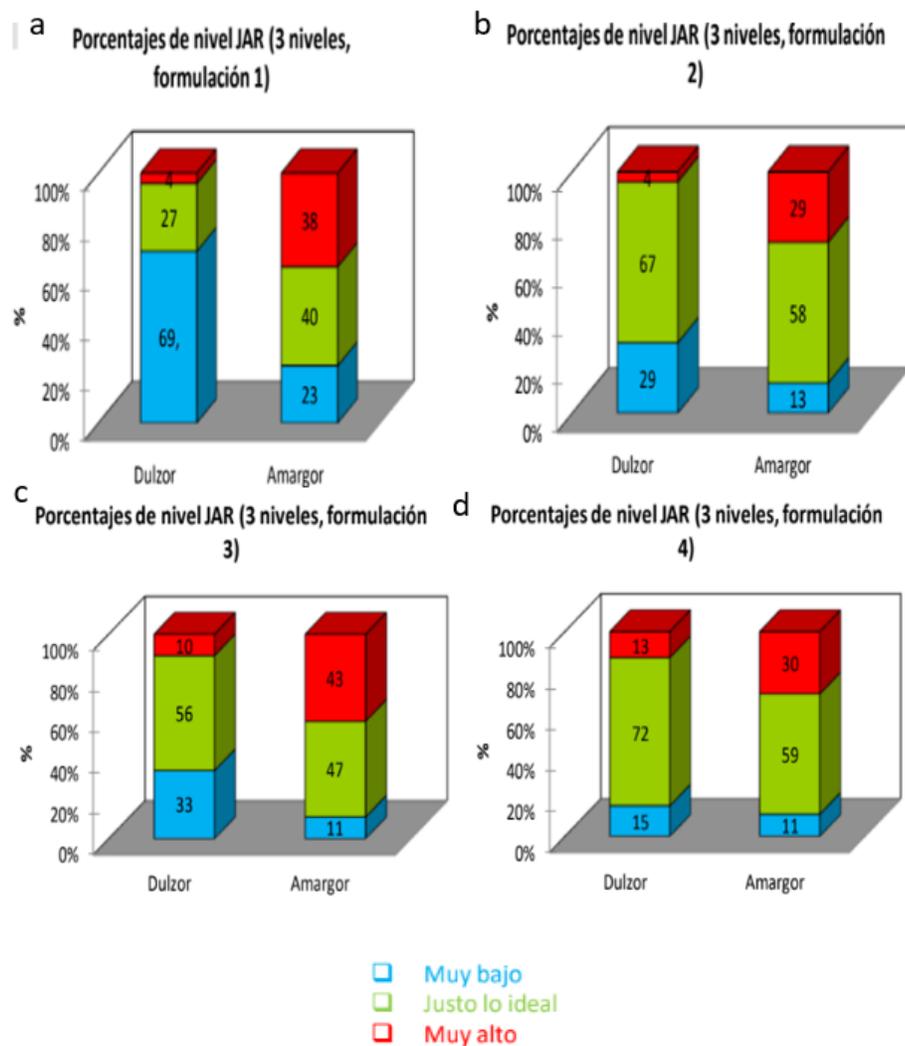


Figura 4. Escala JAR de las diferentes formulaciones base final. Formulación 1 (a), Formulación 2 (b), Formulación 3 (c) y Formulación 4 (d).

5.3 Desarrollo de la formulación de la barra con harina de grillo

Las barras tipo snacks se pueden realizar a base de cereales y fuentes de proteínas convencionales como plantas y animales o con fuentes de proteínas no convencionales como harina de grillo como alternativa para la alimentación por sus beneficios a la salud (Constantin e Istrati, 2018).

Por lo cual, el mercado global ofrece insectos enteros o procesados como una alternativa en la alimentación que pueden ser incluidos en productos como barras

con chocolate, barras con granola o galletas mezcladas con grillo. Estos alimentos se encuentran principalmente en México y en el continente asiático (de Carvalho y col., 2019). Sin embargo, un reto para el desarrollo de nuevos productos es la aceptabilidad sensorial, la cual disminuye cuando se agrega insectos a dichos alimentos.

Con los datos obtenidos de la evaluación sensorial anterior se definió el porcentaje de cocoa en polvo para generar la barra final a la cual se le agregó la harina de grillo. Castro-Delgado y colaboradores (2020) sustituyeron parte de la harina que utilizaron por harina de grillo en la formulación de galletas con chispas de chocolate. Se decidió hacer la inclusión de la harina de grillo sustituyendo parte del cacahuate, chía y coco por la harina de grillo, debido a que son los ingredientes secos que contienen las barras; sin embargo, la cocoa se decidió dejar en el mismo porcentaje porque se consideraba que ayudaría a enmascarar el sabor y la coloración que otorgaría la harina de grillo a la barra. Además, para disminuir el contenido calórico de la barra, se decidió sustituir la miel por alulosa como aglutinante y edulcorante para la barra.

La alulosa, monosacárido epímero de la fructosa en el carbono 3, tiene alrededor de 70 % de dulzor en relación a la sacarosa con un aporte calórico de 0.2 kcal/g. La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) reconoce a la alulosa como GRAS (Generalmente Reconocida como Segura). Además, este edulcorante contiene propiedades similares de sabor, rendimiento y textura que otras azúcares; sin embargo, no eleva los niveles de glucosa en pacientes diabéticos y puede utilizarse como regulador metabólico único de grasa y glucosa en el metabolismo (Ahmed y col., 2022; Jiang y col., 2020).

En los Cuadros 8 y 9 se muestran las formulaciones de las barras adicionadas con grillo. El porcentaje de cacahuate fue del 22.22 a 32 %, chía de 6.34 al 16 %, coco de 6.34 a 16 %; la cocoa se conservó en 8 y 7.93 % y la miel en 28 % para las primeras tres formulaciones (Cuadro 8). La alulosa líquida fue de 33.6 y 33.33 % y los porcentajes de grillo fueron de 0 a 24 % (Cuadro 9).

Cuadro 8. Diseño de formulaciones de las barras con miel y grillo

Ingrediente	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Cacahuete	32	27.2	24
Chía	16	11.2	8
Coco deshidratado sin azúcar	16	11.2	8
Cocoa en polvo sin azúcar	8	8	8
Miel	28	28	28
Harina de grillo	0	14.4	24

Datos expresados en porcentaje.

Cuadro 9. Diseño de formulaciones de las barras con alulosa y grillo

Ingrediente	Formulación 4	Formulación 5	Formulación 6
Cacahuete	30.4	25.6	22.22
Chía	14.4	9.6	6.34
Coco deshidratado sin azúcar	14.4	9.6	6.34
Cocoa en polvo sin azúcar	8	8	7.93
Alulosa	33.6	33.6	33.33
Harina de grillo	0	14.4	23.8

Datos expresados en porcentaje.

En la Figura 5 se puede observar fotografías de las formulaciones con grillo, donde destaca que todas tienen un color café similar y se aprecian fragmentos de cacahuete.

