UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL, EVALUACIÓN SENSORIAL Y EFECTO SOBRE INDICADORES GLUCÉMICOS DE UN MAZAPÁN ADICIONADO CON HIGO *(Ficus carica L.)* Y *Tenebrio molitor* EN UN MODELO MURINO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

PRESENTA:

LICENCIADA EN NUTRICIÓN EMMA SOFÍA PÉREZ GÓMEZ

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MARGARITA DE LORENA RAMOS GARCÍA

CODIRECTOR:

DR. JUAN JOSÉ ACEVEDO FERNÁNDEZ

COMITÉ TUTORAL:

DRA. DOLORES AZUCENA SALAZAR PIÑA

DRA. BERENICE ANDRADE CARRERA

MTRA. ALICIA FONSECA GONZÁLEZ

DRA. BRENDA HILDELIZA CAMACHO DÍAZ

CUERNAVACA, MORELOS **NOVIEMBRE 2026**

AGRADECIMIENTOS

Con profunda admiración, expreso mi más sincero agradecimiento a la Dra. Margarita de Lorena Ramos-García, mi directora de tesis, por su confianza y apoyo permanente. Al Dr. Juan José Acevedo Fernández, mi codirector, por su honesto apoyo y su manera estimulante de contribuir al crecimiento académico. A la Dra. Alicia Fonseca, por abrirme generosamente las puertas de su laboratorio y brindarme no solo su apoyo, sino también su compañía y confianza. A la Dra. Azucena Salazar, por compartir sus conocimientos y su impecable enseñanza.

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, a través de la Facultad de Nutrición y la Facultad de Medicina, por brindarme los espacios y las oportunidades para desarrollar este proyecto. De manera especial, agradezco al personal del bioterio de la Facultad de Medicina, escenario de aprendizaje, y particularmente a la Mtra. Elizabeth Negrete León, cuya disposición y apoyo fueron fundamentales para hacer posible la evaluación experimental de este trabajo.

Mi agradecimiento también al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), sede Culiacán, institución que me recibió y me brindó la oportunidad de llevar a cabo la evaluación nutrimental de esta investigación. A la Dra. María Dolores Muy Rangel, por confiar en este proyecto y darme la oportunidad de realizar mi estancia de investigación; y, de manera muy especial, a la Mtra. Verónica, por su invaluable apoyo, su generosidad y su calidad humana. Gracias por estar siempre dispuesta a ayudarme y acercarme a una ciudad que al principio era completamente desconocida para mí.

A mi familia, que es, sin duda, el principio, el centro y el sentido de todo lo que soy y de cuanto puedo llegar a lograr. No existen palabras suficientes para expresar mi gratitud. A mi mamá, porque sin ella, sencillamente, nada. Por ser mi mayor ejemplo de fortaleza y entrega. A mi papá, por ser siempre uno de los cimientos más firmes de mi vida, por su respaldo incondicional y por enseñarme, con su ejemplo, el valor de la perseverancia. A mi hermana,

por ser motor, compañía y esa parte dulce que ha acompañado cada uno de mis proyectos y sueños. A mi prima Paola, que la vida me regaló como una hermana, por ser también motor, refugio y ancla; por su presencia y por recordarme que siempre hay alguien con quien compartir el camino.

A Dani, por llegar y ser apoyo y mi equipo. Hay encuentros que le dan sentido al esfuerzo y camino recorrido, que nos recuerdan que el éxito está en compartir.

A mis amigos, especialmente a María, a quien tuve la fortuna de conocer durante mi estancia en Culiacán. Quizá no lo sepa, pero su amistad, compañía y cercanía fueron soporte y alegría en esa etapa.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra manera, formaron parte de este recorrido. Aunque sus nombres no aparezcan en estas líneas, su presencia, sus gestos y su apoyo también habitan en este resultado.

A todos ustedes, gracias por formar parte de este capítulo de mi vida. Este logro lleva también un poco de cada uno de ustedes.

ÍNDICE GENERAL

1. ANTECEDENTES 11

1.1 Enfermedades Metabólicas: Un panorama general. 11

1.2 Diabetes Mellitus 12

1.2.1 Diabetes mellitus 2: Fisiopatología 13

1.2.2 Factores de riesgo asociados a la DM2: Obesidad 14

1.3 Estrategias nutricionales: Snacks como alimento funcional 24

1.4 Materias primas del estudio: Cacahuate (Arachis hypogaea) 26

1.4.1 Composición Nutrimental del cacahuate 27

1.5 Materias primas del estudio: *Tenebrio molitor* 30

1.5.1 Ciclo de vida 30

1.5.2 Larvas de Tenebrio molitor 31

1.5.3 Seguridad del consumo de Tenebrio molitor en humanos 33

1.5.4 Como alimento funcional 33

1.6 Materias primas del estudio: Higo 35

1.6.1 Composición nutricional del higo 36

2. JUSTIFICACIÓN 38

3. HIPÓTESIS 39

4. OBJETIVOS 39

4.1 Objetivo general 39

4.2 Objetivos específicos 39

5. DESARROLLO EXPERIMENTAL 41

5.1 Obtención del material 41

5.2 Cría del insecto y obtención de la harina de *Tenebrio molitor* 41

5.3 Tostado y molido del cacahuate 48

5.3.1 Análisis sensorial de los cacahuates tostados en diferentes temperaturas. 49

5.4 Deshidratación y molido del higo. 49

5.5 Desarrollo de una formulación de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio* 51

5.5.1 Determinación de firmeza..... 52

5.5.2 Índice de color..... 52

5.6 Determinación del contenido nutrimental de un mazapán adicionado con higo y..... 53

Tenebrio molitor. 53

5.6.1 Humedad (A.O.A.C. método 920.39)..... 53

5.6.2 Cenizas (A.O.A.C método 942.05) 54

5.6.3 Preparación de la solución: Determinación de Minerales: Na (A.O.A.C método 955.06) 55

5.6.4 Determinación de Na..... 56

5.6.5 Proteínas (A.O.A.C. método 988.05; MicroKjeldahl)..... 57

5.6.6 Grasas (A.O.A.C. método 920.39; Goldfish)..... 60

5.6.7 Fibra Dietaría Insoluble y Soluble (método A.A.C.C. 35-05 y A.O.A.C. 985.29)..... 61

5.6.8 Determinación de azúcares por método enzimático..... 66

5.6.9 Perfil de ácidos grasos: Extracción de ácidos grasos totales por el método de Folch y metilación AOAC 959.33 69

5.7 Efecto de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* sobre la glucemia de un modelo murino. 73

5.7.1 Condiciones 73

5.7.2 Preparación del material para la administración de la formulación del mazapán adicionado con higo y Tenebrio molitor y de los ingredientes de forma individual. 74

5.7.3 Determinación del Índice glucémico..... 74

5.7.4 Actividad antihiperglucemiante 75

5.7.5 Análisis estadístico ***76***

5.8 Análisis sensorial y evaluación de aceptabilidad del mazapán adicionado con higo y *T. molitor.* 78

6. RESULTADOS **80**

6.1 Desarrollo de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor.* 80

6.1.1 Análisis sensorial de los cacahuates tostados en diferentes temperaturas. ***80***

6.1.2 Determinación de firmeza ***80***

6.1.3 Índice de color ***81***

6.2 Determinación del contenido nutrimental de un mazapán adicionado con higo y 83

Tenebrio molitor mediante análisis proximales. 83

6.2.1 Determinación de azúcares ***85***

6.2.2 Perfil de ácidos grasos ***86***

6.3 Efecto de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* sobre la glucemia de un modelo murino. 88

6.3.2 Efecto antihiperglucemiante 93

6.3.2.1 Modelo lineal mixto ***93***

6.3.2.2 Resultados: área incremental bajo la curva (iAUC) ***96***

6.4 Análisis sensorial y evaluación de aceptabilidad del mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor.* 101

7. DISCUSIÓN **103**

8. CONCLUSIONES **114**

9. PERSPECTIVAS **115**

10. ANEXOS **116**

11. REFERENCIAS **121**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de proteína total de diferentes granos y leguminosas por media taza. 28
Figura 2. Ciclo de vida Tenebrio molitor. 31
Figura 3. Diagrama de flujo de la cría de Tenebrio molitor. 42
Figura 4. Imagen tomada al momento de la colocación de los huevos en la caja, como se puede observar, ya había presencia de larvas pequeñas. 43
Figura 5. a) Crecimiento larval 35 días después de la colocación, b) y c) crecimiento larvario en el día 48 después de la colocación, d) crecimiento 67 días después. 44
Figura 6. Crecimiento larvario óptimo de Tenebrio molitor. 45
Figura 7. Diagrama de flujo para la elaboración de la harina de *Tenebrio molitor* a partir de insectos vivos. 47
Figura 8. Diagrama de flujo del tostado y molido del cacahuate. 48
Figura 9. Diagrama de flujo de deshidratación y molido del higo 50
Figura 10. Diagrama de flujo de elaboración de un mazapán adicionado con higo y 52
Figura 11. Diagrama de flujo de determinación de humedad 53
Figura 12. Diagrama de flujo determinación de cenizas. 55
Figura 13. Preparación de la solución: Determinación de Minerales: Na (A.O.A.C método 955.06) 56
Figura 14. Diagrama de flujo determinación de sodio 57
Figura 15. Diagrama de flujo determinación de proteína (A.O.A.C. método 988.05; MicroKjeldahl) 59
Figura 16. Diagrama de flujo de grasas método 920.39 Goldfish 61
Figura 17. Diagrama de flujo Fibra Dietética Soluble, Insoluble y Total según AOAC 991.43 (equivalente a AACC32-06.01). 65
Figura 18. Diagrama de flujo de determinación de azúcares por método enzimático. 68
Figura 19. Diagrama de extracción de ácidos grasos para la determinación del perfil de lípidos. 71

Figura 20. Diagrama de metilación para la determinación del perfil de lípidos. 72
Figura 21. Diagrama de lectura en cromatógrafo para determinación de perfil de ácidos grasos. 73
Figura 22. Índice de color de las tres formulaciones de mazapán propuestas: 1) Cacahuate 45% higo 20% *Tenebrio molitor* 35%; 2) Cacahuate 33%. higo 33% *Tenebrio molitor* 34%; 3) Cacahuate 35% higo 40% *Tenebrio molitor* 25%. 82
Figura 23. Mazapán final (formulación 1). 83
Figura 24. Índice glucémico promedio relativo a almidón por tratamientos en modelos murinos (n=5). 89
Figura 25. Curva de glucosa postprandial normalizada bajo cinco tratamientos, niveles de glucosa en sangre medidos durante 180 minutos (media ± DE, n=5). 92
Figura 26. Curva de respuesta glucémica postprandial estimada para los diferentes tratamientos evaluados. 94
Figura 27. Área incremental bajo la curva (iAUC) de la glucosa postprandial por tratamiento. Las barras representan la media del iAUC y las líneas verticales indican los intervalos de confianza al 95%. 97
Figura 28. Evolución de la respuesta a la administración de los ingredientes del mazapán y el mazapán con una carga de almidón (valores normalizados) durante un periodo de 180 minutos. 99
Figura 29. Representación del pico hiperglucémico de los ingredientes del mazapán y el mazapán administrados con una carga de almidón: 1) Almidón 1 gr/kg; 2) Almidón + Acarbosa 0.5 mg/kg; 3) Almidón + *Tenebrio molitor* 50 mg/kg; 4) Almidón + Higo 50 mg/kg; 5) Almidón + Cacahuate 50 mg/kg y 6) Almidón + Mazapán 50 mg/kg. 100
Figura 30. Evolución de los promedios de los niveles absolutos de glucosa sanguínea medidos en intervalos de tiempo de 15 minutos y expresados en mg/dl en ratones durante un periodo de 180 minutos tras la administración oral de los diez tratamientos experimentales. 101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional del cacahuate (*Arachis hypogaea*) por 100 gramos de producto, promedio de varios tipos de cacahuates. 29
Tabla 2. Contenido de aminoácidos esenciales de *Tenebrio molitor* y requerimientos de la OMS, ONU y FAO. (47) 32
Tabla 3. Composición nutrimental del higo deshidratado por 1 pieza (19 g). (59) 37
Tabla 4. Formulaciones de mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor*. 51
Tabla 5. Administración de mazapán e ingredientes individuales en un modelo murino para evaluar el índice glucémico. 75
Tabla 6. Administración de mazapán e ingredientes individuales en un modelo murino para evaluar la actividad antihiperglucemiante. 76
Tabla 7. Determinación de variables sensoriales en semillas de cacahuate, horneado a diferentes temperaturas. 80
Tabla 8. Determinación de la firmeza en tres formulaciones de mazapanes expresada en Newtons. 81
Tabla 9. Determinación de color en formulaciones de mazapán adicionado con higo y T. molitor. . 82
Tabla 10. Composición nutrimental del mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor*, determinada mediante análisis proximal (%). 84
Tabla 11. Contenido de fibra dietética del mazapán adicionado con higo y harina de Tenebrio molitor (Método AOAC 991.43; valores en g/100 g, base húmeda) 84
Tabla 12. Contenido de sodio (Na) en la muestra (mg/100 g, base húmeda) 85
Tabla 13. Azúcares libres en la fracción desgrasada (método enzimático) (g por 100 g de muestra desgrasada) 85
Tabla 14. Composición de ácidos grasos (% de cada ácido graso respecto al total de ácidos grasos presentes) obtenida mediante cromatografía de gases (GC-FID) tras metilación según AOAC 969.33 86
Tabla 15. Declaración nutrimental de un mazapán adicionado con higo y T. molitor 88
Tabla 16. Área bajo la curva por tratamiento. 90
Tabla 17. índices glucémicos relativos (IG) 91
Tabla 18. Comparaciones post-hoc del IG vs Almidón 91

Tabla 19. Modelo lineal mixto. 93

Tabla 20. Comparaciones múltiples de las medias marginales ajustadas de Δ glucosa en el minuto 30 (pico glucémico postprandial) 95

Tabla 21. Área incremental bajo la curva de glucosa (iAUC) por tratamiento 96

Tabla 22. Comparaciones entre tratamientos (Bonferroni) 98

Tabla 23. Evaluación sensorial de la formulación final de mazapán adicionado con higo y Tenebrio molitor mediante una escala hedónica de 9 puntos (n = 30). 102

Tabla 24. Intención de consumo de la formulación final de mazapán adicionado con higo y Tenebrio molitor (n = 30). 102

1. ANTECEDENTES

1.1 Enfermedades Metabólicas: Un panorama general.

Las enfermedades metabólicas se han convertido en un grave problema de salud a nivel mundial en los últimos 30 años, estas abarcan la Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2), la hipertensión, la obesidad, hipercolesterolemia, entre otras. Estas enfermedades han ido en aumento de manera paralela al aumento del sobrepeso, obesidad y sedentarismo en la población. A su vez, este conjunto de factores de riesgo interconectados con predisposición genética, otros hábitos poco saludables como tabaquismo, alcoholismo, e incluso cuestiones étnicas y edad, pueden dar lugar al síndrome metabólico. Este es un trastorno metabólico que reúne al menos tres de las siguientes alteraciones: resistencia a la insulina, obesidad abdominal, dislipidemia e hipertensión. Este síndrome, tiene un papel clave en el desarrollo y progresión a Diabetes Mellitus (DM) tipo 2, pues las personas que padecen este síndrome tienen un riesgo hasta 5 veces mayor de desarrollar la enfermedad. Uno de los factores más importantes es la resistencia a la insulina, que se manifiesta con alteración de la captación de glucosa por las células, lo que conduce a una hiperglucemia que con el tiempo se va haciendo crónica, pues obliga al páncreas a producir una mayor cantidad de insulina como respuesta compensatoria, que aunque inicialmente puede resultar funcional, con el tiempo deteriora a las células beta del páncreas y causa alteraciones como la dislipidemia, que es otro factor del síndrome metabólico. Este se manifiesta principalmente con triglicéridos elevados o con bajos niveles de colesterol HDL en sangre, tras la incapacidad de la insulina para evitar la producción hepática de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). Estas afectaciones en la homeostasis metabólica y la acumulación excesiva de grasa visceral (obesidad central) favorecen un estado de estrés metabólico, ocasionando liberación de citocinas proinflamatorias, factor de necrosis tumoral alfa (TNF-α), la interleucina-6 (IL-6) y una disminución en la producción de factores

protectores como la adiponectina. Favoreciendo así un estado inflamatorio crónico. La dieta y la nutrición son clave, pues una dieta altamente procesada, carbohidratos refinados, grasas no saludables y la baja actividad física, impiden mantener un peso saludable, favorecen la acumulación excesiva de grasa central, afectando la sensibilidad a la insulina y perpetuando la hiperglucemia. Dada la relevancia de las alteraciones en el metabolismo de la glucosa y el síndrome metabólico para el desarrollo de DM, resulta fundamental a la atención a un estado de nutrición adecuado, con alimentos que impulsen un mayor control glucémico para prevenir la hiperglucemia, resistencia a la insulina y la progresión a DM junto con sus complicaciones, tales como estrés oxidativo e inflamación crónica de bajo grado. (1)

1.2 Diabetes Mellitus

La DM es una enfermedad crónica no transmisible, que se manifiesta con altos niveles de glucosa en sangre y está catalogada como una de las enfermedades más preocupantes para la salud pública a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud 830 millones de personas en 2022 viven con diabetes y en México es reportada como la segunda causa de muerte en la población. La diabetes se diagnóstica cuando se presentan niveles de glucosa en sangre igual o mayores a 126 mg/dL en estado de ayuno, se considera prediabetes cuando se presentan niveles de 100 a 125 mg/ dL y se consideran valores normales a niveles menores de 100 mg/dL en ayuno. Los dos principales tipos de diabetes son la Diabetes mellitus tipo 1 (DM1), la cual puede ser ocasionada debido a que el páncreas no secreta la insulina necesaria y hoy en día no se tiene clara su etiología y el tratamiento consiste en la administración de la hormona insulina. (2, 3)