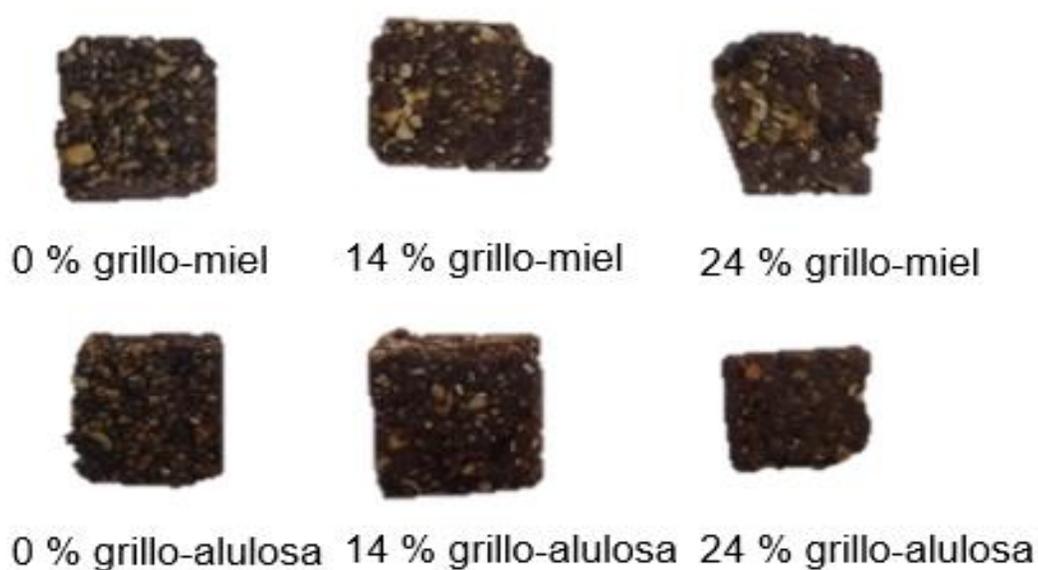


Figura 5. Fotografías de las barras elaboradas con grillo y endulzadas con miel o alulosa.

El grupo de panelistas que participó en la evaluación sensorial final de la barra adicionada con grillo fue conformado por 55 % de mujeres y 45 % de hombres desde 21 hasta 40 años de edad. Se encontró que el 54 % de los panelistas consumen barras habitualmente y el 46 % no las consume habitualmente. Además, se encontró que el 59 % de los panelistas ha consumido insectos y 41 % de los panelistas no habían consumido insectos anteriormente.

En la Figura 6 se observan los resultados de la evaluación sensorial realizada de las formulaciones antes descritas en donde se especifica el porcentaje de grillo incluido y el endulzante que se utilizó. Las formulaciones sin grillo fueron bien aceptadas sensorialmente por los panelistas con valores alrededor de 7 para todos los parámetros. El olor y la apariencia no tienen diferencia significativa entre las

barras con y sin grillo; esto puede deberse a que la inclusión de grillo con la cocoa da una coloración y olor muy similares al control (formulaciones endulzadas con miel y alulosa sin grillo). La cocoa enmascara el olor y coloración que puede aportar la harina de grillo durante la preparación de la barra.

Los parámetros de las formulaciones con 14 % de grillo y adicionadas con miel o alulosa fueron similares al control (0 % grillo-miel y 0 % grillo-alulosa). Sin embargo, a mayores concentraciones de grillo hay una disminución en los parámetros de sabor, consistencia y aceptabilidad general (Figura 6).

La formulación con 14 % grillo y endulzado con miel y alulosa presentaron valores de aceptabilidad general de 6.84 y 6.92, respectivamente.

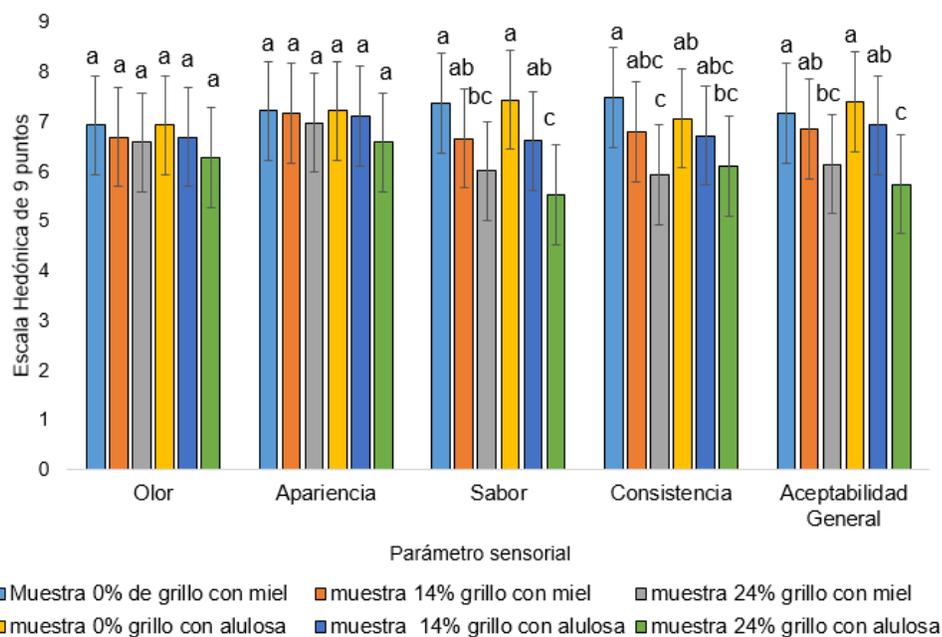


Figura 6. Parámetros sensoriales evaluados en las formulaciones de barra adicionadas con grillo. Letras diferentes para un mismo parámetro de evaluación sensorial indican diferencia estadística significativa con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Bartkowicz y Babicz-Zielińska (2020) realizaron barras con avena, semillas de sésamo, arándano, miel, coco, semillas de girasol, avellanas, leche condensada y

harina de grillo. Reportaron valores de aceptabilidad general de 8.5 para la barra control sin grillo y 5.8 para barras con grillo, siendo un valor menor al obtenido en esta investigación. Los investigadores asociaron la baja aceptabilidad a la apariencia de las barras.

Ribeiro y colaboradores (2019) realizaron barras con dátiles, sultanas negras, miel, mantequilla de cacahuete, aceite de oliva, avena, centeno, linaza, semillas de girasol, almendras, nueces y harina de grillo. Reportaron valores de aceptabilidad general de 7 para las barras control y con grillo. Los investigadores asociaron que el factor clave para la aceptabilidad general de las barras es el sabor.

Zhong (2017) realizó barras con cerezas secas, almendras, dátiles, canela, sal marina y harina de grillo. Reportó valores de aceptabilidad general de 5.75 para la barra con grillo y el control que utilizó fue una barra comercial con una aceptabilidad general de 6.67. Zhong (2017) asoció la baja aceptabilidad de las barras con grillo a la consistencia y al sabor que proporcionaba el grillo.

Son necesarias más investigaciones de barras con harina de grillo que utilicen edulcorantes no calóricos, debido a que los objetivos de estas investigaciones fueron desarrollar productos con harina de grillo sin importar el contenido de las azúcares.

En la Figura 7 se presenta el índice de aceptabilidad de las barras, donde se observa que las formulaciones 0 % grillo-miel, 14 % grillo-alulosa, 0 % grillo-alulosa y 14 % grillo-alulosa obtuvieron valores mínimos de 70 %, por lo que se puede considerar que las cuatro formulaciones son aceptadas sensorialmente. Mientras que, las formulaciones 24 % grillo-miel y 24 % grillo-alulosa tuvieron valores menores al 70 %. La formulación con mayor índice de aceptabilidad fue la formulación 0 % grillo-alulosa con 82 % de aceptabilidad. Las barras 0 % grillo-miel y 14 % grillo-alulosa tienen una aceptabilidad de 79.5 y 76.9 %, respectivamente, por lo que pueden considerarse aceptadas sensorialmente.