La diabetes mellitus tipo 2, es la forma más común de diabetes y representa más del 95% de los casos en la población que vive con esta enfermedad. En alrededor del 90% de los casos, la DM2 se presenta con la asociación de dos factores, 1) la secreción alterada de insulina por parte de las células beta pancreáticas y 2) la resistencia de

los tejidos periféricos a dicha hormona, lo que resulta en una hiperglucemia persistente. La hiperglucemia provoca que el flujo sanguíneo se vea reducido, perjudicando gravemente a otros órganos, ocasionando daño a los nervios (neuropatía), incrementando el riesgo de úlceras en los pies, infecciones y lo, por tanto, amputaciones de extremidades. Del mismo modo, puede afectar los vasos sanguíneos de la retina, ocasiona daño en la vista provocando en casos graves ceguera. Se ha reportado que la diabetes es la principal causa de insuficiencia renal. (3, 4, 5)

1.2.1 Diabetes mellitus 2: Fisiopatología

Las células β de los islotes pancreáticos son las encargadas de la producción y secreción de insulina, como respuesta ante altas concentraciones de glucosa. En la DM2, esta insulina no es utilizada adecuadamente debido a la resistencia tisular a ella, por lo que se produce una mayor cantidad de insulina como respuesta compensatoria y dicha respuesta, de manera crónica, puede causar afectación en la funcionalidad de las células beta. La combinación de alteraciones ocasiona una pérdida del equilibrio de la glucosa y se manifiestan con niveles elevados de glucosa en sangre de manera crónica. Para mantener la homeostasis, el metabolismo de la glucosa es imperativo para preservar la integridad de las células β y evitar su deterioro, pues este se ha visto vinculado con la muerte de estas células. (6)

Las células beta producen la insulina en una forma inmadura (preproinsiulina), que se modifica por proteínas situadas en el retículo endoplasmático y es convertida en proinsulina. Luego es enviada al aparato de Golgi en donde es ingresada a vesículas para ser fragmentada en dos partes: insulina y péptido C. Al finalizar el proceso de maduración, la insulina es reservada en gránulos del núcleo denso hasta que sea activada para su liberación. Su liberación ocurre cuando las células beta perciben glucosa circulante con ayuda del trasportador de glucosa 2 (GLUT2), el cuál funciona como un sensor en este caso. La funcionalidad de las células beta comienza a verse comprometida ante situaciones de hiperglucemia e hiperlipidemia

crónica. Ambas condiciones inducen estrés metabólico y oxidativo que afecta al retículo endoplasmático, al alterar mecanismos como la movilización de Ca+ y aumentar la biosíntesis de proinsulina y de polipéptidos amiloides de los islotes (hormona peptídica de 37 aminoácidos con funciones reguladoras de los niveles de glucosa), lo que causa una acumulación mal plegada de estas, la activación de vías como la UPR (respuesta a proteínas desplegadas) y finalmente vías apoptóticas con aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno, liberación de interleucina IL-1β y exacerbación de la respuesta inflamatoria en los islotes.(6)

1.2.2 Factores de riesgo asociados a la DM2: Obesidad

Se sabe que este tipo de DM es prevenible, su etiología es conocida y se conocen sus principales factores de riesgo tales, como, antecedentes heredofamiliares, una alimentación inadecuada, inactividad física, sobrepeso y la obesidad. Como se mencionó, el ciclo patológico y la afectación en las células beta está estrechamente relacionados con un estado de hiperglucemia e hiperlipidemia, ambas, manifestaciones clave en un estado de nutrición excesivo, como el sobrepeso y la obesidad. El 80 % de los casos de DM2, están vinculados con obesidad y a la estrecha relación entre la obesidad y la diabetes, se le ha nombrado ‘’la epidemia gemela’’. Se considera obesidad cuando el IMC de un individuo es mayor a ≥30 kg/m ^{2}, además de acumulación de tejido adiposo en la región abdominal que promueve la resistencia a la insulina mediante mecanismos inflamatorios y la desregulación de las adipocinas. (6, 7, 8).

La obesidad es el principal problema de salud en México, pues el 36.9% de la población adulta vive con esta condición y se calcula que para el 2030 podría llegar al 45%. Este estado de malnutrición es atribuible a la alimentación inadecuada, baja en fibra y en proteína, con alto consumo de carbohidratos y grasas de mala calidad, los cuáles elevan la glucosa y los niveles de lipoproteína de muy baja densidad (VLDL) en sangre, ambas alteraciones, dan origen a especies reactivas de oxígeno

(ROS) que desencadenan una respuesta inflamatoria que no sólo afecta por sí misma a las células beta y por tanto al páncreas, sino también genera inflamación crónica de bajo grado en el hígado y el tejido adiposo, generando así un ciclo en el que estos tejidos no responden bien a la insulina (resistencia a la insulina), perpetuando la hiperglucemia y reiniciando el ciclo de inflamación. (5, 8, 9)

La alimentación inadecuada y los estilos de vida poco saludables han sido perpetuados por el crecimiento demográfico, industrialización, la globalización, horarios laborales y académicos. Estas condiciones han influido fuertemente a la hora de seleccionar los alimentos, pues han impulsado un mayor consumo de productos industrializados con alta densidad energética, altos en grasas trans, colesterol, altos en azúcares refinados, bajo aporte de fibra y proteína, algunos incluso con alto aporte de sodio y altos índices glucémicos, lo que hace más difícil que se mantengan patrones de alimentación correctos. Los alimentos industrializados son de fácil acceso y tienen una excelente palatabilidad, lo que hace que su consumo se vuelva recurrente. En este sentido, los snacks han adquirido un papel fundamental en la vida diaria, ya sea por conveniencia, placer o para controlar el apetito especialmente en poblaciones con estilos de vida sedentarios. (10, 11, 12)

Una alimentación correcta o saludable, se considera aquella que permite obtener a través de los alimentos, todos los nutrientes necesarios para gozar de una nutrición óptima y un buen estado de salud. Esta debe contener todos los grupos de alimentos, no debe causar daños a la salud, debe ser suficiente y adecuada para el individuo que la consume, debe ser variada y equilibrada, es decir, que no se exceda las recomendaciones de los macronutrientes ni micronutrientes y que tampoco cause deficiencias de ellos. (13)

1.2.3 Respuesta glucémica postprandial y factores dietéticos que la modulan.

La respuesta glucémica postprandial se refiere a la modificación de los niveles de glucosa posterior a la ingesta de cualquier alimento. Esta no depende solamente de la cantidad o tipo de carbohidratos, sino del proceso fisiológico de digestión, absorción y utilización de estos (14).

El proceso de asimilación de los carbohidratos tiene inicio en la boca, al consumir carbohidratos, la amilasa salival inicia su descomposición; aunque esta es breve por la corta permanencia de los alimentos en dicha cavidad. Posteriormente, en el estómago la acción de las enzimas se ve pausada debido al pH acido, por lo que, si bien la digestión de carbohidratos se reanuda hasta el intestino delgado, este proceso es de suma importancia para el impacto a la respuesta glucémica debido a que en el estómago puede ocurrir un retraso en el vaciamiento gástrico en presencia de fibra, proteínas y lípidos. Una vez en el intestino delgado, entra en acción la α-amilasa pancreática, que continúa descomponiendo a los polisacáridos a oligosacáridos (14, 15, 16).

Posteriormente, en el cepillo intestinal entran en acción enzimas como las α-glucosidasas que se encargan de descomponer los oligosacáridos a monosacáridos como glucosa y fructosa para poder ser absorbidos por los enterocitos. Después de ser absorbidos, estos son liberados a la circulación portal (momento en el que se eleva la glucosa sanguínea). Esta elevación de la glucosa sanguínea (respuesta glucémica) estimula la secreción de insulina de las células β del páncreas, generando así la captación y uso de estos carbohidratos como energía en tejidos como musculo, tejido adiposo o su almacenamiento como glucógeno. Tras la utilización de estos monosacáridos por las células, la glucosa sanguínea regresa a su estado basal gradualmente, por lo que, en este contexto, diversos factores pueden influir en el impacto final de la glucemia, tales como la calidad y cantidad de los carbohidratos, el consumo de proteína, lípidos y fibra que pueden modular la

velocidad de digestión y absorción de los carbohidratos. En esto radica la importancia de la composición nutrimental y las propiedades de los alimentos en la modulación de la respuesta glucémica (15, 16, 17, 18).

1.2.3.2 Índice glucémico

Los carbohidratos son los macronutrientes que tienen una respuesta inmediata en los niveles de glucosa en sangre al ser digeridos más rápidamente, por lo que se han propuesto indicadores como el índice glucémico, que permite medir el potencial de los alimentos que los contengan para elevar la glucosa en sangre después de su ingesta. De acuerdo con el índice glucémico, la Universidad de Sídney clasifica a los alimentos en bajo índice glucémico si este es menor o igual a 55, dado que estos causan un aumento menor de la glucosa en sangre, los alimentos o bebidas con un índice entre 56 y 69 se clasifican con un índice glucémico medio, mientras que se clasifican en alto cuando su valor es mayor de 70 y se caracterizan por picos más pronunciados de glucosa. En un estudio realizado por Bhupathiraju et al. (2014), que evaluó el índice glucémico (IG), la carga glucémica (CG) y su asociación con el riesgo de Diabetes mellitus tipo 2, en tres cohortes estadounidenses y un metaanálisis actualizado, se encontró que una mayor CG y un IG elevado se relacionan con un aumento significativo del riesgo de diabetes tipo 2, especialmente en una alimentación con carbohidratos con bajo contenido de fibra. Por otro lado, el estudio de Ojo et al. (2018) evaluó el impacto del índice glucémico en personas que ya padecían Diabetes mellitus 2, encontrando que una dieta con un índice glucémico bajo puede ayudar a mejorar el control glucémico medido en los valores de hemoglobina glucosilada. Finalmente, el trabajo realizado por Jenkins et al. (2021) basado en la cohorte internacional PURE arrojó resultados que demostraron que una dieta con índice glucémico alto se asoció con mayor riesgo de eventos cardiovasculares y mortalidad, además este estudio menciona que los carbohidratos simples o de baja calidad (aquellos que tienen bajo aporte de fibra y mayor cantidad de granos refinados que integrales) también

presentan un índice glucémico alto. (19, 20, 21, 22)

Otra prueba que se realiza es la prueba de tolerancia a la glucosa, que consiste en administrar una carga de glucosa en estado de ayuno para luego evaluar como el organismo reacciona y regula los niveles de glucosa en sangre a través del tiempo. (23)

1.2.3.3 Fibra dietética

La fibra dietética (FD) proviene principalmente de origen vegetal (verduras, legumbres, frutos secos, semillas, frutas y cereales), aunque puede provenir de fuentes no vegetales como la quitina y el quitosano, en insectos, invertebrados y hongos. La FD es un tipo de carbohidrato no digerible para los mamíferos debido ausencia de las enzimas encargadas de hidrolizar enlaces en su estructura. Por lo tanto, la FD tampoco puede ser absorbida en el intestino delgado y llega intacta al colón en donde la microbiota puede o no fermentarla. Dado que la FD no es digerida y por tanto no es absorbida, se considera que esta no genera ningún aporte calórico, sin embargo, su fermentación genera productos como los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), que se han relacionado con efectos antinflamatorios ocasionados por enfermedades crónicas tales como obesidad y enfermedades cardiovasculares. Además, se generan otros subproductos que resultan en energía para la microbiota. (24, 25)

La FDA recomienda el consumo de 28 g de FD al día en una dieta de 2000 kcal, estas recomendaciones generales provienen de estudios que han observado los efectos protectores de la FD ante las enfermedades cardiovasculares. Además, se ha visto que las dietas bajas en fibra ocasionan estreñimiento y mayores riesgos de padecer cardiopatía coronaria. (24, 25)

Clasificación

La FD se clasifica comúnmente de acuerdo con su solubilidad en agua: en fibra soluble

(SDF) e insoluble (IDF). Esta cualidad puede determinar su grado de fermentabilidad e influye en la función fisiológica que desarrolla durante su paso por el tracto gastrointestinal, dado que puede modificar el proceso de digestión y absorción del resto de alimentos. (25)

La SDF puede ser fermentada por la microbiota en distintos grados dependiendo de sus características y puede aumentar la viscosidad del quimo, aunque también hay fibra soluble que no es viscosa. La IDF es poco o no fermentable y no incrementa la viscosidad de quimo. (25)

Fibra y respuesta glucémica postprandial

Las propiedades fisicoquímicas de la FD pueden influir en diferentes aspectos del tracto gastrointestinal, por ejemplo, en el tiempo de tránsito y el aumento de la viscosidad del quimo, lo que puede modificar el comportamiento de la mezcla. (25)

En el caso de la fibra soluble, el aumento de la viscosidad del contenido gastrointestinal puede limitar el acceso de las enzimas digestivas a los nutrientes tales como los carbohidratos, mientras que, en el caso de la fibra insoluble, aunque la capacidad de aumentar la viscosidad es limitada, se ha relacionado con aumento en el volumen fecal. (25, 26)

Con el aumento en la viscosidad del contenido gastrointestinal posterior al consumo de fibra soluble limita el acceso de las enzimas a los nutrientes y un nutriente clave es el almidón, pues al impedir el acceso de las enzimas a él, se inhibe o reduce su digestión y absorción, lo que ocasiona un efecto en la atenuación de los niveles de glucosa postprandial, misma que se considera fundamental en el manejo y prevención de la DM. La disminución de la tasa de digestión y absorción que ocasiona la FD también afecta a los lípidos, ocasionando una mejora reflejada en la disminución de las concentraciones de colesterol LDL plasmático en ayunas. Entonces la SDF puede ralentizar la absorción de nutrientes gracias al aumento en la viscosidad. (26, 27)

Además, hay otro posible mecanismo de acción que podría explicar este efecto en el metabolismo de lípidos: la encapsulación de sales biliares por parte de la red viscosa de fibra soluble, impidiendo así su acción en la emulsificación de las grasas. (26)

Respecto a la atenuación de la glucosa postprandial se ha hablado de distintos mecanismos de acción: además de la inaccesibilidad de las enzimas encargadas de hidrolizar el almidón por el aumento de la viscosidad, se ha estudiado una menor disponibilidad de agua necesaria para la gelatinización de gránulos de almidón para su digestión. También, se ha hablado de que la celulosa podría inhibir la actividad de la enzima *α*- amilasa. (26,27)

Se describe, además, que la ralentización de la interacción entre enzimas y macronutriente, también ocasionaría que los nutrientes que normalmente se absorberían al inicio del intestino delgado, pudieran llegar hasta el íleon distal, lo que estimularía a las células L para liberar GLP-1 (péptido similar al glucagón) al torrente sanguíneo, mismo que participa en la mejora de la producción y sensibilidad a la insulina. (27) El mismo posible mecanismo señalan los autores, en un estudio clínico aleatorizado con pacientes con DM2, en el que se observó que una dieta rica en FD favoreció la diversidad y abundancia de bacterias productoras de AGCC, lo que resultó en una mejoría en los niveles de hemoglobina glucosilada. (28)

En conclusión, la FD puede modular la respuesta glucémica postprandial mediante distintos mecanismos relacionados tanto con sus propiedades físicas, su interacción con el tracto gastrointestinal y la microbiota intestinal. El aumento de la viscosidad puede dificultar la interacción entre las enzimas digestivas y los carbohidratos, reducir la disponibilidad de agua necesaria para la gelatinización del almidón y ralentizar su digestión y posterior absorción. Asimismo, la llegada de nutrientes a regiones más distales del intestino puede estimular mecanismos hormonales como la liberación de GLP-1, mientras que la fermentación de determinadas fracciones de fibra por la microbiota puede generar AGCC relacionados con la regulación metabólica. En

conjunto, estos mecanismos pueden contribuir a una absorción más gradual de la glucosa y a la modulación de la respuesta glucémica postprandial. (26, 27, 28)

1.2.3.4 Proteína y respuesta glucémica

Entre las estrategias para el control de la hiperglucemia postprandial y el tratamiento o la prevención de la resistencia a la insulina o la diabetes, también se evaluado el consumo de proteína por su efecto atenuante en los niveles de glucosa postprandial. Los estudios han comprobado que a partir de 7 a 10 g de proteína alimentaria se consideran dosis efectivas para reducir los niveles glucémicos postprandiales. Si bien se han evaluado proteína de suero, también se ha encontrado que intervenciones de fuentes convencionales de tales como carnes, lácteos, legumbres huevo y otras fuentes tienes efectos positivos, aunque la duración y magnitud del efecto dependen del origen proteico y del total de los macronutrientes de los que está constituida la comida completa. (29)

Los niveles de glucosa en sangre aumentan después del consumo de carbohidratos, principalmente simples y almidón, que son degradados durante la digestión, se absorben en el intestino delgado y entran al torrente sanguíneo en forma de glucosa. El pico hiperglucémico se manifiesta normalmente a los 30 minutos posteriores al consumo, aunque esto puede variar dependiendo de la matriz alimentaria. Sin embargo, se ha observado que, tras la digestión de los aminoácidos provenientes de la proteína de los alimentos, la liberación de insulina se ve aumentada, favoreciendo la captación y utilización de glucosa, disminuyendo así los niveles de glucosa postprandial. Esta liberación aumentada de insulina (respuesta insulinotrópica) cambia dependiendo del tipo de aminoácidos, pues se ha reportado mayor liberación de insulina en presencia de aminoácidos esenciales, especialmente de leucina. Además, la presencia de proteína contribuye a reducir la velocidad de vaciamiento gástrico, lo que contribuye a que la velocidad de absorción de los carbohidratos también se vea

ralentizada. (29)

La presencia de proteínas y de los productos derivados de su digestión en el tracto gastrointestinal también puede estimular la secreción de hormonas intestinales conocidas como incretinas, entre las que se encuentran el GLP-1 y el péptido insulinotrópico dependiente de glucosa (GIP). Estas hormonas participan en la regulación de la respuesta postprandial al favorecer la secreción de insulina en presencia de glucosa y, en el caso del GLP-1, también pueden contribuir a la modulación del vaciamiento gástrico. De esta manera, la proteína puede influir en la respuesta glucémica mediante mecanismos gastrointestinales y hormonales. (29)

En conclusión, la proteína puede modular la respuesta glucémica postprandial mediante diferentes mecanismos. La liberación de determinados aminoácidos durante su digestión puede estimular la secreción de insulina, mientras que su presencia en el tracto gastrointestinal puede modificar el vaciamiento gástrico y estimular la liberación de otras hormonas intestinales involucradas en la regulación de la glucosa postprandial. En conjunto, estos mecanismos pueden contribuir a una aparición más gradual de la glucosa en circulación y a la modulación de la respuesta glucémica posterior a la ingesta.