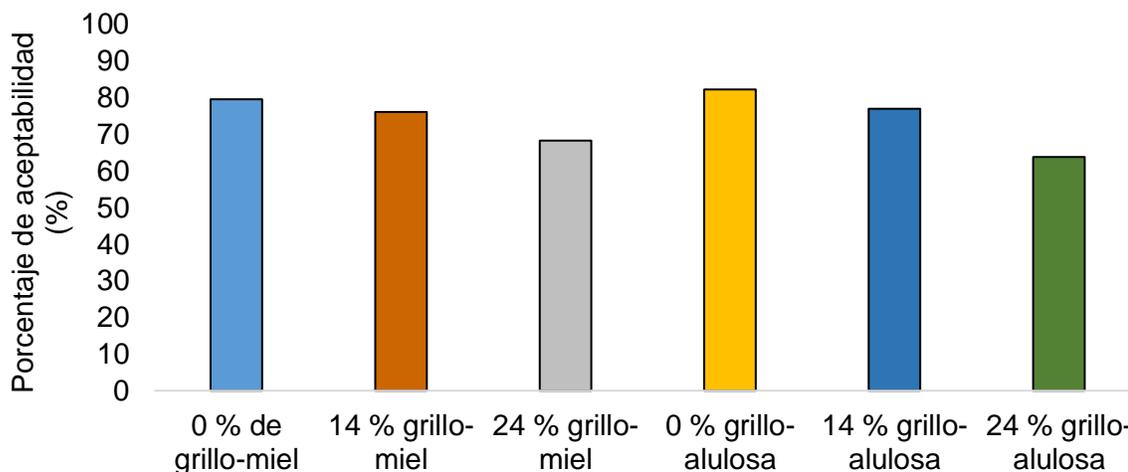


Figura 7. Índice de aceptabilidad general de las formulaciones de barras con grillo.

Como se puede observar en la Figura 8a, la formulación 0 % grillo-miel se encuentra optimizada para el amargor (74 %), pero no para el dulzor, ya que el 68 % de los panelistas no lo consideran el óptimo. Al adicionar grillo al 14 % se mantiene el dulzor (66 %), pero el valor para el amargor fue del 55 % (Figura 8b). La formulación 24 % grillo-miel presentó valores más bajos (Figura 8c); sólo el 42 y 29 % de los panelistas encuentran en su punto ideal el dulzor y amargor, respectivamente. Las formulaciones 14 % grillo-miel y 24 % grillo-miel se consideran muy amargas, ya que únicamente el 32 y 47 % de los panelistas consideran que estas formulaciones están por encima de lo ideal, respectivamente.

Para la formulación 0 % grillo-alulosa (Figura 8d), la barra se encuentra optimizada para el dulzor, pero el 66 % de los panelistas no consideran óptimo el amargor. Por otro lado, sólo el 54 y 50 % de los panelistas encuentran la formulación 14 % grillo-alulosa (Figura 8e), en su punto ideal para dulzor y amargor, respectivamente. Mientras que, sólo el 37 y 29 % de los panelistas encuentran la formulación 24 % grillo-alulosa (Figura 8f) en su punto ideal para dulzor y amargor, respectivamente.

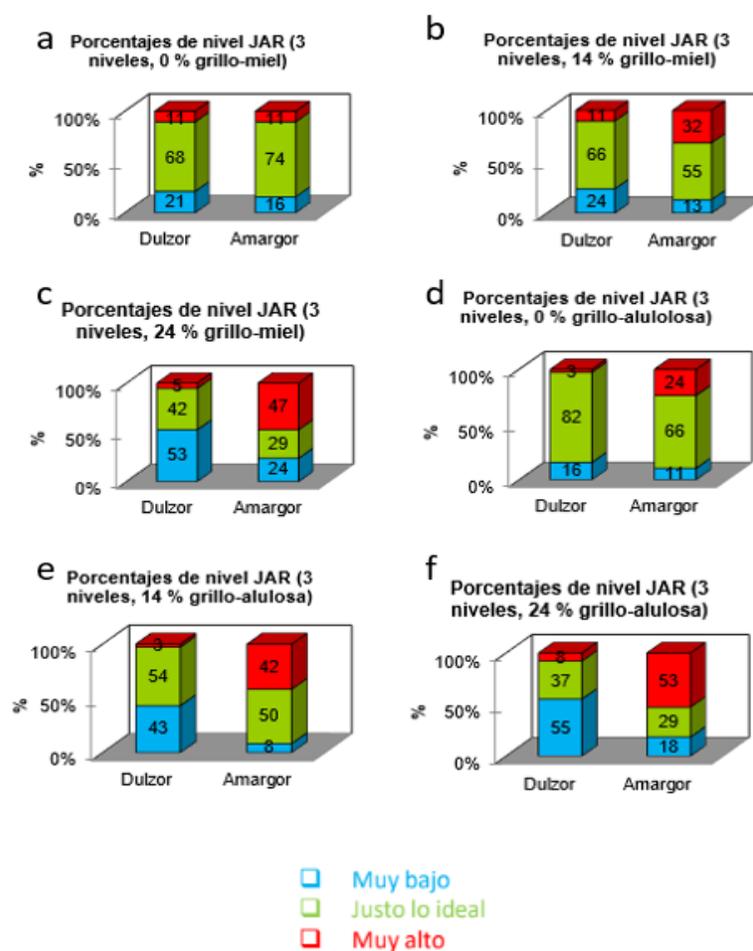


Figura 8. Escala JAR de las formulaciones de barra adicionada con grillo. Formulación 0 % grillo-miel (a), Formulación 14 % grillo-miel (b), Formulación 24 % grillo-miel (c), Formulación 0 % grillo-alulosa (d), Formulación 14 % grillo-alulosa (e) y Formulación 24 % grillo-alulosa (f).

5.4 Evaluación proximal de la barra con harina de grillo

En el Cuadro 10 se presenta el contenido proximal en base seca de las formulaciones con grillo. Destaca el contenido de proteína que contienen las formulaciones con grillo con 21.0, 24.9, 20.4 y 23.9 % de proteína para las formulaciones 14 % grillo-miel, 24 % grillo-miel, 14 % grillo-alulosa y 24 % grillo-alulosa, respectivamente. Se puede observar un incremento proteínas totales a mayor inclusión de grillo. Además, se observa un incremento del contenido de fibra dietaria desde 17.6 a 27.2 % para las formulaciones 0 % grillo-miel, 14 % grillo-miel

y 24 % grillo-miel. Para las formulaciones 0 % grillo-alulosa, 14 % grillo-alulosa y 24 % grillo-alulosa se observa un incremento de 18.1 a 30.1 % por 100 g de la barra.

En general, las barras a base de proteínas contienen la siguiente proporción de ingredientes: proteínas de soya o de lácteos (20-40 %), carbohidratos como jarabes de fructosa (10-50 %) y grasas (10-15 %). Las barras de proteínas, además de los ingredientes básicos, pueden contener otros componentes, como saborizantes y estabilizadores (Constantin e Istrati., 2018). Es de destacar que, en este proyecto, no se utilizaron estabilizadores ni saborizantes.

En los últimos años ha crecido significativamente la demanda de barras tipo snack con altos contenidos de proteínas por parte de las personas que practican actividades deportivas; como parte de sus dietas o como sustitutos de comidas. Estas barras tipo snack brindan una alternativa saludable a los refrigerios convencionales debido a su alto contenido de proteínas (15-35 %, p/p) y otros ingredientes nutricionalmente beneficiosos (Constantin e Istrati, 2018). Las barras con grillo entran dentro de la categoría de barras altas en proteínas, debido a que las que contienen grillo tienen más del 15 % de proteína en 100 g de la barra

Por otro lado, respecto al aumento del contenido de fibra dietética en la dieta diaria, ésta se justifica por el papel positivo de las fibras en la salud y la prevención de enfermedades, especialmente en la salud digestiva, el equilibrio energético, el cáncer y los problemas cardiovasculares y diabetes (Constantin e Istrati., 2018). La barra desarrollada presentó de 17.6 a 30.1 g de fibra por 100 gramos de la barra (Cuadro 10).