1.2.3.5 Lípidos, ácidos grasos y respuesta metabólica

Los lípidos también pueden modificar la respuesta glucémica mediante la ralentización del vaciamiento gástrico cuando están presentes en las comidas. Aunque este efecto depende de la cantidad, del tipo de ácido graso y, sobre todo, de la estructura y composición del alimento completo (matriz alimentaria). (30, 31)

Además de la cantidad total de lípidos, su composición en ácidos grasos puede tener implicaciones metabólicas. Se ha estudiado que los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados pueden ejercer efectos diferentes sobre

parámetros como la sensibilidad a la insulina, la función de las células β y el metabolismo de la glucosa y los lípidos. (32)

Uno de los principales mecanismos involucrados es su efecto sobre el vaciamiento gástrico. En un estudio en humanos sanos, la administración conjunta de glucosa y una carga de lípidos de cadena larga incrementó la liberación de colecistoquinina (CCK), retrasó el vaciamiento gástrico y se acompañó de menores concentraciones posprandiales de glucosa e insulina. Además, cuando la glucosa se administró directamente al duodeno, la CCK ya no modificó la respuesta glucémica, lo que apoyó que el efecto se debía principalmente al retraso del vaciamiento gástrico. (32, 33)

En relación con los ácidos grasos, los efectos metabólicos no son iguales y dependen del tipo de ácido graso y del nutriente que este sustituye en la dieta. En estudios de alimentación controlada, la sustitución de ácidos grasos saturados por poliinsaturados se ha asociado con cambios favorables en indicadores de la homeostasis de la glucosa y la insulina, mientras que los efectos observados con los ácidos grasos monoinsaturados han sido variables. Por otra parte, evidencia más reciente indica que la sustitución de grasas saturadas por grasas monoinsaturadas o poliinsaturadas no necesariamente modifica de manera significativa la sensibilidad a la insulina a corto plazo. Por ello, los efectos metabólicos de los diferentes ácidos grasos deben interpretarse considerando tanto el tipo y cantidad de grasa como la composición global del alimento y de la la dieta. (32, 34)

1.2.3.6 Matriz alimentaria

La matriz alimentaria se refiere la estructura y organización de todos los componentes y nutrientes que conforman un alimento y cómo estos interactúan entre sí de acuerdo con su forma, procesamiento domestico o industrial. (26, 31) Este término se ha vuelto relevante debido a que las características físicas y

químicas de un alimento pueden afectar o modificar la eficacia de la digestión.

Para que un alimento sea digerido y se acceda a los macronutrientes contenidos en él, es necesario que estén en contacto con las enzimas digestivas. Por lo que las paredes celulares de los alimentos vegetales y su permeabilidad pueden influir en la bioaccesibilidad de las enzimas a ellos. Así también, son relevantes la masticación, molienda, cocción, y demás tratamientos domésticos e industriales capaces de modificar la estructura e integridad celular. (26) En temas de salud, la matriz alimentaria es relevante, pues el comportamiento de un mismo nutriente puede ser diferente dentro de distintos alimentos. Esto se refiere a que los efectos y el comportamiento de un alimento son mucho más complejos que la suma de los nutrientes individuales, debido a la matriz del alimento. (30)

1.2.4 Evaluación de la respuesta glucémica en modelos murinos

En modelos murinos, la prueba de tolerancia oral a la glucosa permite conocer la respuesta metabólica ante intervenciones nutricionales o compuestos farmacológicos, por lo que, además, es útil para observar posibles efectos moduladores de dichas intervenciones. (23)

1.3 Estrategias nutricionales: Snacks como alimento funcional

Entre los snacks más comunes se encuentran productos industrializados como bebidas azucaradas, caramelos, frituras, chocolates, galletas y confitería. Estos, caracterizados por su alta densidad energética, por su bajo aporte nutricional y alta contribución a la incidencia de obesidad y DM2, pero ampliamente consumidos debido a que son muy accesibles, no requieren preparación y se pueden consumir en cualquier momento, replantean la necesidad de ofrecer opciones con un mejor perfil nutricional. (10) En este contexto, es clave el uso y las ventajas de la tecnología de alimentos para poder ofrecer opciones de snacks que no solo no repercutan de manera negativa en la salud de la población, sino que tengan la posibilidad de

ofrecer un nutrimento que aumente el valor nutritivo de los mismos. (10, 35)

Por ello es de gran interés desarrollar una opción de snack que esté elaborado con ingredientes naturales, nutricionalmente equilibrado y que pueda contribuir a la prevención de enfermedades como la DM2; a un alimento con estas características se le considera un alimento funcional y se refiere a aquel alimento que contiene uno o más compuestos bioactivos específicos que influyen positivamente en alguna función del organismo, como en la regulación del metabolismo, en la protección contra el estrés oxidativo, el funcionamiento del sistema cardiovascular, gastrointestinal, e incluso la mejora del rendimiento físico y cognitivo. (36, 37)

El mazapán es un dulce típico de México, elaborado a base de cacahuate y de azúcar, ampliamente consumido y aceptado por niños y adultos, cuyo aporte de grasas es cuantioso, sin embargo, la cantidad de proteína es mínima. Además, la principal desventaja de este es el uso de azúcar glass como ingrediente, esta azúcar es un carbohidrato simple que se absorbe rápidamente en el organismo causando picos de glucosa pronunciados y un índice glucémico medio- alto, lo cual, como se mencionó previamente puede ser perjudicial para la salud a largo plazo aumentado el riesgo de padecer DM2 o, perjudicando el control de la glucemia en pacientes que ya la padecen. Sin contar que tiene un elevado contenido calórico y un bajo aporte de fibra. Estas características lo convierten en un alimento desequilibrado, que contribuye a una dieta inadecuada. En este contexto, resulta importante buscar alternativas para la reformulación de este producto para mejorar su contenido nutricional. (36)

Algunos trabajos, han realizado reformulaciones de este producto y los insectos comestibles han tomado un papel importante para aumentar el contenido proteico, uno de estos trabajos es el realizado por Campos-Pastelín et al. en el que desarrollaron y caracterizaron fisicoquímicamente un mazapán enriquecido con harina de chapulín (*Orthoptera: Acrididae*). Sus resultados revelaron que la adición del 3% de harina de

chapulín provocó una disminución del 18% en el contenido de hidratos de carbono, además de un incremento del 2.6% en proteínas, un aumento por 23 en el contenido de fibra cruda, en comparación con un mazapán comercial. Estos hallazgos evidencian el potencial del uso de harina de insectos como ingrediente funcional que mejora significativamente el valor nutricional de snacks como el mazapán. (38) Por otro lado, Ortega Miramontes et al. (2016) desarrollaron un mazapán funcional adicionado con harina de garbanzo, con el objetivo de crear un producto más saludable. Sus resultados arrojaron que, además de mantener las características sensoriales similares al mazapán convencional (color, olor, sabor y textura), su formulación presentó una reducción en hidratos de carbono y sodio, así como un incremento en grasas y proteínas. Estas modificaciones nutricionales sugieren que la incorporación de harinas alternativas en sustitución del azúcar glass, es una estrategia prometedora para enriquecer alimentos de consumo habitual, como las golosinas. (39)

Ambos estudios respaldan la viabilidad tecnológica y nutricional de desarrollar productos tradicionales enriquecidos, lo que contribuye a la innovación en la industria alimentaria con enfoques orientados a la salud y funcionalidad. (39)

Hasta el momento no se tiene registro de algún dulce tipo mazapán que contenga proteína de alta calidad, vitaminas, minerales y fibra, el cual pueda ser consumido y brinde beneficios a la salud metabólica. El cacahuate, higo (*Ficus carica*) y *Tenebrio molitor,* son alimentos que cuentan con propiedades funcionales y nutraceúticas, los cuales podrían ser una alternativa para formular un mazapán funcional.

1.4 Materias primas del estudio: Cacahuate (Arachis hypogaea)

El ingrediente principal de un mazapán tradicional es el cacahuate, el cuál es una oleaginosa, pero está clasificado de acuerdo con su contenido nutrimental en el sistema mexicano de alimentos equivalentes (SMAE) como una grasa. Cada 100 gramos de cacahuate, aporta 48 g de lípidos, 21 gramos de carbohidratos y 25

gramos de proteína. Además de el alto aporte de lípidos, proteína, aminoácidos esenciales y ácidos grasos, contiene una importante variedad de micronutrientes tales como vitamina E, antioxidantes, polifenoles, vitaminas y minerales los cuáles lo han caracterizado como un alimento funcional que puede ayudar a prevenir enfermedades tumorales y DM2. (40, 41)

1.4.1 Composición Nutrimental del cacahuate

1.4.1.1 Grasas

De manera general, los cacahuates tienen un contenido de lípidos que va desde el 50 al 55%, del cual el 30% corresponde a acido linoleico y el restante a ácido oleico. De acuerdo con el American Peanut Council, los cacahuates están conformados en su mayoría por ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y en algunos estudios se ha visto que una dieta alta en este tipo de grasa es capaz de reducir los niveles de colesterol total en un 11%, el colesterol LDL hasta en un 14% y mantener el colesterol HDL (41).

1.4.1.2 Proteína

Los cacahuates contienen los 20 aminoácidos en distintas proporciones y este aporte se considera comparable con el aporte con los frijoles y otro grupo de alimentos considerados con buen aporte proteico (Figura 1) (42).

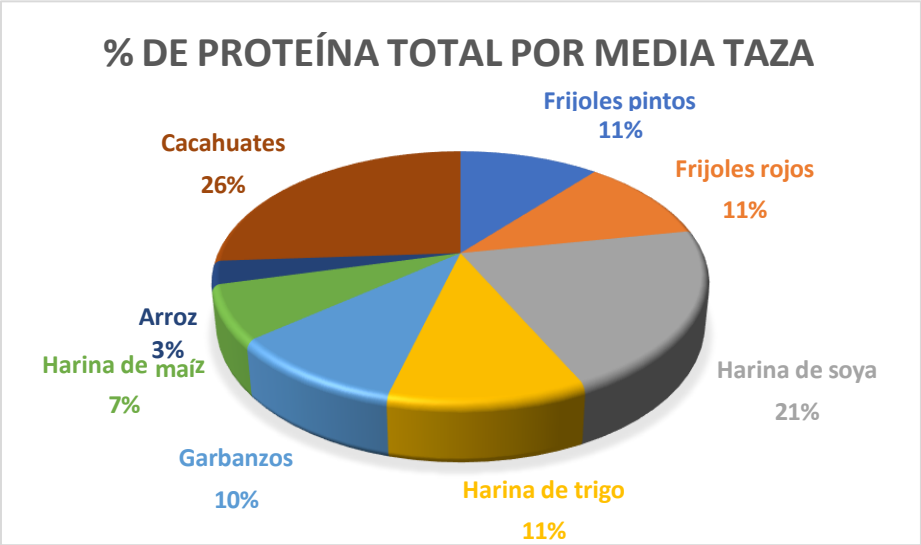


Figura 1. Porcentaje de proteína total de diferentes granos y leguminosas por media taza.

Fuente: Figura modificada tomada del American Journal of Clinical Nutrition (41)

1.4.1.3 Fibra

La FDA reconoce al cacahuate como una buena fuente de fibra debido al aporte de de sacarosa, almidón y en menor cantidad, de azucares reductores. Si bien, todos los carbohidratos elevan la glucosa en sangre, el almidón y la fibra tienen un efecto lento y menos drástico. Esta característica puede explicar el bajo índice glucémico (14/100) y baja carga glucémica del cacahuate, esto hace que, al combinarse los cacahuates con alimentos con IG alto, estos sean capaces de ayudar a regularlo y mantenerlo. (42)

El aporte de fibra en los cacahuates está compuesto fundamentalmente por fibra insoluble y se ha visto que la pequeña cantidad de fibra soluble fermentable puede contribuir a la absorción de algunos minerales. Gracias a este aporte, además de magnesio, aceites de buena calidad y no afectar de manera drástica la glucosa en sangre, los cacahuates son considerados como un alimento apto para las personas

que padecen diabetes por la Asociación Estadounidense de Diabetes (42).

1.4.1.4 Vitaminas y minerales

El aporte micro nutrimentos por cada 100 de gramos de cacahuate y los porcentajes de la dosis diaria recomendada que se pueden cubrir con dicha cantidad se pueden observar en la Tabla 1. Los más destacados son: folato (60%), niacina (75%), tiamina (53%), vitamina E (55,5%), 57% de hierro, 42% de magnesio. (43)

El conjunto de macro y micro nutrimentos, además del contenido de sustancias bioactivas y su posible acción sinérgica convierten a los cacahuates en un alimento funcional, que puede contribuir a mejorar del estado de salud. Algunas de estas sustancias bioactivas, son estilbenos como el resveratrol que es un antioxidante poli fenólico que tiene acción antiinflamatoria y por tanto actúa como protector ante enfermedades del corazón, nerviosas e incluso cáncer. También contiene fitoesteroles, los cuáles al tener una estructura química muy similar al colesterol, compiten por absorción en el organismo, lo cual le da la capacidad de disminuir la absorción de grasas, lo cual de manera indirecta puede contribuir a prevenir la obesidad y, por tanto, la diabetes. (42)

Tabla 1. Valor nutricional del cacahuate (*Arachis hypogaea*) por 100 gramos de producto, promedio de varios tipos de cacahuates.

Nutriente	Valor nutritivo	Porcentaje de RDA
Folatos	240 ug	60
Niacina	12,066 mg	75
Tiamina	0,640 mg	53
Ácido pantoténico	1767 mg	35
Piridoxina	0,348 mg	27
Vitamina E	8,33 mg	55,5

Nutriente	Valor nutritivo	Porcentaje de RDA
Hierro	4,58 mg	57
Magnesio	168 mg	42
Manganeso	1,934 mg	84
Fosforo	76 mg	54
Zinc	3,27 mg	30

Fuente: Arya et al., 2016. (43)

1.5 Materias primas del estudio: *Tenebrio molitor*

1.5.1 Ciclo de vida

Tenebrio molitor también conocido como el gusano de la harina o gusano amarillo, ha sido ampliamente estudiado y revisado en los últimos años por su valioso aporte de proteína y ácidos grasos omega 3. Se ha considerado una fuente alternativa a las proteínas animales no solo por su valor nutricional, sino porque implica un menor impacto ambiental. *Tenebrio molitor* es una plaga que se reproduce en la harina, cereales y granos, en su etapa adulta es un escarabajo oscuro. *T. molitor* se desarrolla en cuatro etapas características que son huevo, larva, pupa y adulto (Figura 2). El crecimiento y reproducción de este insecto, varía dependiendo de las condiciones climáticas en donde se desarrolle y de la disponibilidad del alimento. Las hembras adulto ponen los huevos que eclosionan después de aproximadamente 3 a 9 días a 25°C y se convierten en larvas. La etapa larval puede durar de 2 a 4 meses y llegan a medir poco más de 3 cm. La larva se convierte en pupa, esta etapa tiene una duración breve de entre 5 a 9 días para finalmente convertirse en adulto y reiniciar el ciclo. Los estudios han revelado que el valor nutricional varía entre cada etapa del desarrollo y que es en la etapa larval en la que ofrece un mayor aporte nutritivo. (44)

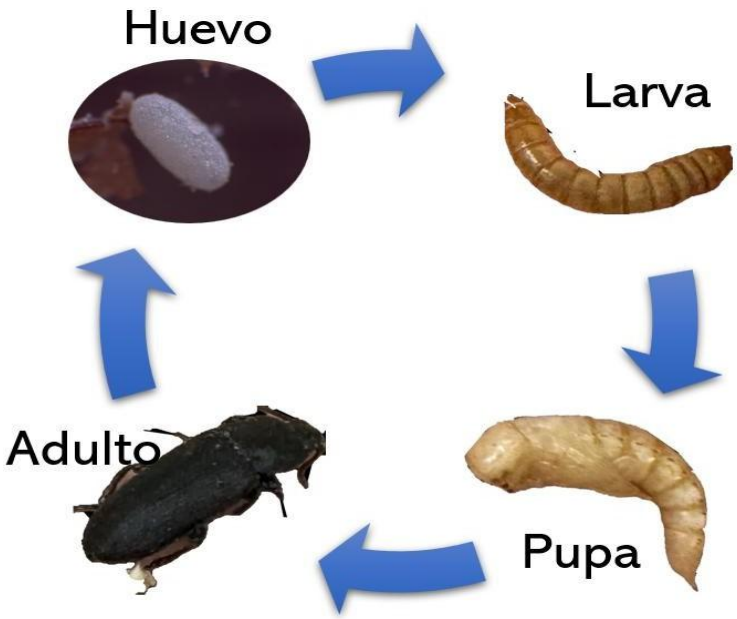


Figura 2. Ciclo de vida *Tenebrio molitor.*

1.5.2 Larvas de *Tenebrio molitor*

La etapa larval tiene diferentes estadios y esta aproximadamente durante su vigésimo estadio en el que son procesadas para obtener la harina o sus productos. Las larvas pueden contener desde un 40 a un 70 % de proteína en materia seca dependiendo del sustrato utilizado para su crianza, un buen aporte de grasas, quitina, péptidos antimicrobianos y una buena digestibilidad. En condiciones de crianza para consumo humano, estas son alimentadas principalmente de salvado o harina de cereales de trigo, cebada, avena o maíz y se añade verdura o alguna fruta como complemento para su hidratación. Se han observado variaciones en el contenido final de proteína y aminoácidos dependiendo de la alimentación que se les dé, sin embargo, diversos estudios han encontrado que TM tiene un alto aporte de proteínas desde el 40 a 70 g/100g, un buen aporte de ácidos grasos polinsaturados, zinc, magnesio, niacina, piridoxina, riboflavina, folato y vitamina

B12. (44, 45, 46)

Además, se ha descrito que *T. molitor* tiene un contenido destacable de aminoácidos esenciales/g de proteína comparado con los requerimientos señalados por la FAO, OMS, ONU. (Tabla 2) (47)

Tabla 2. Contenido de aminoácidos esenciales de *Tenebrio molitor* y requerimientos de la OMS, ONU y FAO. (47)

Tenebrio molitor	**TML (mg/g proteína)**	**FAO/ OMS /UNU requerimientos**	**% Del requerimiento cubierto**
Histidina	15.73	15	104.86
Isoleucina	22.26	30	74.2
Leucina	38.98	59	66.06
Lisina	29.16	45	64.8
Metionina + Cisteína	10.86	16 + 6	
Fenilalanina + tirosina	60.45	30	201.5
Treonina	21	23	91.30
Triptófano	ND	6	
Valina	32.23	39	82.64

En un estudio, Kotsou K en 2023 compararon la proteína cruda de *Tenebrio molitor* vs la de carne de res y pollo y los resultados fueron 36.8%, 21.4% y 19.4 % respectivamente. Además, *Tenebrio molitor* también es una fuente valiosa de ácido linoleico y ácido alfa-linolénico. (48)

1.5.3 Seguridad del consumo de *Tenebrio molitor* en humanos

La alimentación con *Tenebrio molitor* y otros insectos ya es una fuente importante de alimentación humana en América (39%) y en África (30%) y si bien en Europa apenas representan el 2% de la alimentación debido a cuestiones de neofobia, el Parlamento Europeo y el Consejo en junio del 2021 aprobaron la venta de larvas secas de *T. molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) como alimento y en enero de 2023 aprobaron las formas congeladas, en pasta, secas y en polvo de larvas de Alphitobius diaperinus Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae) (49, 50).

La FAO ha promovido el consumo de insectos comestibles como una opción para la seguridad alimentaria, incluido *Tenebrio molitor*. Además, lo señala como una fuente segura y adecuada para consumo humano en tanto sea procesado adecuadamente. (51)

La EFSA (European Food Safety Authority) o Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, en 2021 emitió una opinión favorable sobre el uso de *Tenebrio molitor* en alimentos y consumo humano ("Scientific Opinion on the safety of the use of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as a food ingredient"). (52)

En México, si bien no existe una norma que regule específicamente el uso de *T. molitor* el consumo de insectos o adición de estos como ingredientes a cualquier alimento deberá cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas para la inocuidad y etiquetado (NOM-251-SSA1-2009 y NOM-051-SCFI/SSA1-2010). (53)

1.5.4 Como alimento funcional

Gracias a su excelente aporte nutricional, *Tenebrio molitor* puede ser añadido a alimentos como un ingrediente funcional. En un estudio realizado por Mihaly Cozmuta en 2023 se evaluó el efecto del polvo de gusano de la harina amarillo (*T. molitor)* en la formulación de galletas, en este estudio se realizaron cuatro formulas con la adición de 0, 10, 15 y 20% de proporción de harina de este insecto, se sometieron a un análisis sensorial y la galleta con mejor aceptabilidad fue la R3 con

la formulación del 15%, dicha formula presentó un perfil nutricional ampliamente mejorado, con un mayor contenido de proteínas, aminoácidos esenciales, grasas insaturadas, fibra y minerales, además de un índice glucémico más bajo y una mayor disponibilidad proteína al compararse con galletas que no habían sido enriquecidas. (54)

Por otro lado, Zielińska y Pankiewicz (2020) llevaron a cabo un estudio en el que evaluaron el efecto de la sustitución de harina de trigo y mantequilla por harina de *Tenebrio molitor* en la elaboración de galletas de mantequilla, con el fin de analizar los cambios en su sus características nutricionales, fisicoquímicas y antioxidantes y los resultados revelaron un aumento significativo en el contenido de proteína y cenizas y una disminución en el contenido de carbohidratos, se observó una mejor capacidad antioxidante (estudiada in vitro) y un aumento del contenido de almidón de digestión lenta, lo cual, podría favorecer un índice glucémico más bajo (55).

En otro estudio realizado por Kim et al., (2029), se investigaron los efectos antidiabéticos de un extracto de *Tenebrio molitor* en un modelo murino de DM2 (ratones C57BL/Ksj-db/db). Se trabajó con tres grupos de 8 ratones, a uno de los grupos se les dio extracto de *Tenebrio molitor*, a otro rosiglitazona y el tercer grupo no se le dio ningún tratamiento, debido a que fue el grupo control. Después de 6 semanas de tratamiento, el grupo que recibió el extracto consumió menor cantidad de agua que el grupo control, mostró una disminución significativa en los niveles de glucosa en sangre y en la hemoglobina glucosilada, así como en el índice HOMA-IR. Una parte relevante del estudio es que se extrajo una muestra de musculo esquelético para obtener las membranas plasmáticas y poder analizar la señalización y estimulación de la fosforilación IRS-1, de la proteína Akt, así como una mayor activación de la vía PI3K/Akt y un aumento en la expresión del transportador de glucosa GLUT4. Los resultados revelaron que el extracto era capaz de estimular estas vías y por tanto mejorar la sensibilidad periférica a la insulina contribuyendo así al control de la hiperglucemia sin ocasionar efectos secundarios

como los de los fármacos sintéticos (56).

1.6 Materias primas del estudio: Higo

El higo es una especie del género *Ficus* perteneciente a la familia Moraceae, que desde la antigüedad ha sido considerada una planta valiosa por sus propiedades beneficiosas para la salud. En la cáscara, pulpa, hojas y frutos enteros de higo, se han encontrado numerosos compuestos activos como cianidina, ácido clorogénico, rutina, luteolina y catequina, todas estas descritos con propiedades antidiabéticas, antiinflamatorias, antioxidantes y, por tanto, anticancerígenas. En otros estudios se ha observado que, dependiendo del modo de su extracción, también se pueden encontrar fenoles, flavonoides, flavonoles, vitamina C, etc. Todos ellos, también sustancias con actividad antioxidante y antiinflamatorias. Estudios in vivo e in vitro han arrojado evidencia experimental sobre la actividad de los diferentes productos derivados de ficus carica, capaces de neutralizar o contrarrestar los daños causados por desbalances en el metabolismo de glucosa y lípidos, así como del estrés oxidativo. Este tipo de actividad no se lleva a cabo de manera general, sino que se lleva a cabo cuando se presenta la condición. (57, 58)

Específicamente en la DM2, se ha visto que los productos derivados del higo ayudan a nivelar la glucosa en sangre, promoviendo la mejora en la utilización de la insulina (aumenta su expresión) en las células beta pancreáticas, ayudando así a mejorar la tolerancia a la glucosa. Esto debido a que la hiperglicemia desencadena la producción de ROS, los cuáles a su vez estimulan a AMPK y a JNK, las cuáles afectan la producción de insulina y consecuentemente la tolerancia a la glucosa y los productos derivados del higo, regulan estas proteínas de manera negativa

Además, el estrés metabólico que supone la DM2, causa daños estructurales y puede llevar a ocasionar apoptosis en las células beta, en donde también pueden intervenir los compuestos activos, atenuando los factores pro apoptóticos. La mayoría de los daños ocasionados en consecuencia de la diabetes y otras

enfermedades metabólicas, son debidos al estrés metabólico y oxidativo que ocasionan, siendo las propiedades antioxidantes del higo las que desempeñan un papel favorable ante estos mecanismos (58).

1.6.1 Composición nutricional del higo

El higo de manera natural contiene una cantidad destacada de fibra dietética, minerales y vitamina C, estos nutrientes contribuyen de forma importante a sus propiedades funcionales: la fibra favorece el tránsito intestinal y ayuda a retardar la respuesta glucémica postprandial; los minerales como potasio, calcio y hierro participan en el mantenimiento del equilibrio electrolítico y en procesos metabólicos esenciales; mientras que la vitamina C como antioxidante, ayuda a la neutralización de especies reactivas de oxígeno (ROS). Cuando el fruto se somete a deshidratación, su composición nutrimental se concentra debido a la pérdida de agua, incrementando proporcionalmente la densidad energética y de micronutrientes. Por tanto, el higo deshidratado representa una fuente más concentrada de carbohidratos, fibra, minerales y compuestos bioactivos en comparación con el higo fresco, además de ayudar a prologar su vida útil, por lo que resulta relevante al considerarlo como ingrediente en formulaciones de alimentos.

En la Tabla 3 se muestra la composición nutricional del higo deshidratado expresada por una pieza de 19 g, obtenida del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE, 5ª edición). (59)

Tabla 3. Composición nutrimental del higo deshidratado por 1 pieza (19 g). (59)

Nutriente	Valor
Cantidad	1 pieza
Peso neto (g)	19
Energía (kcal)	47
Proteína (g)	0.6
Grasa total (g)	0.2
Carbohidratos (g)	11.9
Azúcares (g)	9.0
Fibra (g)	1.8
Vitamina C (mg)	2.4
Ácido fólico (µg)	0.1
Ácido pantoténico (mg)	1.4
Calcio (mg)	25.9
Hierro (mg)	0.4
Potasio (mg)	133.1
Sodio (mg)	2.1
Fósforo (mg)	12.7

2. JUSTIFICACIÓN

La DM2 representa uno de los problemas más preocupantes para la salud pública a nivel mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud 830 millones de personas en 2022 vivían con diabetes y la Federación Internacional de Diabetes estima que para el 2030, 1 de cada 9 personas adultas padecerá está condición. En diversos estudios, la DM2 se ha relacionado a una alimentación inadecuada basada en alimentos industrializados con alta carga glucémica, tales como snacks ricos en carbohidratos simples, grasas saturadas y bajo aporte proteico como uno de los principales factores de riesgo para padecer esta enfermedad. Ante esta problemática, se ha recomendado modificar los patrones de alimentación, reduciendo el consumo de azúcares añadidos, grasas saturadas, alimentos ultra procesados y aumentar el consumo de alimentos naturales, alta ingesta de fibra, proteínas de alta calidad, frutas, verduras y alimentos con bajo índice glucémico. Las instituciones como la OMS, la Federación Mexicana de Diabetes y la Secretaría de Salud, fomentan el etiquetado de los alimentos y promueven el consumo de alimentos que apoyen el control glucémico. Además, la Secretaría de Salud, en el documento ‘’Estrategia nacional para la prevención y el control del sobrepeso, la obesidad y la diabetes’’, considera entre sus estrategias la reformulación del contenido nutricional de alimentos y bebidas para mejorar su perfil. El mazapán, es un snack tradicional en México elaborado con cacahuate y azúcar glass, que lo convierte en un snack poco adecuado por su alto índice glucémico y contenido nutrimental bajo en fibra y proteína, por lo que mejorar su perfil nutricional añadiendo mayor contenido de fibra, vitaminas y compuestos antioxidantes, mediante la incorporación de higo y mayor contenido proteico con la adición de harina de *T. molitor* que, además presenta evidencia de actuar como regulador de la glucemia al mejorar la sensibilidad a la insulina en ratones, podría ser una alternativa prometedora para contribuir a la prevención y control de la hiperglucemia y DM2.

(60, 61, 62) Por lo tanto, este proyecto plantea investigar el efecto de un mazapán adicionado con higo y *T. molitor* sobre los niveles de glucemia de un modelo murino. La adición de estos ingredientes no solo busca enriquecer el contenido nutrimental del producto, sino conocer su potencial para mitigar los picos de glucosa tras su consumo.

3. HIPÓTESIS

El mazapán adicionado con higo (*Ficus carica*) y *Tenebrio molitor* presentará un perfil nutrimental favorable, así como una aceptabilidad sensorial adecuada, un efecto anti hiperglucemiante y un índice glucémico de bajo a moderado en el modelo murino.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Desarrollar, caracterizar y evaluar la aceptabilidad de un mazapán adicionado con higo (*Ficus carica*) y *Tenebrio molitor* y evaluar su efecto sobre la respuesta glucémica en un modelo murino.

4.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar una formulación de un mazapán adicionado con higo y *T. molitor*.
2. Determinar el contenido nutrimental del mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* mediante análisis proximales (proteínas, carbohidratos, lípidos, fibra, ceniza y humedad)
3. Evaluar el efecto de un mazapán adicionado con higo y T*enebrio molitor*

sobre la glucemia de un modelo murino.

4. Evaluar la aceptabilidad de la formulación de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* mediante un análisis sensorial que incluya apariencia, sabor, aroma, textura, en un panel no entrenado.

5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

5.1 Obtención del material

El cacahuate en crudo fue donado por productores de la localidad de Tlaltizapán, Morelos. Los higos se obtuvieron de la huerta San Martín, ubicada en Jiutepec, Morelos y se cosecharon con un estado de madurez 100% maduro. Se obtuvo un pie de cría de *Tenebrio molitor* y fue criado y procesado en el laboratorio de Control Biológico-CEIB, a cargo de la Dra. Alicia Fonseca.

5.2 Cría del insecto y obtención de la harina de *Tenebrio molitor*

Los huevos de *Tenebrio molitor* fueron obtenidos de la ovipostura de adultos en su segunda cruza. Estos fueron colocados en una caja de polipropileno gris con tapa, a la que se le recortó el centro y se le adaptó una malla para permitir la ventilación adecuada. Se les colocó sustrato de germinado y salvado de trigo a partes iguales (500 g) como medio de desarrollo y de alimentación. También se les colocó apio como fuente de hidratación. La caja fue colocada en el insectario del laboratorio de control biológico, se le realizó cambio de la fuente de hidratación de manera periódica (cada 2 a 3 días según fuera necesario), se permitió el desarrollo larval realizando observaciones continuas hasta que estas alcanzaron el estadio adecuado para su procesamiento (Figura 3).

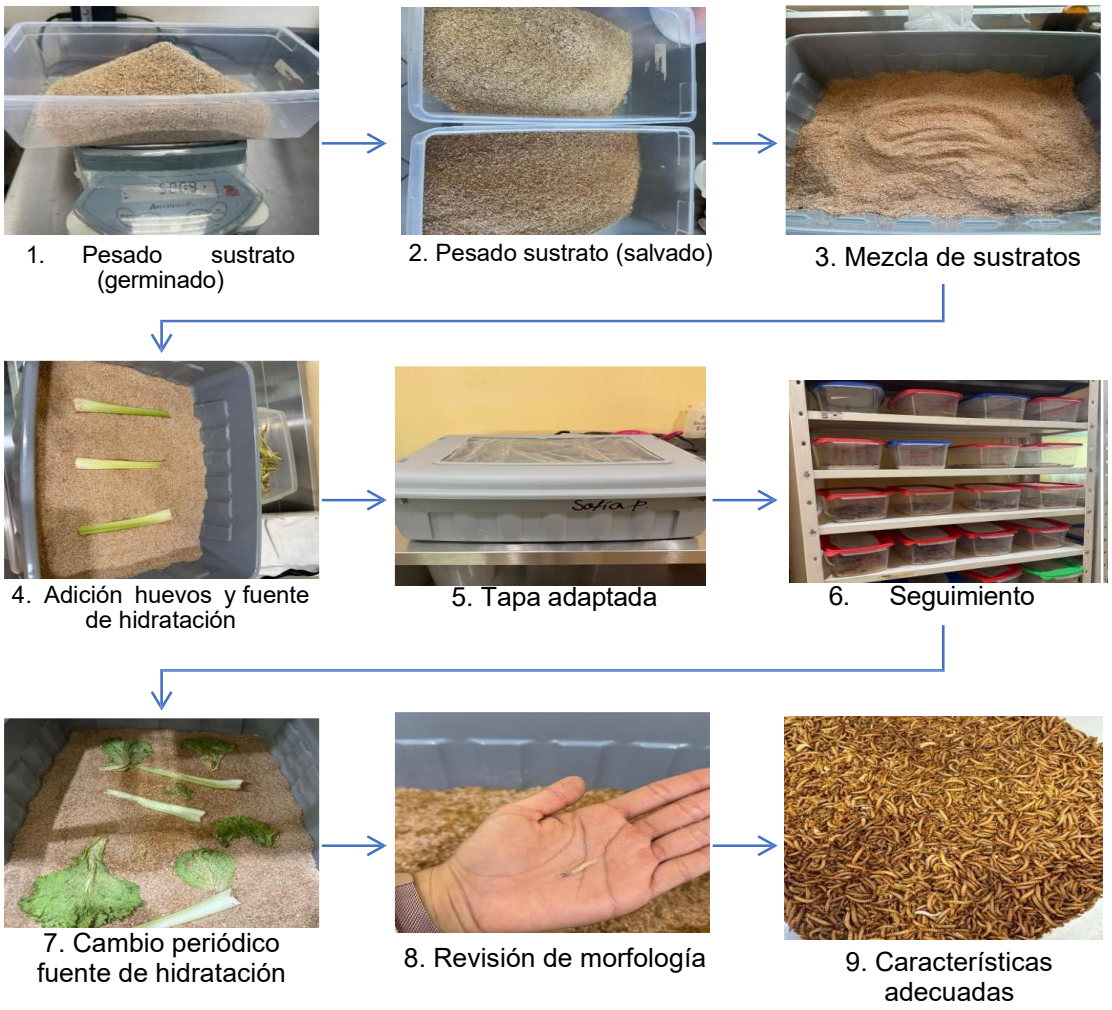


Figura 3. Diagrama de flujo de la cría de *Tenebrio molitor.*

Las revisiones fueron realizadas de manera semanal, en ellas se observaron larvas neonatas (Figura 4), el crecimiento larval 35 días después de la colocación en la caja de polipropileno (Figura 5 a), crecimiento larvario en el día 48 después de la colocación (Figura 5 b y c), y una larva 67 días después de haber sido colocada en la caja, ésta presenta características morfológicas larvarias óptimas para el procesamiento a harina de *Tenebrio molitor*, en la imagen se observan su color amarillo, con ligera coloración

marrón claro y aproximadamente 2.5 cm de longitud.