Cuadro 10. Contenido proximal de las diferentes formulaciones de barra adicionadas con grillo

Formulación	Proteínas (%)	Grasas (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)	Azúcares simples (%)	Fibra dietética total (%)
0 % grillo-miel	13.4 ± 0.1 c	33.8 ± 0.3 a	2.4 ± 0.1 b	50.5 ± 0.5 a	17.4 ± 0.3 a	17.6
14 % grillo-miel	21.0 ± 0.3 b	28.2 ± 1.1 bc	2.9 ± 0.0 ab	47.7 ± 1.0 a	17.2 ± 1.1 a	23.2
24 % grillo-miel	24.9 ± 0.4 a	27.7 ± 0.5 c	2.9 ± 0.1 a	44.7 ± 0.1 a	156.4 ± 2.3 a	27.2
0 % grillo-alulosa	13.8 ± 0.7 c	31.9 ± 0.2 b	2.4 ± 0.2 ab	59.1 ± 9.4 a	29.1 ± 2.0 a	18.1
14 % grillo-alulosa	20.4 ± 0.3 b	26.3 ± 1.1 cd	2.7 ± 0.2 ab	50.6 ± 1.1 a	28.3 ± 1.0 a	25.0
24 % grillo-alulosa	23.9 ± 0.2 a	23.9 ± 0.7 d	2.9 ± 0.0 a	49.2 ± 1.0 a	28.2 ± 3.6 a	30.1

Los valores representan la media ± la desviación estándar. Cada valor con diferente letra indica diferencia significativa con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de confianza de 95 %.

De acuerdo a la Dirección General de Consumidores y Salud del Consumidor Europeo, la cantidad de carbohidratos, proteínas y grasas en una barra saludable de 100 g debe estar entre 10 y 40 g. Adicionalmente, las barras que contienen un rango de 8.97 a 9.16 g de fibra pueden considerarse productos ricos en fibra de acuerdo con el Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo (2006, No. 1924/2006). Si un producto de 100 g contiene al menos 3 g de fibra, se puede considerar que el producto es una fuente de fibra. Si un producto de 100 g contiene al menos 6 g de fibra, se puede considerar rico en fibra (Noor y col., 2022). Por lo anterior, las barras desarrolladas se pueden considerar dentro de la categoría de rico en fibra, debido a que tienen desde 17.6 a 30.1 g de fibra por 100 g de la barra.

Por otro lado, al hacer una comparación con productos del mercado existentes (Cuadro 11), se observó que los valores de proteínas son similares a la barra con 14 y 24 % grillo-alulosa. Además, se puede observar que el aporte de fibra dietaria total de la barra de grillo fue de 2.5 veces más comparado la barra integra multigrano

natural. Es importante considerar que estas barras comerciales tienen fuentes de proteínas convencionales.

Cuadro 11. Contenido de proteínas y fibra dietaria de barras comerciales

Barras comerciales	Proteína (%)	Fibra dietaria total (%)
Barra 14 % grillo-alulosa	20.4	25
Barra bimbo PRO-T	20.83	4.16
Barra integral multigrano natural	25	10
Barra Kellogs de proteína con cacahuete y chocolate	25	9.3

Respecto al contenido de grasa cuantificado en todas las barras, el contenido de grasas es del 37.2 al 55.6 % mayor al límite superior (15 %) descrito por Constantin e Istrati (2018). Esto puede deberse al contenido de grasas que contienen algunos ingredientes como el coco y el cacahuete. Por lo tanto, el contenido de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados podría ser alto y esto impactaría en beneficios a la salud. Para corroborar esta información se realizó un perfil de ácidos grasos en las barras desarrolladas.

5.5 Análisis de ácidos grasos de la barra con harina de grillo

En la actualidad, existe una amplia gama de productos de panadería enriquecidos con omega-3. Por lo general, las fuentes naturales de ácidos grasos n-3 son los aceites de semillas y de pescado. Las barras con alto contenido en ácidos grasos esenciales son generalmente aquellas que contienen semillas y aceites vegetales (aceites de canola, soya, maíz y girasol); estas son las principales fuentes de ácido linoleico, pero con una baja proporción de ácido α -linolénico. Sin embargo, una fuente de ácido α -linolénico es la chía. La adición de chía en bocadillos, como

las barras, se explica por sus propiedades preventivas y funcionales, como la mejora de la función vascular (Constantin e Istrati., 2018).

Debido a que una de las principales preocupaciones respecto el contenido nutrimental de los alimentos es su contenido de grasa, así como el perfil de ácidos grasos que puede tener un alimento, se determinó el perfil de ácidos grasos de las 6 formulaciones por cromatografía de gases acoplada a masas.

El perfil de ácidos grasos de las diferentes barras elaboradas con miel o alulosa como edulcorante y harina de grillo se muestran en el Cuadro 12. Es destacable que los ácidos grasos mayoritarios fueron los ácidos oleico (C 18:1 n9) y linoleico (C 18:2 n 6). Se ha reportado que el ácido graso mayoritario en los cacahuates es el ácido oleico con una concentración reportada de 339 mg/g (Parilli-Moser y col., 2022). Teniendo en consideración que este ingrediente se encuentra en las formulaciones desde un 22.2 a un 32 %, este ingrediente puede ser uno de los principales responsables del aporte del ácido oleico. El ácido linoleico es el ácido graso mayoritario del aceite de chía, con una concentración de 600 mg/g (Ibrahim y col., 2019), la chía representa hasta el 16% de las formulaciones, por lo que puede ser responsable de la concentración de ácido linoleico de las barras. Además, se ha reportado que los dos ácidos grasos antes mencionados son los mayoritarios de la harina de *Acheta domesticus*.

Respecto a la comparación entre las formulaciones en las que se adicionó miel como edulcorante y las que utilizaron alulosa, se puede apreciar que las formulaciones que incluyeron alulosa en su formulación tuvieron una disminución de aproximadamente un 30 % en la concentración de todos los ácidos grasos, puede atribuirse a que se ajustó la concentración de miel a alulosa, de acuerdo al poder edulcorante de ambos productos, en donde se optó por incrementar la concentración de alulosa respecto a las formulaciones que contenían miel para ajustar el nivel de dulzor.

Cuadro 12. Concentración de ácidos grasos de las barras adicionadas con harina de grillo.

Ácidos grasos	Composición (mg/g)					
	0 % grillo-miel	14 % grillo-miel	24 % grillo-miel	0 % grillo-alulosa	14 % grillo-alulosa	24 % grillo-alulosa
Ácido caproico	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.0
Ácido caprílico	4.0 ± 1.4	3.4 ± 0.9	3.7 ± 0.1	3.2 ± 1.5	2.1 ± 0.5	2.9 ± 0.7
Ácido cáprico	3.6 ± 1.4	3.2 ± 0.9	3.8 ± 0.1	2.9 ± 1.7	2.2 ± 0.6	3.0 ± 0.8
Ácido láurico	33.5 ± 15.1	32.5 ± 7.3	36.2 ± 0.8	26.1 ± 18.8	22.1 ± 5.6	31.5 ± 7.9
Ácido mirístico	16.4 ± 8.7	15.7 ± 4.0	18.4 ± 0.4	11.1 ± 10.6	10.4 ± 2.6	15.9 ± 3.9
Ácido palmítico	32.5 ± 18.3	43.8 ± 11.4	70.2 ± 1.7	24.3 ± 22.9	28.8 ± 7.2	75.1 ± 20.1
Ácido esteárico	18.8 ± 11.2	26.8 ± 7.1	41.2 ± 0.6	13.4 ± 14.2	16.6 ± 4.2	46.8 ± 11.6
Ácido oleico	156.7 ± 91.6	196.4 ± 43.7	281.3 ± 1.4	114.7 ± 120.3	132.1 ± 33.3	307.6 ± 77.3
Ácido linoleico	60.4 ± 30.8	83.7 ± 18.8	131.7 ± 3.2	50.8 ± 50.8	52.2 ± 13.2	157.3 ± 30.5
Ácido linolénico	19.6 ± 8.3	16.0 ± 5.5	21.7 ± 21.9	8.9 ± 7.2	6.2 ± 1.6	4.53
AGS	108.9	125.5	173.7	82.1	82.4	174.5
AGMI	196.4	196.4	281.3	114.7	132.1	307.6
AGPI	79.6	99.7	153.3	93.8	28.3	161.9

AGS: ácidos grasos saturados, AGMI: ácidos grasos monoinsaturados y AGPI: ácidos grasos poliinsaturados.

En cuanto al impacto de la adición de harina de grillo en el perfil de ácidos grasos, se puede apreciar un incremento en la concentración de todos los ácidos grasos, especialmente en los ácidos grasos poliinsaturados, que incrementaron un 43 y un 48 % con la adición de grillo al 24 % en las formulaciones con miel y alulosa, respectivamente. Respecto a los ácidos grasos monoinsaturados, el incremento en las formulaciones con 24 % de grillo fue del 30 y 60 % para las formulaciones a base de miel y alulosa como edulcorante; por último, respecto a los ácidos grasos saturados el incremento fue de 37 y 52 % en las mencionadas formulaciones.

Es importante destacar que el impacto de la adición de AD en alimentos en el perfil de ácidos grasos ya ha sido reportado por Kowalczewski y colaboradores (2021), quien encontró que a la adición de grillo al 10 % incrementó los ácidos grasos poliinsaturados en 20.1 % y los saturados en 59.7 % respecto al control de un pan libre de gluten.

Debido a que el cambio en el perfil de ácidos grasos en las formulaciones que incluían grillo fue en rangos similares en todas las fracciones de ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados), es posible que el cambio en el perfil pueda atribuirse, además del contenido de ácidos grasos del grillo, por el cambio en las proporciones de otros ingredientes como los edulcorantes y la cocoa.

VI. CONCLUSIONES

Para la elaboración de la barra base donde incorporar la harina de grillo, las proporciones de los ingredientes resultaban en un cambio físico de la consistencia y del sabor final de las barras. La mayor proporción de chía y coco permitió mejorar la consistencia de la barra.

Al incluir porcentajes elevados de la harina de grillo (24 %), disminuye la aceptabilidad general de las barras. Sin embargo, con porcentajes menores (14 %) se generó una barra con harina de grillo aceptada sensorialmente; parte de este efecto se atribuyó a la cocoa en polvo para enmascarar los sabores y la apariencia que proporciona la adición de la harina de grillo en la barra.

La adición de la harina de grillo aumenta los beneficios a la salud que puede tener un producto, pero en la mayoría de los estudios obtienen niveles de elevados de azúcares contrarrestando los beneficios que la harina de grillo puede aportar. La alulosa, como edulcorante no calórico mejoró las características de consistencia de la barra, lo que permite tener una alternativa para sustituir la miel como un edulcorante y aglutinante en productos como barras tipo snacks, que aporta menos calorías y permita mantener los beneficios a la salud que aporta la harina de grillo en los productos desarrollados.

La adición de harina de grillo a la formulación de una barra aumenta el contenido de proteínas, fibra dietaria, ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados y saturados. Esto es una alternativa que se puede comercializar para promover la entomofagia y los beneficios que la barra pueda impartir al consumidor.

VII. REFERENCIAS

AOAC. Official Method of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA **1990**.

Ahmed A, Khan T A, Dan Ramdath D, Kendall C W, Sievenpiper J L. Rare sugars and their health effects in humans: a systematic review and narrative synthesis of the evidence from human trials. *Nutrition Reviews* **2022**; 80(2), 255-270.

Ali J, Reed M R, Saghaian S H. Determinants of product innovation in food and agribusiness small and medium enterprises: evidence from enterprise survey data of India. *Int Food Agribusiness Manag Rev* **2021**; 24(5), 777–796.

Azanedo L, Garcia-Garcia G, Stone J, Rahimifard S. An overview of current challenges in new food product development. *Sustainability* **2020**; 12(8), 10–13.

Bartkowicz J, Babicz-Zielińska E. Acceptance of bars with edible insects by a selected group of students from tri-city, Poland. *Czech J Food Sci* **2020**; 38(3), 192–197.

Barton A, Richardson C D, McSweeney M B. Consumer attitudes toward entomophagy before and after evaluating cricket (*Acheta domesticus*)-based protein powders. *J Food Sci* **2020**; 85(3), 781–788.

Bawa M, Songsermpong S, Kaewtapee C, Chanput W. Effects of microwave and hot air oven drying on the nutritional, microbiological load, and color parameters of the house crickets (*Acheta domesticus*). *Food Process Preserv* **2020**; 44(5), e14407.

Biró B, Sipos M A, Kovács A, Badak-Kerti K, Pásztor-Huszár K, Gere A. Cricket-enriched oat biscuit: technological analysis and sensory evaluation. *Foods* **2020**; 9(11), 1561.

Bruzzone F, Vidal L, Antúnez L, Giménez A, Deliza R, Ares G. Comparison of intensity scales and CATA questions in new product development: sensory characterisation and directions for product reformulation of milk desserts. *Food Qual Prefer* **2015**; 44, 183–193.

Carocho M, Morales P, Ferreira I C F R. Sweeteners as food additives in the XXI century: a review of what is known, and what is to come. *Food Chem Toxicol* **2017**; 107, 302–317.

Castro-Delgado M, Chambers E, Carbonell-Barrachina A, Noguera-Artiaga L, Vidal-Quintanar R, Burgos-Hernandez A. Consumer acceptability in the USA, Mexico,

and Spain of chocolate chip cookies made with partial insect powder replacement. *J Food Sci* **2020**; 85(6), 1621–1628.

Ciurzyńska A, Cieśluk P, Barwińska M, Marczak W, Ordyniak A, Lenart A, Janowicz, M. Eating habits and sustainable food production in the development of innovative “healthy” snacks. *Sustainability* **2019**; 11(10), 2800.

Cole S, Hopkins L. Consequences of dietary sugar consumption: a historical perspective. *NP* **2019**; 44(10), 38–42.

Constantin O E, Istrati, D I. Functional properties of snack bars. En Lagouri V, Ed. *Functional foods*. Londres: Intech Opens, **2018**: 47-58.

de Carvalho N M, Madureira A R, Pintado M E. The potential of insects as food sources – a review. *Critical Reviews. Food Sci Nutr* **2019**; 60(21), 3642-3652.

Fernandez-Cassi X, Supenu A, Jansson A, Boqvist S, Vagsholm I. Novel foods: a risk profile for the house cricket (*Acheta domestica*). *EFSA* **2018**; e16082.

Freeman C R, Zehra A, Ramirez V, Wiers C E, Volkow N D, Wang G J. Impact of sugar on the body, brain, and behavior. *Front Biosci (landmark edition)* **2018**; 23, 2255–2266.

Gálvez A, Flores I, González A F. Proteínas. En Badui S, Ed. *Química de los alimentos*. 4ta edición. México: Pearson Educación, **2006**: 119-224

Goldfein K R, Slavin J L. Why sugar is added to food. *Food Sci Food Saf* **2015**; 14(5), 644–656.

Hess J M, Jonnalagadda S S, Slavin J L. What is a snack, why do we snack, and how can we choose better snacks? a review of the definitions of snacking, motivations to snack, contributions to dietary intake, and recommendations for improvement. *Adv Nutr* **2016**; 7(3), 466–475.

Ibrahim F Y, Abdel-Haleem A H M, Abosalem K I. Influence of incorporating chia seeds on the quality characteristics of pan bread. *JFDS* **2019**; 10(5), 159-163.

Ismail B P, Senaratne-Lenagala L, Stube A, Brackenridge A. Protein demand: review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production. *Anim Front* **2020**; 10(4), 53–63.

Jiang S, Xiao W, Zhu X, Yang P, Zheng Z, Lu S, Jiang S, Zhang G, Liu J. Review on D-allulose: in vivo metabolism, catalytic mechanism, engineering strain construction, bio-production technology. *Front Bioeng Biotech* **2020**; 26.

Kowalczewski P Ł, Gumienna M, Rybicka I, Górna B, Sarbak P, Dziedzic K, Kmiecik D. Nutritional value and biological activity of gluten-free bread enriched with cricket powder. *Molecules* **2021**; 26(4), 1184.