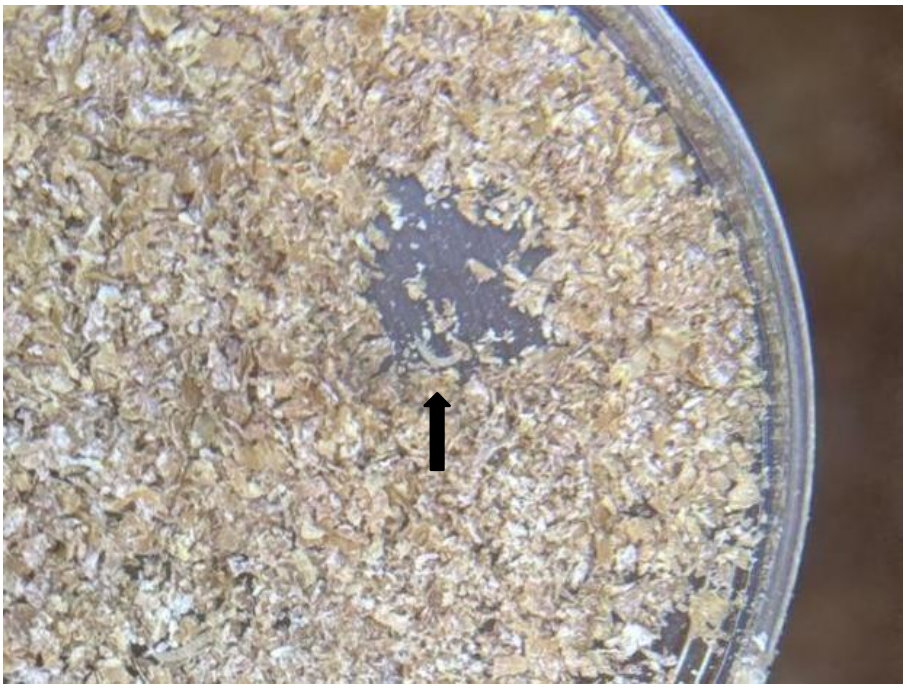


Figura 4. Imagen tomada al momento de la colocación de los huevos en la caja, como se puede observar, ya había presencia de larvas pequeñas.

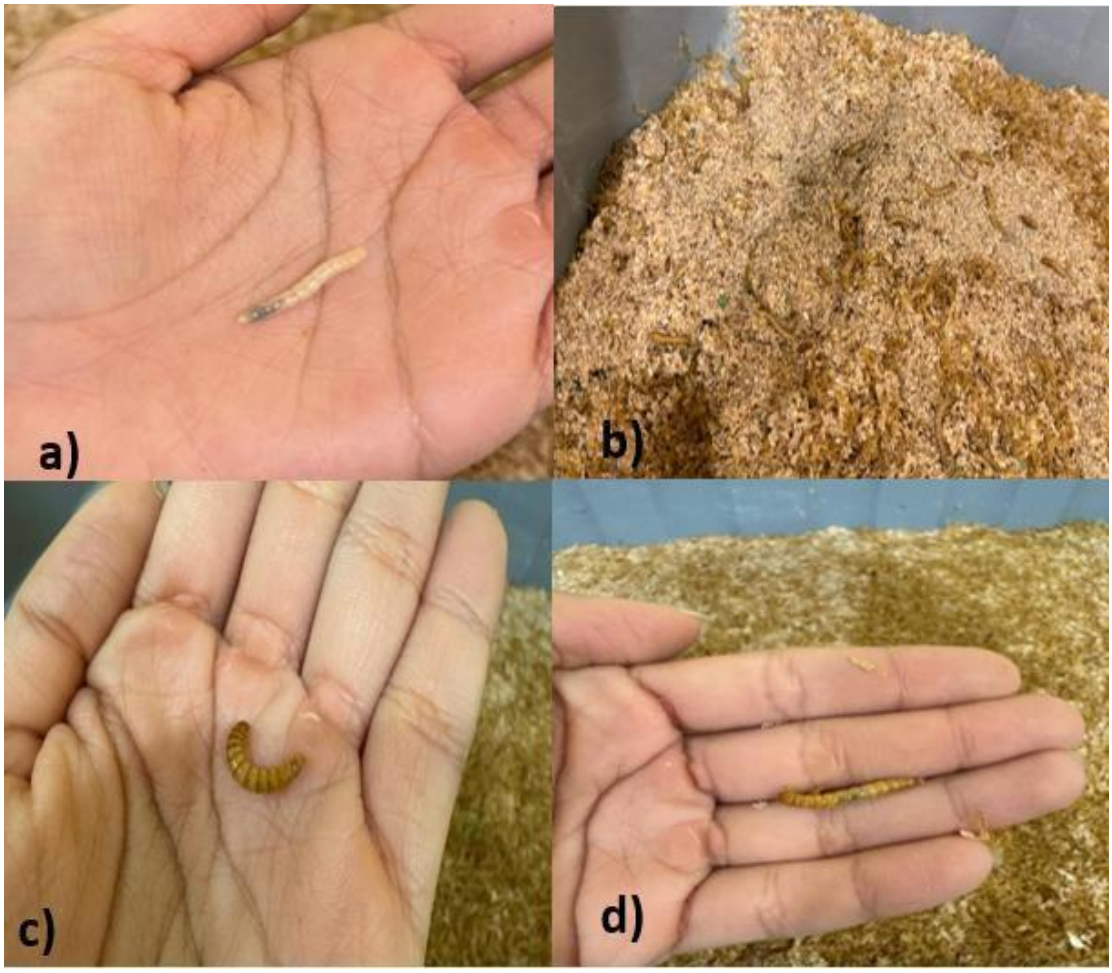


Figura 5. a) Crecimiento larval 35 días después de la colocación, b) y c) crecimiento larvario en el día 48 después de la colocación, d) crecimiento 67 días después.

Después de aproximadamente 67 días trascurridos, las larvas alcanzaron el estadio adecuado para su procesamiento, este fue determinado en cuanto se obtuvieron las siguientes características: larvas grandes y completamente desarrolladas (2-3 cm de largo), color amarillo a marrón claro, activas y con indicios de inicio de la metamorfosis a pupa. Se obtuvieron 437 gramos de insecto vivo (Figura 6).

El rendimiento biológico de larvas vivas obtenido fue del 43.7%. Se utilizaron 1000 gramos de sustrato (500 g de germinado de trigo y 500 gramos de salvado de trigo). Se recuperaron 455 gramos de sustrato residual, el cual fue destinado como abono para plantas, contribuyendo así al aprovechamiento de los residuos generados.

Posterior al procesado de las larvas de *Tenebrio molitor*, se obtuvieron 200 g de harina a partir de los 437 gramos de insecto vivo. Lo que arrojó un rendimiento del 45.76 % respecto al peso de las larvas vivas.



Figura 6. Crecimiento larvario óptimo de *Tenebrio molitor*.

Al observar dichas características, las larvas fueron cosechadas de manera manual, se retiraron las pupas o larvas con signos de convertirse a pupa y adultos con fin de preservar la homogeneidad de la producción. Las larvas seleccionadas fueron extraídas cuidadosamente del sustrato con el apoyo de un tamiz y se sometieron a una limpieza final manual para remover partículas no deseadas. Las larvas obtenidas se transfirieron a un recipiente para ser congeladas a una temperatura de -18°C durante 4 horas, esto con la finalidad de inducir un estado de inmovilidad previo al procesamiento, procurando reducir el sufrimiento del insecto. Transcurrido el tiempo de congelación, las larvas se pasaron a un recipiente con agua a temperatura entre 60-70°C durante 10 minutos y se colaron para eliminar el exceso de humedad.

Finalmente, se distribuyeron en bandejas para ser horneadas a 360° F en 3 lapsos de 20 minutos para estarlas moviendo y realizar un horneado homogéneo. El horneado se consideró completo cuando las larvas presentaron textura crujiente al tacto y un color dorado uniforme, indicadores visuales y sensoriales de una deshidratación adecuada (Figura 7). Se aseguraron estos criterios para su conservación y posterior procesamiento.

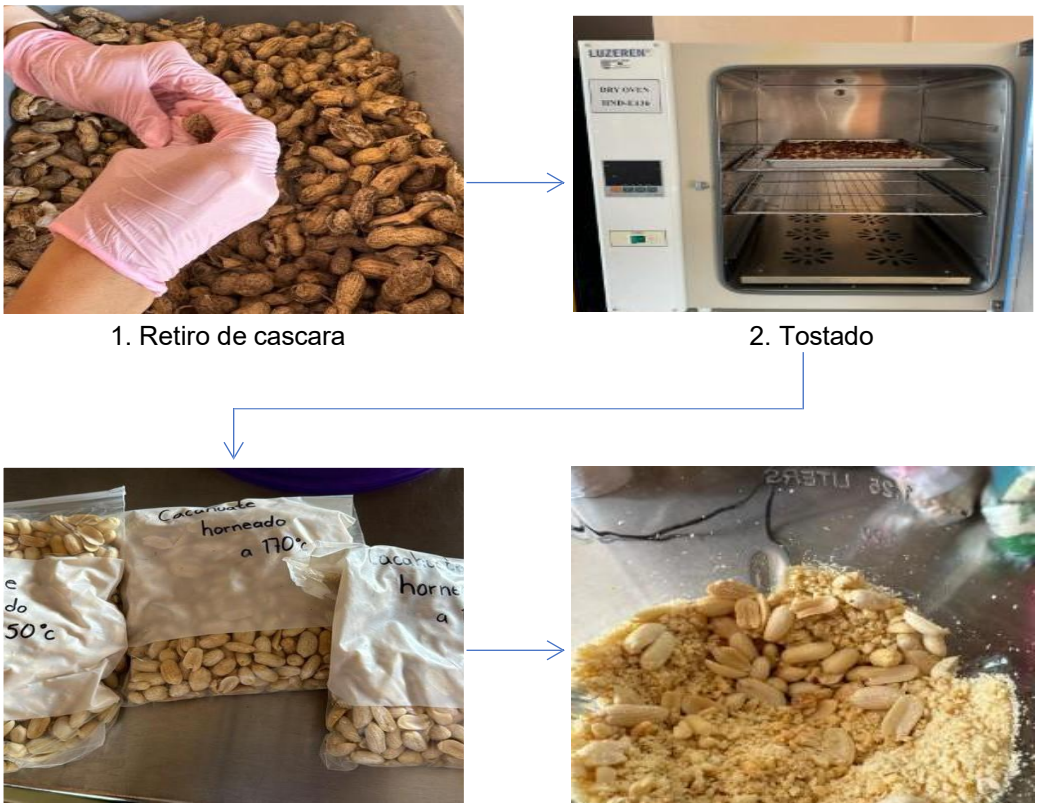
Las larvas horneadas y deshidratadas se dejaron enfriar y pulverizaron con ayuda de un molino eléctrico pulverizador y el polvo resultante fue tamizado manualmente con un colador domestico de malla fina con el objetivo de obtener una harina uniforme. La harina obtenida fue recolectada y almacenada de manera hermética hasta su uso en la elaboración del mazapán.



Figura 7. Diagrama de flujo para la elaboración de la harina de *Tenebrio molitor* a partir de insectos vivos.

5.3 Tostado y molido del cacahuate

Se separó la cáscara y cutícula manualmente. Seguido de remover la cascará y cutícula se llevó a cabo el tostado en el horno en tres diferentes temperaturas: a) 150°C, b)160°C y c)170°C por 40min. Se dejaron enfriar y se procedió a retirar la cutícula restante (Figura 8). Posteriormente se trituró con ayuda de un mezclador de alto poder durante 4 minutos o hasta obtener una pasta uniforme.



1. Retiro de cascara
2. Tostado
3. Diferentes temperaturas
4. Molido

Figura 8. Diagrama de flujo del tostado y molido del cacahuate.

5.3.1 Análisis sensorial de los cacahuates tostados en diferentes temperaturas.

al tostado se realizó un análisis sensorial para determinar la mejor temperatura de horneado en relación con el sabor. Se utilizaron 3 cacahuates por temperatura. Estos se colocaron dentro de contenedores pequeños desechables. A cada contenedor se le dio un número aleatorio de tres dígitos, el cual no se repitió entre sí y no fue consecutivo. Los cacahuates se aleatorizaron en cada uno de los contenedores rotulados y se reservaron para la evaluación de los jueces. Antes de que los jueces evaluarán el color, apariencia y sabor, los cacahuates se colocaron dentro de contenedores pequeños desechables debidamente rotulados con los números asignados en la aleatorización. Para este estudio se ocupó la presencia de 30 jueces evaluadores los cuales asistieron de manera voluntaria. Se entregaron dos hojas de evaluación (ver anexo 1), así como dos muestras aleatorias a evaluar, en las cuales se calificó aroma, color y sabor en una escala del 1 al 9. Entre cada muestra se les pidió a los jueces que consumieran una galleta salada para limpiar sus papilas gustativas y no contaminar la evaluación de la siguiente muestra. Al finalizar se vaciaron los resultados en una base de datos. Los datos como nombre y edad solo se usan para fines de control.

5.4 Deshidratación y molido del higo.

El higo se lavó, se desinfectó, se dejó escurrir y se colocó en las charolas que fueron ingresadas a la deshidratadora durante 24 horas a 65°C, posteriormente se cambió la temperatura a 50° C y se dejaron durante otras 24 horas (Figura 9). Al tener el higo deshidratado, este se ingresó a un molino pulverizador para obtener un polvo fino durante 10 segundos.



Figura 9. Diagrama de flujo de deshidratación y molido del higo.

5.5 Desarrollo de una formulación de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor*

Una vez se tuvieron los ingredientes secos, Los ingredientes en polvo se mezclaron con el cacahuate procesado y se homogenizaron de manera manual. Se llevaron a cabo tres formulaciones con diferentes proporciones (Tabla 4). Las mezclas se colocaron en un molde de silicón para ser compactados y obtener la forma clásica de un mazapán, cada mazapán fue realizado en presentación de 30 gramos (Figura 10).

Tabla 4. Formulaciones de mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor*.

Formulación	*Cacahuate (%)*	*Tenebrio molitor (%)*	*Higo (%)*
Formulación 1	45	35	20
Formulación 2	33	34	33
Formulación 2	35	25	40



Figura 10. Diagrama de flujo de elaboración de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor*.

5.5.1 Determinación de firmeza

Se realizó una prueba de con un medidor de dureza TYD-2 de la marca NANBEI de las formulaciones para determinar la firmeza. Los resultados serán expresados en Newtons.

5.5.2 Índice de color

Se realizó una prueba de color con chroma meter KONIKA MINOLTA de las tres diferentes formulaciones.

5.6 Determinación del contenido nutrimental de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor*.

5.6.1 Humedad (A.O.A.C. método 920.39)

Se pesaron 2 gramos de muestra de mazapán adicionado por triplicado en crisoles de porcelana, con la ayuda de una balanza analítica marca Sartorious. Posteriormente, los crisoles se colocaron en una estufa de calor seco Yamato DKN602C a una temperatura de 75°C durante 24 horas, después se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron hasta peso constante (Figura 11). El porcentaje de humedad se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(Peso\ inicial - Peso\ final)\ x\ 100}{Peso\ final}$$



1. Pesado
2. Pesado en estufa
3. Enfriamiento
4. Peso constante

Figura 11. Diagrama de flujo de determinación de humedad

5.6.2 Cenizas (A.O.A.C método 942.05)

Los crisoles de porcelana que contienen las muestras secas resultantes del análisis de humedad se colocaron en la mufla a 550°C por 8 horas o hasta completar la conversión a cenizas blancas. (Figura 12) El porcentaje de cenizas se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\%\ \text{Cenizas} = \frac{Peso\ muestra\ calcinada}{Peso\ muestra\ fresca} \times 100$$

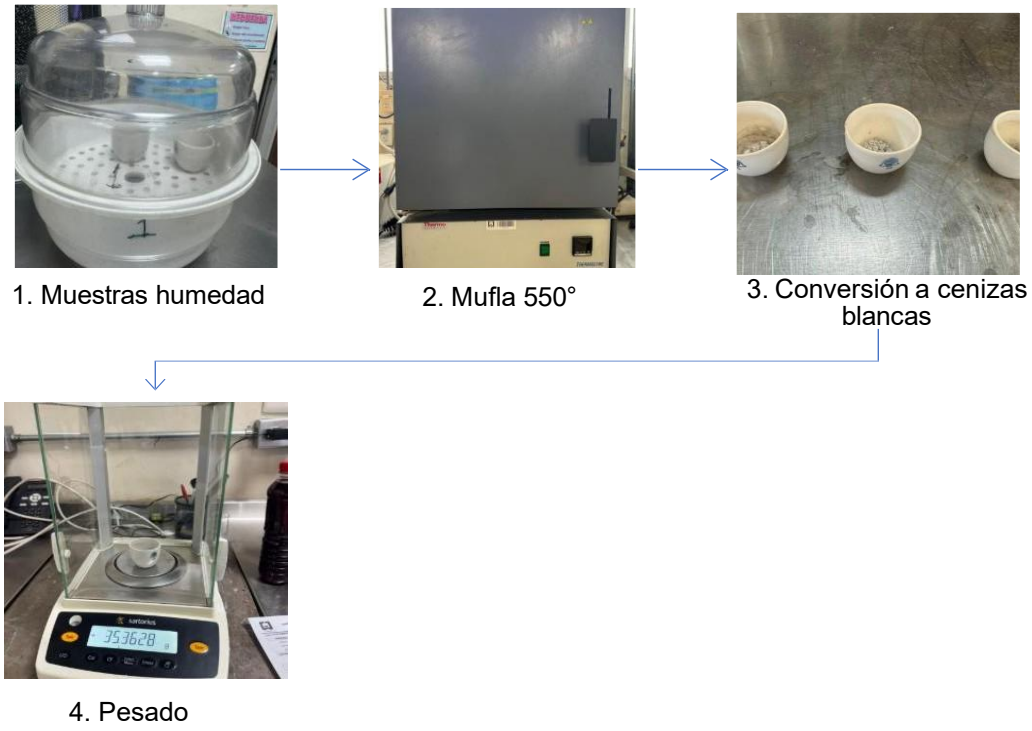


Figura 12. Diagrama de flujo determinación de cenizas.

5.6.3 Preparación de la solución: Determinación de Minerales: Na (A.O.A.C método 955.06)

La determinación de Na se realizó utilizando las cenizas que resultaron de la calcinación de la muestra seca en la mufla. Las cenizas obtenidas se le adicionó 5 ml de ácido clorhídrico (HCl) concentrado, se filtró y se colocó en un matraz aforado con agua destilada hasta los 100 ml (Figura 13).



1.Obtención cenizas 2. Adición 5 ml HCl 3. Aforado agua destilada

Figura 13. Preparación de la solución: Determinación de Minerales: Na (A.O.A.C método 955.06)

5.6.4 Determinación de Na

La concentración de sodio en la solución se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica por emisión de llama, empleando una longitud de onda de 589.6 nm (Figura 14). La concentración obtenida por el equipo (ppm) se transformó al contenido de sodio en la muestra mediante la ecuación:

$$\text{E ppm} = \frac{CxV}{P}$$

En donde:

- **E** = concentración de Na en la muestra (ppm)
- **C** = concentración del elemento en ppm (lectura del equipo)
- **V** = volumen aforado (mL)
- **P** = peso de la muestra húmeda utilizada para la digestión (g)

Posteriormente, el contenido se expresó en **mg/100 g de muestra** mediante la conversión:

$$mg/100\ g = E_{ppm} \times 0.1$$

Dado que:

1 ppm = 1 mg/kg = 0.1 mg/100 g



1. Muestras en dilución



2. Lectura con espectrofotómetro de masas

Figura 14. Diagrama de flujo determinación de sodio.

5.6.5 Proteínas (A.O.A.C. método 988.05; MicroKjeldahl)

Se pesaron 0.1 g de muestra de mazapán adicionado por triplicado y se colocaron en un matraz MicroKjeldahl donde se llevó a cabo una digestión ácida, se añadieron 5 ml de ácido sulfúrico concentrado y 1.5 g de una mezcla catalizadora con cobre como agente catalítico, junto con sulfato de potasio (Mezclar: 5 g de $CuSO4$ y 93 g de K_2SO4), de esta manera se elevó el punto de ebullición del ácido (Greenfield y Southgate, 2006). Los matraces con la muestra se colocaron en un digestor MicroKjeldahl marca Labconco mod. 60300 (Kansas City, MS) y se realizó una digestión ácida con calor hasta obtener una solución azul-verde, esta coloración indicó que el nitrógeno orgánico presente en la muestra se convirtió en amoniaco.

Posteriormente, las muestras se dejaron enfriar y se diluyeron con 10 ml de agua destilada para llevar a cabo su destilación en un destilador Labconco mod. 60500 (Kansas City, MS). Este equipo posee un matraz recibidor calentado a baño María donde se hizo reaccionar la muestra digerida con hidróxido de sodio al 40%, lo que produjo vapores de amonio y agua, que fueron destilados y recibidos en 15 ml de una solución de ácido bórico al 4%. Esta recolección se llevó a cabo durante 5 minutos, posteriormente la muestra fue titulada con una solución de HCl a 0.1 N (Figura 15). El contenido de proteína se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteínas} = \frac{MxNx\ 0.01401}{xFC} \quad x\ 100$$

$$\frac{}{g\ muestra}$$

Donde:

M = Mililitros gastados de HCl

N = Normalidad del HCl

0.014001 = Miliequivalente del nitrógeno

FC = Factor de conversión = 6.25



Figura 15. Diagrama de flujo determinación de proteína (A.O.A.C. método 988.05; MicroKjeldahl)

5.6.6 Grasas (A.O.A.C. método 920.39; Goldfish)

Se pesaron por triplicado 2g de muestra homogénea de mazapán en un papel filtro marca Whatman y se introdujo en un cartucho poroso de extracción. La extracción de la grasa se realizó con éter de petróleo anhidro durante 4 horas. El extracto etéreo obtenido con el solvente en los vasos se evaporó hasta sequedad en una estufa a 105 °C de manera que únicamente quedara el residuo graso (Figura 16). El porcentaje de grasa se determinó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{Peso\ del\ residuo\ graso\ x\ 100}{Peso\ muestra}$$

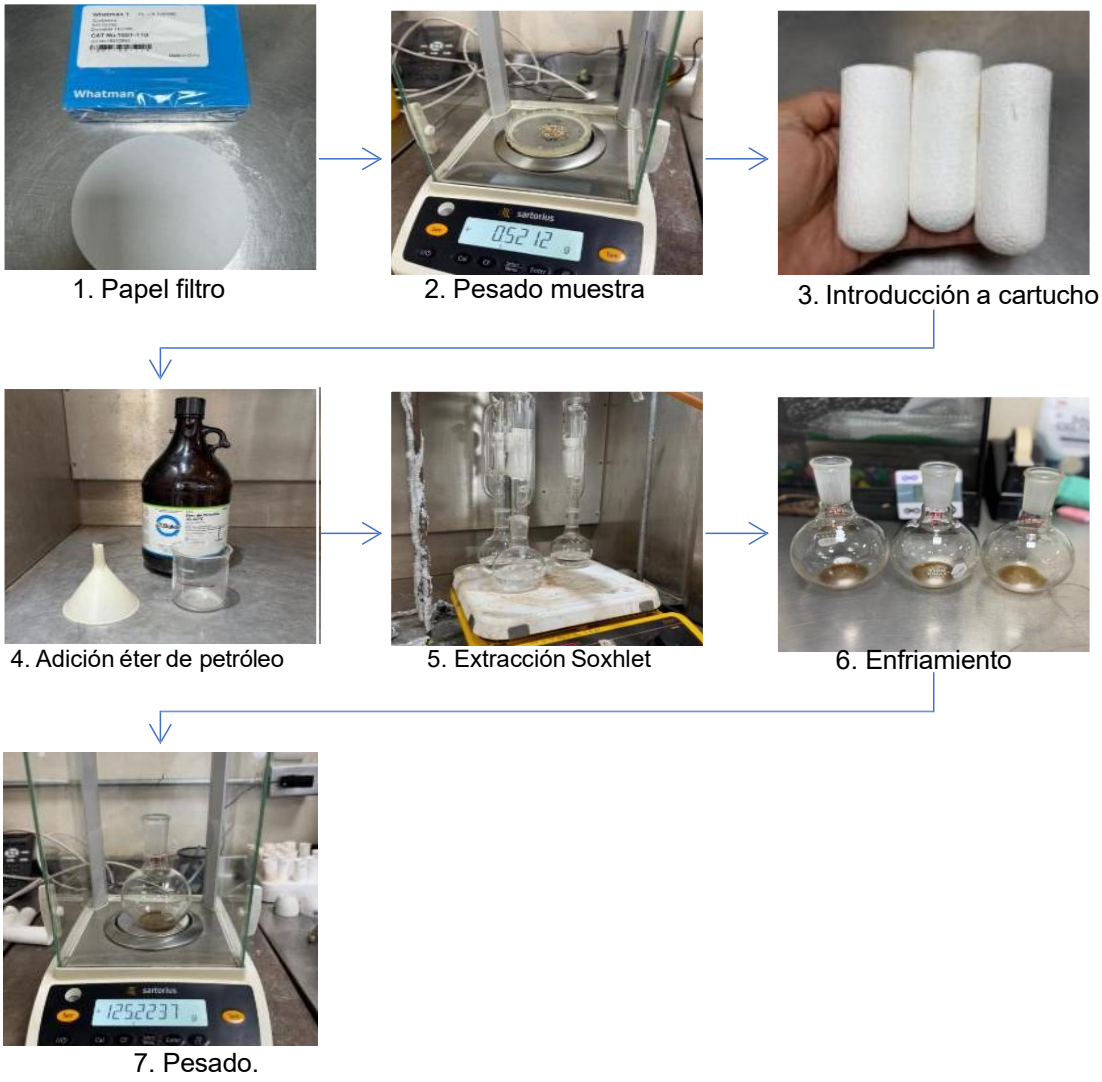


Figura 16. Diagrama de flujo de grasas método 920.39 Goldfish

5.6.7 Fibra Dietaría Insoluble y Soluble (método A.A.C.C. 35-05 y A.O.A.C. 985.29)

En la cuantificación de fibra dietaría se utilizó una combinación de enzimas con la finalidad de digerir y eliminar el almidón y proteínas; quedando el material no digerible (fibra) el cual se filtró y se pesó. El residuo fibroso se corrigió por proteína

residual y contaminación por cenizas. Se utilizó muestra de mazapán desgrasada con el método Soxhlet y se pasó por un tamiz para conseguir un tamaño de partícula de entre 0.3 a 0.5 mm. Previamente se determinó el contenido de humedad para expresar los resultados en base seca.

Digestión con α- amilasa (Hidrólisis de almidón)

Se añadió buffer MES, se agitó suavemente para suspender la muestra y se añadieron 50 ul de α- amilasa termoestable y se tapó el vaso con papel aluminio. Posteriormente se llevó a baño María agitado a 95°C durante 30 minutos con agitación manual en intervalos de 10 minutos, al termino se dejó enfriar a temperatura ambiente (20- 25° C).

Digestión con proteasa (Hidrólisis de proteínas)

Se añadieron 100 ul de solución de proteasa, se tapó con aluminio y se llevó a baño maría agitado a 60° C durante 30 minutos, se agitó de manera manual en intervalos de 10 minutos. Al término del tiempo, se dejó enfriar a temperatura ambiente (20-25°C).

Digestión con Amiloglucosidasa (Hidrólisis de Dextrinas)

Se ajustó el pH a 4.5 ± 0.005 utilizando HCl para para bajar y NaOH para subir. Posteriormente se añadieron 200 ul de solución de amiloglucosidasa, se tapó el vaso con papel aluminio y se incubó a baño maría a una temperatura de 60 ± 1 °C durante 30 minutos, se agitó de manera manual en intervalos de 10 minutos y al termino, se retiró del calor y se dejó enfriar a temperatura ambiente (20-25°C).

Filtrado de Fibra de Insoluble (FDI)

La fibra insoluble se filtró a través de un crisol de vidrio filtrado empacado con 1 g de celita en un equipo Fibertec (modelo 1023), dicho crisol fue humedecido con alcohol al 95% para evitar el bloqueo, se aplicó vacío suave y los residuos se recolectaron en un vaso limpio y rotulado. El residuo en el crisol se lavó con 10 ml de agua destilada a 70°C dos veces, posteriormente con 10 ml de etanol al 96% dos

veces y una vez con 10 ml de acetona, se aplicó vacío lento entre cada uno de los lavados para eliminar líquido, azúcares, sales y solubles. Posteriormente se secó el crisol con residuo en la estufa de convección forzada a 80°C durante 12 horas hasta peso constante y se registró el peso del crisol con el residuo.

Filtrado de Fibra de Insoluble (FDI)

La fibra insoluble se filtró a través de un crisol de vidrio filtrado empacado con 1 g de celita en un equipo Fibertec (modelo 1023), dicho crisol fue humedecido con alcohol al 95% para evitar el bloqueo, se aplicó vacío suave y los residuos se recolectaron en un vaso limpio y rotulado. El residuo en el crisol se lavó con 10 ml de agua destilada a 70°C dos veces, posteriormente con 10 ml de etanol al 96% dos veces y una vez con 10 ml de acetona, se aplicó vacío lento entre cada uno de los lavados para eliminar líquido, azúcares, sales y solubles. Posteriormente se secó el crisol con residuo en la estufa de convección forzada a 80°C durante 12 horas hasta peso constante y se registró el peso del crisol con el residuo.

Filtrado de Fibra de Insoluble (FDI)

La fibra insoluble se filtró a través de un crisol de vidrio filtrado empacado con 1 g de celita en un equipo Fibertec (modelo 1023), dicho crisol fue humedecido con alcohol al 95% para evitar el bloqueo, se aplicó vacío suave y los residuos se recolectaron en un vaso limpio y rotulado. El residuo en el crisol se lavó con 10 ml de agua destilada a 70°C dos veces, posteriormente con 10 ml de etanol al 96% dos veces y una vez con 10 ml de acetona, se aplicó vacío lento entre cada uno de los lavados para eliminar líquido, azúcares, sales y solubles. Posteriormente se secó el crisol con residuo en la estufa de convección forzada a 80°C durante 12 horas hasta peso constante y se registró el peso del crisol con el residuo.

Precipitación de Fibra Soluble

Se añadieron 4 volúmenes de etanol 96% (aproximadamente 250 ml) al residuo filtrado de fibra insoluble, se mezcló bien y se dejó reposar durante toda la noche (al menos 12 horas) para permitir la precipitación completa de la fibra soluble.

Filtrado Fibra Soluble (FDS)

La fibra soluble se filtró a través de un crisol de vidrio filtrado empacado con 1 g de celita que previamente fue pesado, este fue humedecido con alcohol al 95% para evitar el bloqueo, se aplicó vacío suave y los residuos se recolectaron en un vaso limpio y rotulado. El residuo en el crisol se lavó con 10 ml de agua destilada a 70°C dos veces, posteriormente con 10 ml de etanol al 96% dos veces y una vez con 10 ml de acetona, se aplicó vacío lento entre cada uno de los lavados para eliminar el líquido, agua, azúcares y sales (Figura 17). Posteriormente se secó el crisol con residuo en la estufa de convección forzada a 80°C durante 12 horas hasta peso constante y se registró el peso del crisol con el residuo.

Determinación de proteína y cenizas en el Residuo (IFD y SDF)

Se determinó el contenido de proteína en el residuo seco resultante de las filtraciones en el crisol mediante el método Kjeldahl. Se incineraron los crisoles con el residuo seco de las filtraciones en una mufla a 525°C durante al menos 12 horas. Se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron los crisoles más las cenizas.

$$\% \text{ Fibra dietaria soluble e insoluble} = \frac{Pr - C - P}{M} x\ 100$$

En donde:

Pr = Peso del residuo
C = Contenido de cenizas del residuo
P = Contenido de proteína del residuo
M = peso de la muestra en g



Figura 17. Diagrama de flujo Fibra Dietética Soluble, Insoluble y Total según AOAC 991.43 (equivalente a AACC32-06.01).

5.6.8 Determinación de azúcares por método enzimático

Se utilizó muestra desgrasada obtenida del análisis de Grasas (A.O.A.C. método 920.39; Goldfish). Esta fue transferida a un mortero de porcelana, en donde fue molida y homogeneizada para obtener un polvo fino y uniforme. Posteriormente, la muestra se pesó en una balanza analítica marca Sartorious Entris (por duplicado) y se colocó en tubos cónicos para centrifuga de polipropileno de 50 ml Falcon, en donde se agregó etanol al 80% hasta aforar a 20 ml y se llevó al sonicador marca BRANSON 8800 durante 15 minutos en baño maría con una temperatura de 35°C a 60 rpm. Después se llevó a centrifugación en una centrifuga marca Hettich EBA 21 a 5000 rpm durante 20 minutos. El sobrenadante se transfirió a un nuevo tubo etiquetado y este fue el extracto. A la masa sobrante se le añadió nuevamente etanol al 80% hasta aforar a 20 ml, se agitó de manera manual, se sonicó, se centrifugó y el sobrenadante se recolectó en el tubo de extracto, este proceso se repitió 2 veces más hasta que se obtuvo aproximadamente 45 ml de extracto. Una vez se obtiene el volumen total, este se registró. El etanol residual se eliminó mediante un evaporador por flujo de aire (tipo N-Evap), colocando los tubos en un baño María dentro de campana de extracción y aplicando una corriente de aire a través de agujas de vidrio hasta la evaporación casi completa del solvente (Figura 18). El residuo seco se reconstituyó en el volumen adecuado de agua destilada, y este extracto acuoso se utilizó para la cuantificación de glucosa, fructosa y sacarosa mediante el kit enzimático Sucrose/D-Fructose/D-Glucose Assay Kit (Megazyme). Las determinaciones se realizaron por espectrofotometría a 340 nm, registrando el aumento de absorbancia asociado a la oxidación de $NADP^+$ a NADPH. El método presenta un rango lineal de 4 a 80 µg por ensayo y un límite de detección de 1.38 mg/L. Las reacciones enzimáticas se desarrollaron conforme a las instrucciones del fabricante, con un tiempo total de reacción aproximado de 23 minutos, incluyendo las fases:

1. Medida de glucosa libre,
2. Determinación de fructosa tras isomerización,
3. Cuantificación de sacarosa tras hidrólisis con invertasa.

   Cada muestra se analizó junto con blanco de reactivo, estándar de referencia y réplicas técnicas. Los resultados se expresaron como mg de azúcar/100 g de muestra, considerando la masa inicial de muestra, el volumen final del extracto y todos los factores de dilución aplicados.