Lopez-Santamarina A, Mondragon A del C, Lamas A, Miranda J M, Franco C M, Cepeda, A. Animal-origin prebiotics based on chitin: an alternative for the future? a critical review. *Foods* **2020**; 9(6), 786.

Luo X, Arcot J, Gill T, Louie J C Y, Rangan A. A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. *Trends Food Sci Technol* **2019**; 86, 412–425.

Mattes R D. Snacking: A cause for concern. *Physiol Behav* **2018**; 193, 279–283.

Mela D J, Woolner E M. Perspective: total, added, or free? What kind of sugars should we be talking about? *Adv Nutr* **2018**; 9(2), 63-69.

Mihafu F D, Issa J Y, Kamiyango M W. Implication of sensory evaluation and quality assessment in food product development: A review. *Curr Res Nutr Food Sci* **2020**; 8(3), 690–702.

Montowska M, Kowalczewski P, Rybicka I, Fornal E. Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. *Food Chem* **2019**; 289, 130–138.

Ndiritu A K, Kinyuru J N, Kenji G M, Gichuhi P N. Extraction technique influences the physico-chemical characteristics and functional properties of edible crickets (*Acheta domesticus*) protein concentrate. *J Food Meas Charact* **2017**; 11(4), 2013–2021.

Noor N A M, Hazahari N Y, Shahidan N. A mini review of healthy bars–purchasing motives and challenges: Towards halalan toyyiban Approach. *Halalpsphere* **2022**; 2(1), 63-85.

Norma Oficial Mexicana. Modificación NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasadas-Información comercial y sanitaria. [monografía de internet] 2020 [consultado 2022 marzo] Disponible: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5590668&fecha=27/03/2020

Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. [monografía de internet] 1995 [consultado 2022 marzo. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#:~:text=expide%20la%20siguiente%3A-.NORMA%20OFICIAL%20MEXICANA%20NOM%2D092%2DSSA1%2D1994%2C%20BIENES,DE%20BACTERIAS%20AEROBIAS%20EN%20PLACA.&text=Cuando%20se%20requiere%20investigar%20el,es%20la%20cuenta%20en%20placa.

Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. [monografía de internet] 1995 [consultado 2022 marzo] Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harina de cereales, alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas o sus mezclas y productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. [monografía de internet] 1997 [consultado 2022 julio] Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4891221&fecha=15/08/1997#gsc.tab=0

Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. [monografía de internet] 2009 [consultado 2022 marzo] Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>

Omran, A A. Enhancing the nutritional value of oat bars. *Am J Food Sci Technol* **2018**; 6(4), 151–160.

Parilli-Moser I, Domínguez-López I, Arancibia-Riveros C, Marhuenda-Muñoz M, Vallverdú-Queralt A, Hurtado-Barroso S, Lamuela-Raventós R M. Effect of crushing peanuts on fatty acid and phenolic bioaccessibility: a long-term study. *Antioxidants* **2022**; 11(2), 423.

Pauter P, Róžańska M, Wiza P, Dworzak S, Grobelna N, Sarbak P, Kowalczewski P. Effects of the replacement of wheat flour with cricket powder on the characteristics of muffins. *Acta Sci Pol Technol Aliment* **2018**; 17(3), 227–233.

Pereira J O, Soares J, Monteiro M J P, Amaro A, Gomes A, Pintado M. Cereal bars functionalized through *Bifidobacterium animalis* subsp lactis BB-12 and inulin

incorporated in edible coatings of whey protein isolate or alginate. *Food and Funct* **2019**; 10(10), 6892–6902.

Popper, R. Use of just-about- right scales in Consumer Research. En Varela, P, Ares G, Eds. Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling Estados Unidos: CRC Press, **2014**:137-155

Ribeiro J C, Lima R C, Maia M R G, Almeida A A, Fonseca A J M, Cabrita A R J, Cunha L M. Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domesticus* and *Grylloides sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars. *Lwt-Food Sci Technol* **2019**; 113, 108335.

Sinosaki N B M, dos Santos P D D S, Galuch M B, da Silveira R, Bonafé E G, Visentainer J V, Santos Júnior O D O. Analytical method of direct derivatization of fatty acids in seeds. *Chem Zvesti* **2019**; 73(10), 2399-2407.

Schweiggert-Weisz U, Eisner P, Bader-Mittermaier S, Olsen R. Food proteins from plants and fungi. *Curr Opin Food Sci* **2020**.

Świąder K, Marczewska, M. Trends of using sensory evaluation in new product development in the food industry in countries that belong to the EIT regional innovation scheme. *Foods* **2021**; 10(2), 446.

Tiepo, C B V, Gottardo F M, Mortari L M, Bertol C D, Reinehr C O, Colla, L M. Addition of *Spirulina platensis* in handmade ice cream: Phisicochemical and sensory effects Adição de *Spirulina platensis* em sorvete caseiro: Efeitos físico-químicos e sensoriais. *Braz J Dev* **2021**; 7(9), 88106-88123.

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.

van Huis A. Insects as human food. En Nóbrega R, Alburquerque U, Eds. In *Ethnozology: Animals in our lives*. Londres: Academic Press. **2018**: 195-213

Van Peer M, Frooninckx L, Coudron C, Berrens S, Álvarez C, Deruytter D, Verheyen G, Van Miert S. Valorisation potential of using organic side streams as feed for *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus* and *Locusta migratoria*. *Insects* **2021**; 12(9), 796.

Wood I P, Elliston A, Ryden P, Bancroft I, Roberts I N, Waldron, K W. Rapid quantification of reducing sugars in biomass hydrolysates: Improving the speed and precision of the dinitrosalicylic acid assay. *Biomass bioenerg* **2012**; 44, 117-121.

World Health Organization. *WHO guideline: sugar consumption recommendation* [monografía de internet]. 2015 [recuperado 2022 marzo 18] Disponible en: <https://www.who.int/news/item/04-03-2015-who-calls-on-countries-to-reduce-sugars-intake-among-adults-and-children#:~:text=A%20new%20WHO%20guideline%20recommends,would%20provide%20additional%20health%20benefits>.

World Health Organization. WHO: The top 10 causes of death [monografía de internet]. 2019 [consultado 2022 marzo 30] Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

Zambrano-Loor A, Muñoz-Murillo J. Influence of amaranth and melon seeds on the nutritional composition of an energy bar. *Rev Fac Agron (LUZ)* **2021**; 38(4), 1054-1068.

Zhong, A. Product development considerations for a nutriente rich bar using cricket (*Acheta domestica*) protein [tesis de maestría, California state university]. California, Estados Unidos. **2017**

VIII. ANEXOS

Anexo I. Consentimiento informado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

Ingeniería en Biotecnología, Facultad de Química



Consentimiento informado

Título del proyecto: “Desarrollo de una barra tipo snack alta en proteínas, baja en carbohidratos enriquecida con harina de grillo (*Acheta domesticus*)”.

Sede donde se realizará el estudio: Laboratorio de análisis sensorial del parque biotecnológico, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

INVITACIÓN Se extenderá la presente invitación para realizar cuatro evaluaciones sensoriales realizadas en días diferentes, así como a través de pósters y redes sociales para participar en este estudio de investigación. En los siguientes apartados se presenta la información más importante proyecto de investigación, con el fin de que usted conozca y comprenda el alcance del mismo. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Se le invita a que pregunte cualquier aspecto sobre el estudio para aclarar sus dudas. Una vez que haya comprendido el estudio, y si usted desea participar, entonces se le solicitará que firme este consentimiento informado, de la cual se le entregará una copia firmada y fichada

I. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Se ha considerado que los insectos tienen una contribución importante frente a la satisfacción de la creciente demanda de proteínas para el hombre, por lo cual se han considerado como un coadyuvante en la seguridad alimentaria. La harina de grillo contiene una cantidad de proteína alrededor de 60-80 %, además contiene omega-3, fibra, vitaminas, especialmente B12 y minerales. Uno de los obstáculos primordiales en el consumo de insectos es su presentación, por esta razón con el paso del tiempo se ha sugerido su consumo en forma de harina. Actualmente se ha estudiado la integración y el resultado de insectos sobre diversas matrices alimentarias, es por ello, que se requieren estudios de aceptabilidad para poder incorporarlo dentro de una formulación para una barra, con alto contenido proteico y bajo contenido de azúcares.

II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Evaluar la concentración de harina de grillo aceptable para el consumidor y su aceptabilidad ante la elaboración de barras libres de gluten con bajo contenido de azúcar.

III. BENEFICIOS DEL ESTUDIO

Este estudio ofrecerá información relevante sobre la aceptabilidad sensorial de la harina de grillo, así como la inclinación de los consumidores ante barras tradicionales y el desenvolvimiento de nuevos productos como alternativa alimentaria.

IV. CRITERIOS DE RECLUTAMIENTO

El estudio va a abarcar 50 panelistas, hombres y mujeres mayores de edad de la comunidad de la Universidad Autónoma de Querétaro que consuman, hayan consumido insectos o quieran probar insectos. El reclutamiento se realizará mediante invitaciones a las personas ubicadas en los laboratorios de la facultad de Química y alrededores dentro de la facultad de Química. Se va a descartar personas que presenten alguna alergia a crustáceos debido a la presencia de quitina. También se va a descartar personas que tengan intolerancia al gluten y alguna enfermedad que altere su percepción del sabor, manifiesten alergias o se encuentren bajo algún tratamiento médico. Se va a descartar personas con alergias a cacahuete, amaranto, chíá, coco, cocoa o miel. Finalmente, se descartará personas que se encuentren embarazadas o en lactancia o con alguna discapacidad mental.

V. PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO

Para la primera y segunda evaluación sensorial, se presentarán de 3 a 6 muestras en papel aluminio etiquetados por el número de la muestra, serán colocados frente al evaluador de forma aleatoria para ser degustadas en el orden que se tenga en la hoja de evaluación, donde la muestra proporcionada será de aproximadamente 1-3 g donde se les indicará para degustar la muestra y entre cada una de ellas enjuaguen su boca con un poco de agua y un trozo de galleta neutra “habaneras” con el fin de limpiar su paladar.

Las muestras serán valoradas y clasificadas en una escala de hedónica, desde me agrada en extremo hasta me disgusta en extremo. Se evaluará una escala de punto ideal (JAR) de 5 puntos donde se solicitará marcar una de las opciones de acuerdo a su percepción. Se solicitará que registren sus resultados en cuanto al nivel de aceptabilidad para cada una de las muestras. La evaluación durará aproximadamente 10 minutos.

Para la tercera evaluación sensorial, se presentarán de 3 a 6 muestras en papel aluminio etiquetados por el número de la muestra, serán colocados frente al evaluador de forma aleatoria para ser degustadas en el orden que se tenga en la hoja de evaluación, donde la muestra proporcionada será de aproximadamente 1-3 g donde se les indicará para degustar la muestra y entre cada una de ellas enjuaguen su boca con un poco de agua y un trozo de galleta neutra “habaneras” con el fin de limpiar su paladar. Las muestras serán valoradas y clasificadas en una escala de hedónica, desde me agrada en extremo hasta me disgusta en extremo. Se solicitará que registren sus resultados en cuanto al nivel de aceptabilidad para cada una de las muestras. La evaluación durará aproximadamente 10 minutos.

Para la cuarta evaluación sensorial, se presentarán de 2 a 3 muestras en papel aluminio etiquetados por el número de la muestra, serán colocados frente al evaluador de forma aleatoria para ser degustadas en el orden que se tenga en la hoja de evaluación, donde la muestra proporcionada será de aproximadamente 10-15 g donde se les indicará para degustar la muestra

y entre cada una de ellas enjuaguen su boca con un poco de agua y un trozo de galleta neutra “habaneras” con el fin de limpiar su paladar. Las muestras serán valoradas y clasificadas en una escala de disposición de compra desde me comería esto solo si me obligan a me comería esto en cada oportunidad que tuviera. Además, para cada muestra se solicitará que marquen los términos o atributos que consideren que encuentren en las barras, a partir de una lista que se les entregara al principio de la prueba.

VI. RIESGOS ASOCIADOS CON EL ESTUDIO

El producto posee las características de calidad y microbiológicas necesarias para no ocasionar ningún riesgo a la salud. El producto incluye quitina por lo que podría causar cierto malestar a personas que presentan alergia a los mariscos. El producto puede o no contener cacahuate, amaranto, chía, coco, cocoa, miel y harina de grillo (*Acheta domesticus*). No obstante, si en el tiempo que se está realizando el análisis algún participante exhibe algún malestar será excluido de la evaluación y enviado a los servicios médicos del equipo de su salud ubicado en el edificio 1 de la facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, en el cual se cubrirán los gastos médicos por parte del equipo de investigación.

VII. ACLARACIONES

- Su elección de participar en una, dos, tres o cuatro evaluaciones sensoriales es completamente voluntaria.
- Para cada evaluación sensorial se le solicitara firmar un nuevo consentimiento en caso de querer participar en más de uno. Se le indicará el número de evaluaciones sensoriales que se han realizado el día que se realice la evaluación sensorial correspondiente.
- No ocurrirá ningún efecto desfavorable para usted en caso de no aceptar la invitación.
- Si elige cooperar en el estudio puede retirarse en el momento que lo considere si no quiere terminar la degustación, pudiendo informar o no las razones de su decisión, la cual será respetada en su totalidad.
- No obtendrá beneficio económico por su colaboración en el estudio.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo al investigador responsable.
- La información que se consiga en este estudio se conservará con estricta confidencialidad por el grupo de investigación.
- En el supuesto de que usted presente una conducta indebida hacia los participantes del estudio y/o aplicadores del mismo, falta de respeto a las reglas en el procedimiento de la evaluación sensorial, se le pedirá apartarse del estudio.

VIII. INFORMACIÓN DEL CONTACTO

Si tiene alguna duda acerca de su participación en el estudio, puede comunicarse con el co-director del trabajo a cargo del M. en C. Alejandro Escobar Ortiz al correo ing.escobarortiz@gmail.com o con el estudiante a cargo del estudio Ricardo Andrés Segovia Ochoa al correo rsegovia22tesis@gmail.com. Si desea la opinión de otra persona, puede consultar al médico de su confianza.

IX. ACEPTACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____ he leído y comprendido la información sobre el proyecto y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento

Nombre, fecha y firma del participante

He explicado al Sr (a) _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación, describiendo los riesgos y beneficios que implican su participación. He contestado todas las preguntas y he preguntado si tiene alguna duda sobre el estudio. Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar la investigación con seres humanos y me apego a ella. Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas se procedió a firmar el presente documento.

Nombre, fecha y firma del investigador

X. CARTA DE REVOCACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del proyecto: "Desarrollo de una barra alta en proteínas, baja en carbohidratos fortificada con harina de grillo (*Acheta domesticus*)".

Investigadores principales: Dra. Rosalía Reynoso Camacho y M.C Alejandro Escobar Ortiz.

Sede donde se realizará el estudio: Laboratorio de análisis sensorial del parque biotecnológico, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

Nombre del participante:

Por este conducto deseo informar mi decisión de retirarme de esta investigación por las siguientes razones (opcional):

-
-
-

Nombre, fecha y firma del participante

Anexo II. Evaluación sensorial para una formulación de una barra con harina de *Acheta domesticus*

Evaluación No. _____

“Desarrollo de una barra alta en proteínas, bajo en carbohidratos fortificado con harina de grillo (*Acheta domesticus*)”

Indicaciones: Tome su tiempo y pruebe las muestras de acuerdo al orden colocado en la hoja y marque con una “x” la casilla de preferencia de acuerdo a su agrado. **Debe realizar su prueba en silencio y sin comentar con las personas a su alrededor.**

NOTA IMPORTANTE: Entre cada muestra, coma un poco de galleta salada y enjuague con un poco de agua su boca.