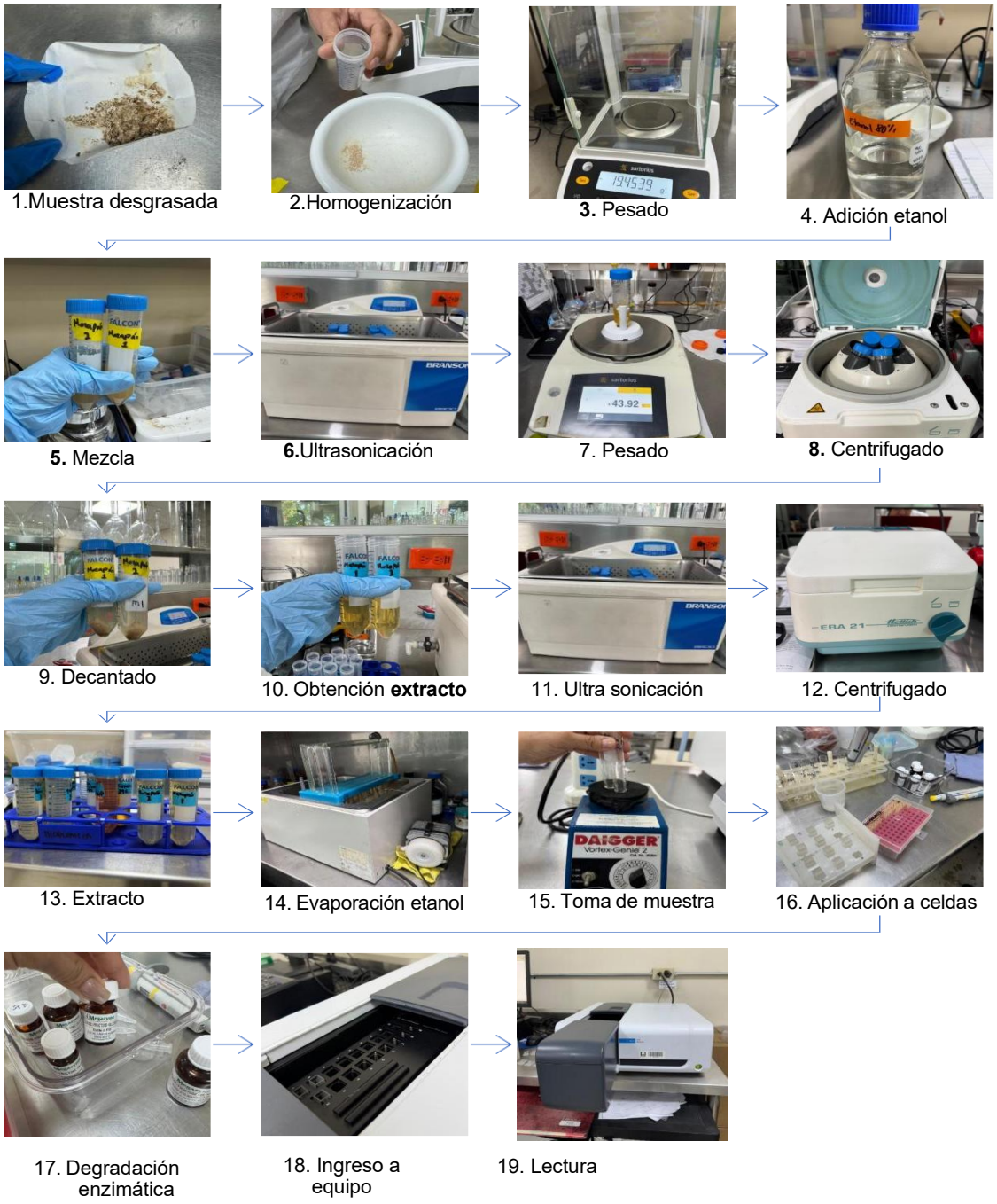


Figura 18. Diagrama de flujo de determinación de azúcares por método enzimático.

5.6.9 Perfil de ácidos grasos: Extracción de ácidos grasos totales por el método de Folch y metilación AOAC 959.33

5.6.9.1 Extracción

Se pesaron 2 gramos de muestra por duplicado molida en un tubo de centrifuga con tapa en una balanza analítica marca Sartorious. Se adicionaron 10 ml de metanol HPLC y y se homogenizó por 1 minuto en un instrumento de dispersión marca IKA Dispersores T 18 digital ULTRA-TURRAX®, después se adicionaron 20 ml de cloroformo HPLC y se homogenizó por 2 minutos. Se Colocó un papel filtro No.1 marca whatmann en un embudo Buchner y después se colocó el embudo en un matraz Kitasato y se filtró la muestra sobre el papel filtro con ayuda de la bomba de vacío. El residuo sobrante en el papel filtro se volvió a colocar en el tubo inicial, se le adicionaron 10 ml de metanol HPLC, 20 ml de cloroformo HPLC y se homogenizó por 3 minutos. Después se filtró nuevamente en el papel filtro. Se lavó el tubo con 10 ml de metanol y 20 ml de cloroformo, se filtró y la muestra resultante contenida en el matraz Kitasato se decantó en un embudo de separación. Se agregaron 20 ml de KCl 0.88% lentamente con agitación constante hasta que se formó una mezcla lechosa, se esperó a que se separaran las fases y la fase oleosa que se quedó en la parte inferior se pasó a un segundo embudo de separación para posteriormente agregar una mezcla de 5 ml de metanol HPLC y 5 ml de agua destilada. Se espero a que se separan las fases y la fase que quedó en la parte inferior se pasó a un matraz bola para posteriormente evaporar el cloroformo por rotaevaporación a una temperatura de baño de 48°C a 75 rpm (Figura 19).

5.6.9.2.1 Metilación 969.33

Se adicionaron al matraz con muestra 3 perlitas de vidrio y 10 ml de NaOH 0.5 N y se colocó el matraz en un condensador tipo rosario sobre un baño conformado por un vaso de precipitado de 1 L y agua aproximadamente a la mitad, se calentó sobre una

placa a reflujo hasta que los glóbulos de grasa desaparecieron (5- 10 min).

Se agregaron sobre el condensador 12 ml de solución BF3 y se dejó en ebullición 2 minutos. Después se agregaron 5 ml de n-Heptano y de dejó ebullir 2 minutos. Se removió el matraz del calor, después del condensador y se agregaron 15 min de de solución saturada de NaCl para que flote la solución de heptano en el tubo de ensayo. Se agitó vigorosamente durante 15 segundos mientras que la solución permaneció tibia hasta formar una mezcla lechosa. Se transfirió 1 ml de solución de heptano a un tubo de ensayo con tapa y se agregó una pizca de Na2SO4 para remover el H2O y se esperó a que se separaran las fases. Se colocó fibra de vidrio en una pipeta Pasteur, esta se coloca en un soporte con una pinza Fisher y en la punta de la pipeta Pasteur se colocó un vial ámbar (Figura 20). Se tomó la fase superior que se formó con ayuda de otra pipeta Pasteur y una perilla, la muestra tomada se filtró en la pipeta que contenía fibra de vidrio. La muestra obtenida en el vial se llevó a nitrogenar para eliminar el oxígeno. Finalmente se llevó a cabo la lectura en el cromatógrafo de gases.

5.6.9.3 Lectura en cromatógrafo de gases

Previo a la lectura, se realizó una dilución 1:10. La lectura de la muestra se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases marca Agilent Technologies 7890B, con una columna GC OMEGAWAX, CAPILLARY de 30M x 0.25 mm, DF 0.25 mm marca Supelco Sigma Aldrich (Figura 21). Los resultados se expresaron en % del total de ácidos grasos y en gramos por cada 100 gramos de muestra de mazapán adicionado con higo y *T. molitor*.

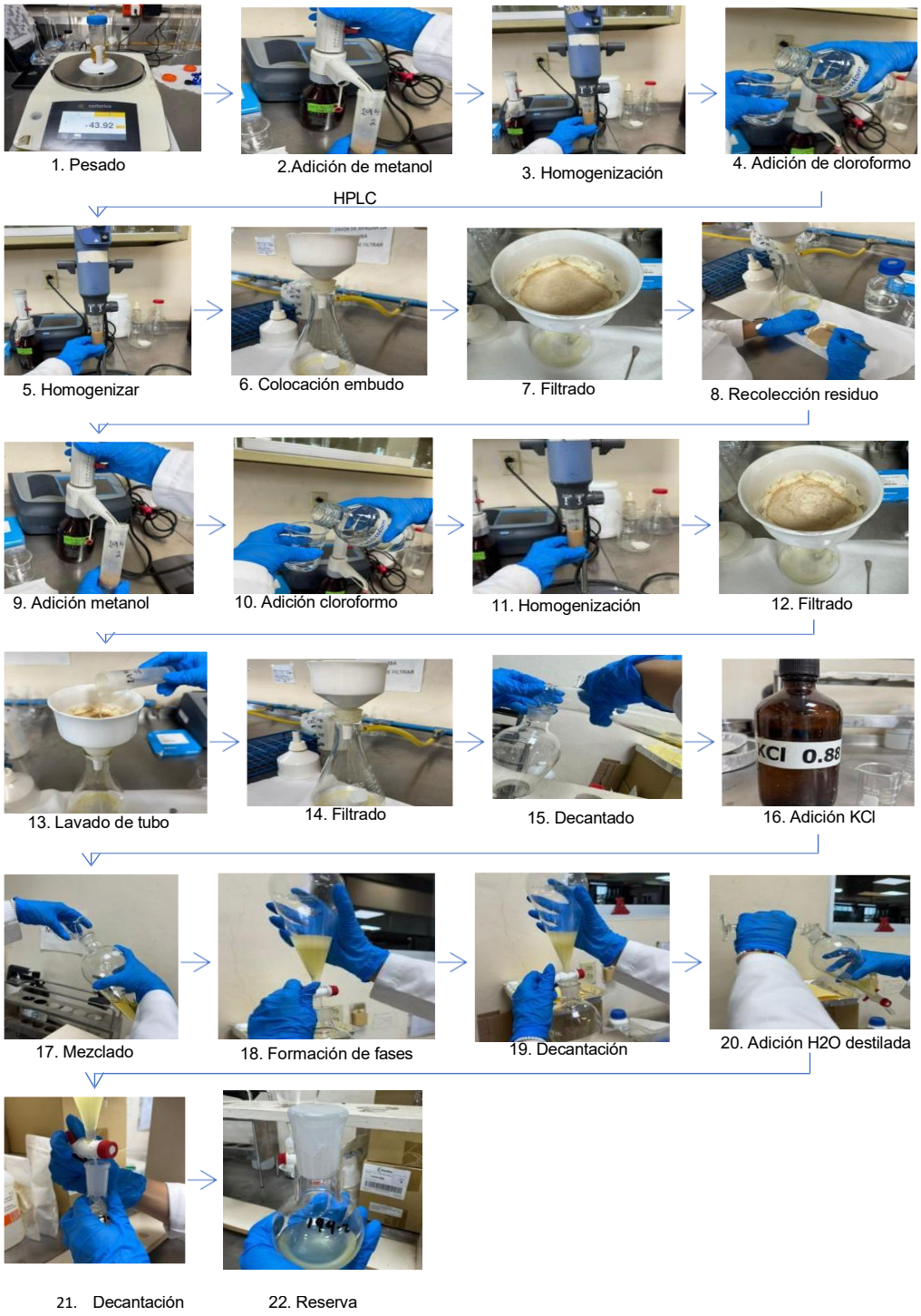


Figura 19. Diagrama de extracción de ácidos grasos para la determinación del perfil de lípidos.



Figura 20. Diagrama de metilación para la determinación del perfil de lípidos.

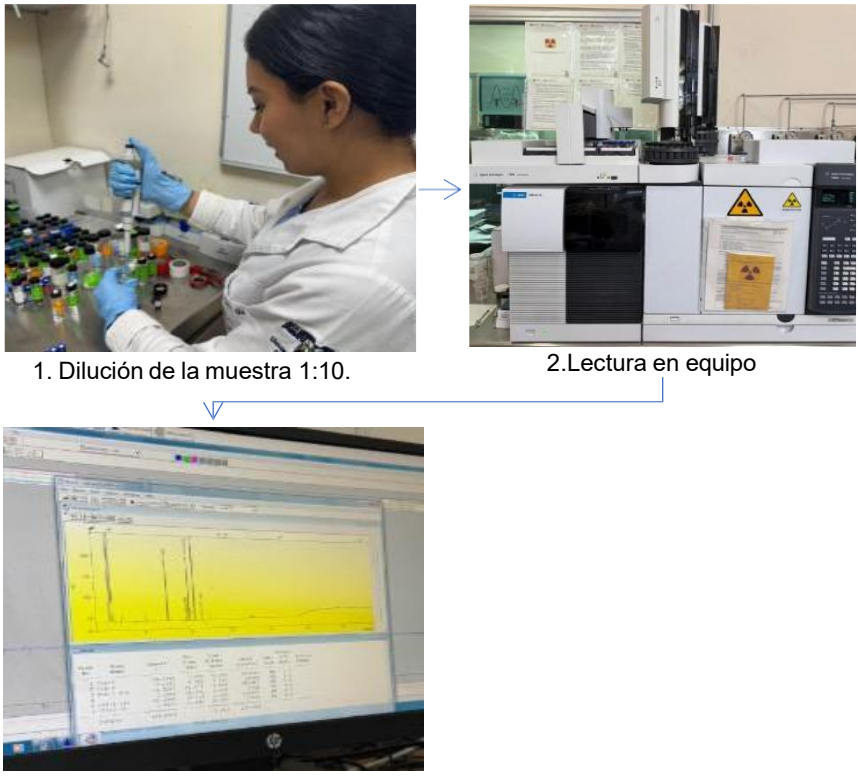


Figura 21. Diagrama de lectura en cromatógrafo para determinación de perfil de ácidos grasos.

5.7 Efecto de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* sobre la glucemia de un modelo murino.

5.7.1 Condiciones

Este estudio experimental, se llevó a cabo en ratones CD-1 adultos jóvenes, de 2 a 3 meses de edad, con un peso promedio de 24 g. Los modelos se mantuvieron en condiciones controladas de 12 h de luz natural durante el día y 12 h de oscuridad por la noche, en un ambiente aislado, con temperatura constante (23-25°C), con acceso libre de agua y con suministro de alimento ad libitum. Este experimento se

llevó a cabo en el Bioterio de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y se siguieron los procedimientos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana vigente (NOM-062-ZOO-1999), referente a especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Se cumplió también con las pautas de cuidado y uso de animales de la Directiva 86/609/CEE del Consejo de las Comunidades Europeas.

5.7.2 Preparación del material para la administración de la formulación del mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* y de los ingredientes de forma individual.

Al recibir los modelos experimentales, estos se pesaron e identificaron para proceder con la asignación de los grupos al azar. Cada grupo estuvo conformado por 5 ratones. Los ingredientes del mazapán final y el mazapán final se administraron en las cantidades señaladas en la Tabla 4 y los cálculos se realizaron considerando como referencia al ratón con mayor peso corporal de cada grupo. Como la mayoría de los componentes son sólidos o en polvo, estos se diluyeron en agua destilada, considerando 500 µl para el ratón con mayor peso y a partir de este volumen se calcularon las proporciones correspondientes para los demás integrantes del grupo de acuerdo con su peso. Las diluciones obtenidas se administraron de manera oral mediante sonda para controlar la dosis.

5.7.3 Determinación del Índice glucémico

Tras el periodo de adaptación, se procedió a la determinación del índice glucémico (IG) de los ingredientes de la formulación y de la formulación. Para ello, se administraron los ingredientes de manera individual (sin mezclar con almidón) (Tabla 5), con el objetivo de evaluar su efecto específico sobre la respuesta glucémica. Los ratones fueron sometidos a un ayuno previo de 16 horas. Posteriormente, se midieron los valores de glucosa basal (minuto 0) mediante la obtención de una muestra de sangre de la vena caudal. Luego, se administró cada ingrediente por vía oral y se registraron los niveles de glucosa en sangre a los 15, 30, 45, 60, 120 y 180 minutos. Las

mediciones se realizaron con un glucómetro digital (Accu-Chek, Roche Diagnostics S.L.). Esta prueba se llevó a cabo a la par, pero diferenciada de la prueba de tolerancia oral a la glucosa (PTOG), en la cual los ingredientes fueron administrados en combinación con almidón para evaluar la actividad antihiperglucemiante de la formulación completa.

Tabla 5. Administración de mazapán e ingredientes individuales en un modelo murino para evaluar el índice glucémico.

Grupo	Sustancia a administrar
Grupo	Almidón (1g/ kg de peso) para inducir la hiperglucemia.
Grupo	*Tenebrio molitor* (1g/kg)
Grupo	Higo (1g/kg)
Grupo	Cacahuate (1g/kg)
Grupo	Mazapán (1g/kg)

5.7.4 Actividad antihiperglucemiante

Posterior al periodo de adaptación de cada ratón, se utilizó la prueba de tolerancia oral a la glucosa. Los ratones se dejaron en ayuno previo de 16 horas. Para realizar la prueba, se midieron la glucosa basal (minuto 0) mediante la obtención de una muestra de sangre de la vena caudal, previo a la administración de las diluciones correspondientes (Tabla 6), posteriormente se medió en intervalos de 15, 30, 45 y 60, 120 y 180 minutos. Las mediciones se realizaron con un glucómetro digital Accu-chek®, Roche Diagnostics, SL).

Tabla 6. Administración de mazapán e ingredientes individuales en un modelo murino para evaluar la actividad antihiperglucemiante.

Grupo	Sustancia a administrar
Grupo	Almidón (1g/ kg de peso) Control negativo
Grupo	Acarbosa + almidón (0.5 mg/kg- 1g/kg) Control positivo
Grupo	*Tenebrio molitor* + almidón (50 mg/kg -1g/kg)
Grupo	Higo + almidón (50 mg/kg -1g/kg)
Grupo	Cacahuate + almidón (50 mg/kg -1g/kg)
Grupo	Mazapán + almidón (50 mg/kg -1g/kg)

5.7.5 Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando Stata versión 19 (StataCorp LLC, College Station, TX, USA). Este se estructuró en dos componentes con el fin de evaluar, de manera integral, el efecto de los tratamientos sobre la respuesta glucémica postprandial.

5.7.5.1 Índice glucémico (IG)

Para estimar el índice glucémico de cada tratamiento, se calculó el área bajo la curva (AUC) de las concentraciones de glucosa plasmática respecto al tiempo mediante la regla del trapecio. Se consideró la glucosa basal de cada ratón y se ajustaron los valores negativos a cero. Se incluyeron únicamente los tratamientos administrados a 1 g/kg: Almidón (control*), T. molitor*, Higo, Cacahuate y Mazapán.