Edad: _____ Genero: Masculino __ Femenino __ Otro __

¿Consume habitualmente barras como snack? Sí ___ No ___

MUESTRA 193	Me disgusta extremo	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderado	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderado	Me gusta mucho	Me gusta extremo
OLOR									
APARIENCIA									
SABOR									
CONSISTENCIA									
ACEPTABILIDAD GENERAL									

MUESTRA 586	Me disgusta extremo	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderado	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderado	Me gusta mucho	Me gusta extremo
OLOR									
APARIENCIA									
SABOR									
CONSISTENCIA									
ACEPTABILIDAD GENERAL									

MUESTRA 895	Me disgusta extremo	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderado	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderado	Me gusta mucho	Me gusta extremo
OLOR									
APARIENCIA									
SABOR									
CONSISTENCIA									
ACEPTABILIDAD GENERAL									

MUESTRA 352	Me disgusta extremo	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderado	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderado	Me gusta mucho	Me gusta extremo
OLOR									
APARIENCIA									
SABOR									
CONSISTENCIA									
ACEPTABILIDAD GENERAL									

Al terminar la evaluación de las muestras, indique cual fue su preferida y ¿Por qué?

Muestra Preferida _____

Porque _____

Comentarios generales (opcional):

¡Muchas gracias por su participación!

Anexo III. Evaluación sensorial para una formulación de una barra con harina de *Acheta domesticus*

Evaluación No. _____

“Desarrollo de una barra tipo snack alta en proteínas, baja en carbohidratos enriquecida con harina de grillo (*Acheta domesticus*)”

Indicaciones: Tome su tiempo y pruebe las muestras de acuerdo al orden colocado en la hoja y marque con una “x” la casilla de preferencia de acuerdo a su agrado. **Debe realizar su prueba en silencio y sin comentar con las personas a su alrededor.**

NOTA IMPORTANTE: Entre cada muestra, coma un poco de galleta salada y enjuague con un poco de agua su boca.

Edad: _____ Genero: Masculino __ Femenino __ Otro __

¿Consume habitualmente barras como snack? Sí __ No __

MUESTRA 193	Me disgusta extremo	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderado	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderado	Me gusta mucho	Me gusta extremo
OLOR									
APARIENCIA									
SABOR									
CONSISTENCIA									
ACEPTABILIDAD GENERAL									

MUESTRA 193	Mucho menos de lo que me gustaría	Menos de lo que me gustaría	Esta justo como me gusta	Más dulce de lo que me gustaría	Mucho más de lo que me gustaría
Dulzor					
Amargor					

MUESTRA 586	Me disgusta extremo	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderado	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderado	Me gusta mucho	Me gusta extremo
OLOR									
APARIENCIA									
SABOR									
CONSISTENCIA									
ACEPTABILIDAD GENERAL									

MUESTRA 586	Mucho menos de lo que me gustaría	Menos de lo que me gustaría	Esta justo como me gusta	Más dulce de lo que me gustaría	Mucho más de lo que me gustaría
Dulzor					
Amargor					

MUESTRA 895	Me disgusta extremo	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderado	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderado	Me gusta mucho	Me gusta extremo
OLOR									
APARIENCIA									
SABOR									
CONSISTENCIA									
ACEPTABILIDAD GENERAL									

MUESTRA 895	Mucho menos de lo que me gustaría	Menos de lo que me gustaría	Esta justo como me gusta	Más dulce de lo que me gustaría	Mucho más de lo que me gustaría
Dulzor					

Amargor					
---------	--	--	--	--	--

MUESTRA 352	Me disgusta extremo	Me disgusta Mucho	Me disgusta Moderado	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderado	Me gusta mucho	Me gusta extremo
OLOR									
APARIENCIA									
SABOR									
CONSISTENCIA									
ACEPTABILIDAD GENERAL									

MUESTRA 352	Mucho menos de lo que me gustaría	Menos de lo que me gustaría	Esta justo como me gusta	Más dulce de lo que me gustaría	Mucho más de lo que me gustaría
Dulzor					
Amargor					

Al terminar la evaluación de las muestras, indique cual fue su preferida y ¿Por qué?

Muestra Preferida _____

Porque _____

Comentarios generales (opcional):

Anexo IV. Invitación para una prueba sensorial de una barra con harina de *Acheta domesticus*

- Buenos días, espero se encuentren muy bien y sus familiares igual, les quiero realizar una cordial invitación a una prueba sensorial de barra tipo snack horneada a 150 °C durante 20 minutos con los siguientes ingredientes: amaranto, cacahuete, chía, coco, cacao, miel, harina de grillo y edulcorantes no calóricos. Les agradecería si pudieran asistir y compartir la información. A partir de las 10 am del lunes 9 de mayo.
- Criterios de inclusión: Mayores de edad de la comunidad de la Universidad Autónoma de Querétaro.
- Criterios de exclusión: presenten intolerancia al gluten, alguna enfermedad que altere su percepción del sabor, manifiesten alergias, personas alérgicas a cualquiera de los ingredientes de la formulación, mujeres embarazadas o en lactancia, personas con discapacidad mental o que se encuentren bajo algún tratamiento médico.
- En las instalaciones del laboratorio de análisis sensorial del parque biotecnológico de la Facultad de Química.
- Contacto: Ricardo Segovia 442 460 7829



Anexo V. Dictamen del comité de bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro

Con base en las actividades de responsabilidad para el Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro en la revisión de proyectos de investigación con la participación de sujetos humanos (directamente en ensayos clínicos, investigación observacional o por empleo de muestras biológicas), así como del uso de animales de experimentación, le comunicamos que el protocolo de investigación titulado "**Desarrollo de una barra tipo snack alta en proteínas, baja en carbohidratos enriquecida con harina de grillo (*Acheta domesticus*)**", del cual Usted es responsable, fue evaluado con una resolución de **aprobado en lo referente a los aspectos bioéticos del proyecto.**

Sin más por el momento, quedamos a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

Dra. Iza Fernanda Pérez Ramírez
Presidente

Dr. Mamadou Moustapha Bah
Representante investigador

M.C. Eduardo Balderas Martínez
Representante docente

M.I.M. David Gustavo García Gutiérrez
Representante investigador

Anexo VI. Carta compromiso del dictamen del comité de bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro

Carta compromiso

Como investigador responsable del protocolo de investigación “**Desarrollo de una barra tipo snack alta en proteínas, baja en carbohidratos enriquecida con harina de grillo (*Acheta domesticus*)**”, el cual fue evaluado por el **Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro** en la sesión del día **06 de abril de 2022** con una resolución de **aprobado en lo referente a los aspectos bioéticos del proyecto (CBQ22/009)**, me comprometo a:

- Notificar al Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro cualquier enmienda (excluyendo aspectos logísticos o administrativos del estudio) realizada al protocolo de investigación, anuncios de reclutamiento y/o formato de consentimiento informado aprobado antes de ser implementado.
- Reportar al Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro de manera oportuna cualquier evento adverso presentado durante el desarrollo de la investigación. Dependiendo del riesgo y relación del evento adverso suscitado, se podrá decidir la suspensión o la culminación del estudio.
- Notificar al Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro en caso de la cancelación del protocolo de investigación.

Como investigador responsable del proyecto entiendo que cualquier incumplimiento de los compromisos anteriormente descritos o la falta de seguimiento de las normas éticas durante el desarrollo del proyecto de investigación aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro será reportado ante las instancias correspondientes.

Atentamente,

Rosalía Reynoso Camacho

25/04/2022

Nombre del investigador responsable

Firma

Fecha