El índice glucémico (IG) individual se calculó en relación con la media de AUC del grupo de referencia (almidón) utilizando la fórmula:

$$IG_i = \frac{AUC_i}{AUC_{ref}} \times 100$$

Debido a que no se cumplió la homogeneidad de varianzas entre los grupos, los valores de IG se compararon mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para identificar diferencias entre cada tratamiento y el grupo de referencia, se realizaron comparaciones post-hoc mediante la prueba de rangos de Wilcoxon (Mann–Whitney).

Los datos se presentan como media ± desviación estándar y un valor de $p < 0.05$ se consideró estadísticamente significativo. El procesamiento estadístico se realizó en Stata v19, y los resultados se representaron gráficamente mediante diagramas de barras que mostraron la media y los valores numéricos del IG de cada tratamiento.

5.7.5.2 Efecto antihiperglucemiante

Para medir el efecto anti hiperglucemiante, se evaluó la respuesta glucémica postprandial mediante dos indicadores: el pico glucémico y el área incremental bajo la curva (iAUC). Los niveles de glucosa sanguínea se analizaron mediante un modelo lineal mixto para medidas repetidas, con el objetivo de evaluar el efecto de los tratamientos, el tiempo y su interacción sobre la respuesta glucémica postprandial.

En el modelo se incluyeron tratamiento como efecto fijo (almidón, acarbosa + almidón, *Tenebrio molitor* + almidón, higo + almidón, cacahuate + almidón y mazapán + almidón) y tiempo como efecto fijo (0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 y 180 minutos), así como la interacción tratamiento × tiempo. El animal (ratón) se incluyó como efecto aleatorio para considerar la correlación intraindividual derivada de las mediciones repetidas en cada sujeto (n = 5 ratones por grupo, excepto el grupo de acarbosa, con n = 4).

Las medias marginales ajustadas se estimaron a partir del modelo mediante el comando *margins* en Stata. Debido a que el minuto 30 correspondió al pico glucémico postprandial,

se realizaron comparaciones específicas entre tratamientos en este tiempo utilizando comparaciones pareadas de medias marginales ajustadas, con corrección por comparaciones múltiples mediante el método de Bonferroni. Se consideró significancia estadística cuando $p < 0.05$.

Posterior al análisis del pico glucémico, se calculó el área incremental bajo la curva de glucosa (iAUC) para cada tratamiento durante el periodo de 0 a 120 minutos. El iAUC se calculó utilizando el método del trapecio, el cual consiste en estimar el área bajo la curva mediante la suma de áreas trapezoidales formadas entre cada par de puntos (tiempos) de medición. El iAUC se expresó en unidades de mg·min/dL. Se consideraron únicamente los incrementos de glucosa por encima del valor basal. Este indicador permite evaluar la exposición glucémica total posterior a la ingesta, siendo ampliamente utilizado para comparar respuestas glucémicas entre tratamientos.

Posteriormente, con los valores obtenidos de iAUC para cada animal se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), considerando el tratamiento como factor independiente, para evaluar diferencias en la respuesta glucémica total entre los grupos experimentales. Previamente, se verificó el supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Bartlett. Cuando el ANOVA mostró diferencias significativas, se realizaron comparaciones múltiples post hoc utilizando la corrección de Bonferroni, con el fin de identificar específicamente qué tratamientos diferían del control, se consideró un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$.

5.8 Análisis sensorial y evaluación de aceptabilidad del mazapán adicionado con higo y *T. molitor.*

La aceptabilidad sensorial de la formulación final de mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* se evaluó mediante una prueba afectiva utilizando una escala hedónica de nueve puntos. Participaron 30 jueces no entrenados que asistieron de manera voluntaria y otorgaron previamente su consentimiento informado (Anexo 2).

Los participantes fueron seleccionados por conveniencia entre estudiantes, personal universitario y personal administrativo. Se registró información general de cada participante, incluyendo edad y sexo. A cada evaluador se le proporcionó una muestra de aproximadamente 5 g de la formulación final de mazapán, identificada mediante un código numérico.

Los participantes calificaron los atributos sensoriales de aroma, apariencia (color), sabor y textura mediante una escala hedónica de nueve puntos, donde 1 correspondió a "me disgusta extremadamente" y 9 a "me gusta extremadamente". Adicionalmente, se evaluó la aceptabilidad global del producto y la intención de consumo mediante la pregunta: "¿Consumiría este producto si estuviera disponible comercialmente?", con las opciones de respuesta "sí", "no" y "tal vez".

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva. Para cada atributo sensorial se calcularon la media y la desviación estándar, mientras que para la intención de consumo se determinaron las frecuencias y porcentajes de respuesta.

6. RESULTADOS

6.1 Desarrollo de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor*.

6.1.1 Análisis sensorial de los cacahuates tostados en diferentes temperaturas.

En análisis sensorial del horneado se pudo observar que la temperatura de 160° C tuvo el valor más alto en sabor (7.0). Sin embargo, no hubo diferencias significativas en los tratamientos y en el resto de las variables (Tabla 7).

Tabla 7. Determinación de variables sensoriales en semillas de cacahuate, horneado a diferentes temperaturas.

	Variables sensoriales		
Temperatura °C	Aroma	Sabor	Color
150	6.9±1.5a*	6.4±1.9a	6.5±1.1a
160	6.7±1.7a	7.0±1.7a	6.5±1.1a
170	6.5±1.6a	6.5±2.0a	6.5±1.5a

*Letras iguales no muestran diferencias estadísticas significativas (P≤0.05).

6.1.2 Determinación de firmeza

La fórmula 1, con las concentraciones: cacahuate 45%, Ficus carica 20%, *T. molitor* 35%, tuvo un valor mayor de firmeza (4.37N) respecto a la formulación 2 con cacahuate 33%, Ficus carica 33%, *T. molitor* 34% que presentó firmeza nula y a la formulación 3 con cacahuate 35%, Ficus carica 40%, *T. molitor* 25% (Tabla 8).

Tabla 8. Determinación de la firmeza en tres formulaciones de mazapanes expresada en Newtons.

Formulación	**Firmeza (N)**
Formulación 1 Cacahuate 45% higo 20% *T. molitor* 35%	4.37±0.99*
Formulación 2 Cacahuate 33%. higo 33% *T. molitor* 34%	0±0
Formulación 3 Cacahuate 35% higo 40% *T. molitor* 25%	3.47±0.21

*Promedio de firmeza de las diferentes formulaciones de mazapán y desviación estándar.

6.1.3 Índice de color

Las formulaciones que mostraron mayor luminosidad fueron las formulaciones 3 con cacahuate al 35%, F. carica 40% y *T. molitor* 25% y la formulación 2 con cacahuate al 33%, F. carica al 33% y *T. molitor* 34% (Tabla 9) (Figura 22).

Tabla 9. Determinación de color en formulaciones de mazapán adicionado con higo y *T. molitor.*

Formulación	**Color**			
	L	a	b	IC
Formulación 1 Cacahuate 45% higo 20% *T. molitor* 35%	12.2	5.6	13	35.3±5.3
Formulación 2 Cacahuate 33%. higo 33% *T. molitor* 34%	25.7	9.1	21.2	16.7±5.1
Formulación 3 Cacahuate 35% higo 40% *T. molitor* 25%	25.5	7.2	19.2	14.7±6.1

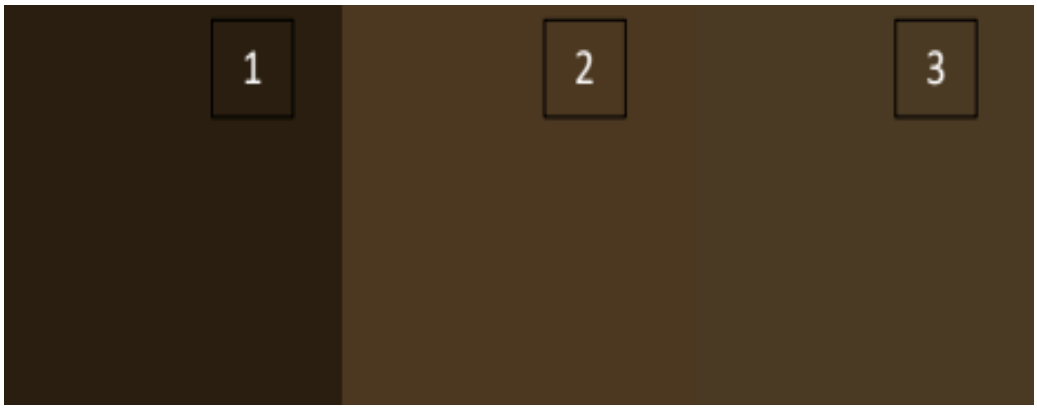


Figura 22. Índice de color de las tres formulaciones de mazapán propuestas: 1) Cacahuate 45% higo 20% *Tenebrio molitor* 35%; 2) Cacahuate 33%. higo 33% *Tenebrio molitor* 34%; 3) Cacahuate 35% higo 40% *Tenebrio molitor* 25%.

De acuerdo con sus características de firmeza, se decidió trabajar con la formulación 1 (Figura 23).



Figura 23. Mazapán final (formulación 1).

6.2 Determinación del contenido nutrimental de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* mediante análisis proximales.

El mazapán adicionado presentó una humedad de 2.93%, cenizas de 2.92%, un contenido de proteína de 35.35%, un contenido de grasa de 33.40%, fibra dietaría total del 19.26% entre otros (Tabla 10).

Tabla 10. Composición nutrimental del mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor*, determinada mediante análisis proximal (%).

Parámetro	**Media ± DE (g/100 g)**
Humedad	2.93 ± 0.10
Cenizas	2.92 ± 0.01
Proteína	35.35 ± 1.75
Grasa	33.40 ± 0.43
Fibra dietética total	19.26 ± 2.65
Carbohidratos disponibles*	6.14 ± 1.05

***** *Carbohidratos calculados por diferencia: 100 − (humedad + cenizas + proteína + grasa + fibra total).* Nota: Valores expresados como promedio ± desviación estándar. *La fibra total se obtuvo mediante la suma de fibra dietaría insoluble (IDF), que arrojó un valor de 12.89% y el contenido de fibra dietaría soluble (SDF) 6.38% (Tabla 11).

Tabla 11. Contenido de fibra dietética del mazapán adicionado con higo y harina de *Tenebrio molitor* (Método AOAC 991.43; valores en g/100 g, base húmeda)

Fracción de fibra	**Media (g/100 g)**
Fibra insoluble (IDF)	12.89±0.80
Fibra soluble (SDF)	6.37±1.91

*Los valores corresponden a determinaciones gravimétricas con corrección por cenizas y proteína (AOAC 991.43).

A partir de la determinación de minerales, se obtuvo el contenido de sodio (Tabla 12) del mazapán adicionado, este presentó 65.79 mg por cada 100g de producto en base húmeda.

Tabla 12. Contenido de sodio (Na) en la muestra (mg/100 g, base húmeda).

	Na (mg/100 g)
Promedio ± DE	65.79 ± 5.59

6.2.1 Determinación de azúcares

Se encontró una mayor cantidad de fructosa en el mazapán adicionado, con un valor de 6.98 g, seguido de glucosa 4.8g y un contenido de sacarosa del 4.20 g (Tabla 13).

Tabla 13. Azúcares libres en la fracción desgrasada (método enzimático) (g por 100 g de muestra desgrasada)

Azúcar	**Media ± DE (g/100 g)**
Glucosa	4.87 ± 0.49
Fructosa	6.98 ± 0.58
Sacarosa	4.20 ± 0.21
Total	16.06 ± 0.87

Los azúcares glucosa, fructosa y sacarosa se determinaron mediante el kit enzimático comercial Megazyme “Sucrose / Fructose / D-Glucose Assay Kit, tras la digestión/hidrólisis enzimática, la glucosa y fructosa liberadas se cuantificaron espectrofotométricamente utilizando muestra desgrasada del mazapán obtenida por extracción Soxhlet (A.O.A.C. 920.39). Los resultados se expresan como g por 100 g de muestra desgrasada.

6.2.2 Perfil de ácidos grasos

El mazapán adicionado presentó una cantidad mayoritaria del ácido oleico, representando este un 47.07% del total del contenido graso, seguido del ácido linoleico, con un 25.52% y el ácido graso palmítico, con un 17.36%. El resto de los ácidos grasos mostraron presencia <4% del total de ácidos grasos. Estos ácidos grasos representan un 15.73%, 8.52% y 5.80% por cada 100 gramos de muestra de mazapán, respectivamente (Tabla 14).

Tabla 14. Composición de ácidos grasos (% de cada ácido graso respecto al total de ácidos grasos presentes) obtenida mediante cromatografía de gases (GC-FID) tras metilación según AOAC 969.33.

Ácido graso	Nomenclatura	% del total de AG	g / 100 g muestra
Láurico	C12:0	0.21	0.069
Mirístico	C14:0	1.63	0.543
Palmítico	C16:0	17.36	5.802
Palmitoleico	C16:1 n-7	0.84	0.280
Esteárico	C18:0	3.76	1.256
Oleico	C18:1 n-9	47.07	15.731

Ácido graso	Nomenclatura	% del total de AG	g / 100 g muestra
Linoleico	C18:2 n-6	25.52	8.528
Linolénico	C18:3	0.54	0.181
Araquídico	C20:0	0.71	0.239
Eicosenoico	C20:1	0.66	0.220
Behénico	C22:0	0.93	0.310
Tetracosanoico	C24:0	0.78	0.262

Los porcentajes corresponden a áreas normalizadas (% del total de AG detectados), mientras que la conversión a g/100 g se basó en el contenido total de grasa determinado por análisis proximal (33.42 %).

La etiqueta nutrimental del mazapán formulado con higo deshidratado y harina de *Tenebrio molitor* se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15. Declaración nutrimental de un mazapán adicionado con higo y *T. molitor*

Declaración nutrimental	**Por 100 g**
Contenido energético	505 kcal (2113 kJ)
Contenido total del envase	99 kcal (402 kJ)
Proteínas	35.35 g
Grasas totales	33.40 g
Grasas saturadas	8.4 g
Grasas trans	0.0 mg
Hidratos de carbono	6.14 g
Azúcares	16.06 g
Azúcares añadidos	0
Fibra dietética	19.26 g
Sodio	65.79 mg

6.3 Efecto de un mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* sobre la glucemia de un modelo murino.

6.3.1 Determinación del índice glucémico

El análisis mostró que el índice glucémico del almidón fue significativamente mayor que el de los demás tratamientos ($p < 0.01$, prueba de Wilcoxon para comparaciones pareadas). Como se observa en la Tabla 18, todos los tratamientos alternativos presentaron un índice glucémico bajo (<55), lo que indica que inducen una

respuesta glucémica mínima en comparación con el almidón. La Figura 24 muestra gráficamente estas diferencias, evidenciando las diferencias entre los tratamientos y el almidón.

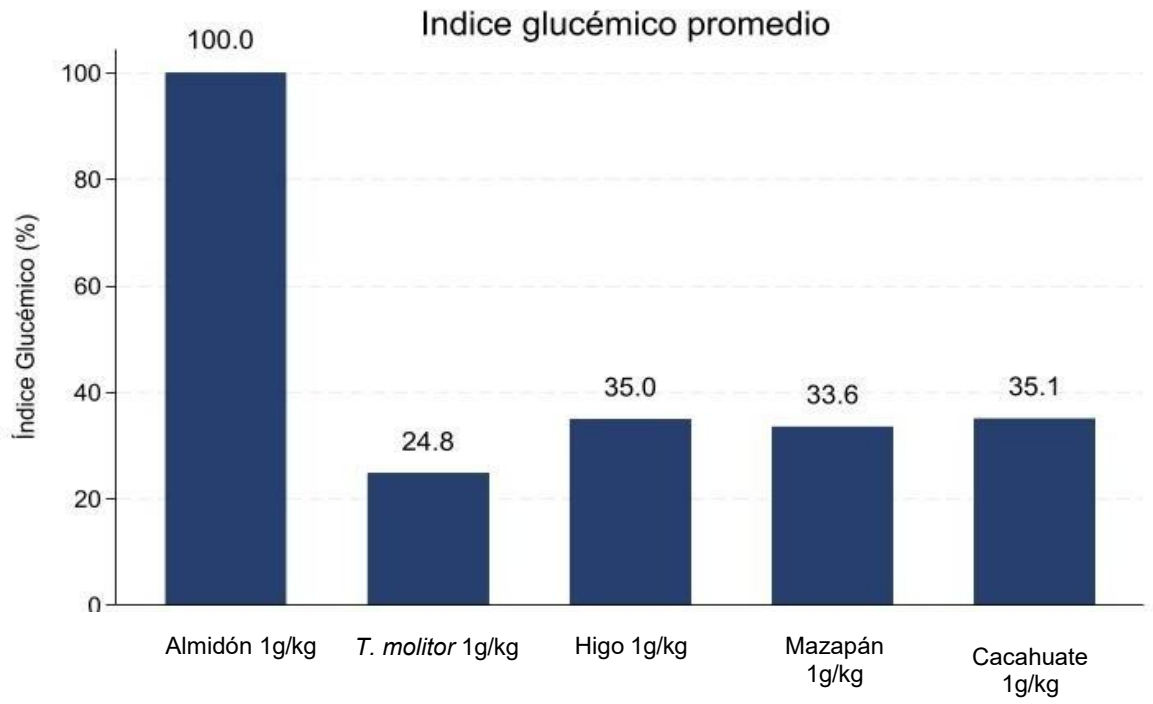


Figura 24. Índice glucémico promedio relativo a almidón por tratamientos en modelos murinos (n=5).

6.3.1.1 Determinación del índice glucémico basado en la AUC

Se calculó el área bajo la curva (AUC) de glucosa para cada ratón mediante el método del trapecio, considerando la glucosa basal de cada animal y ajustando los valores negativos a cero. Posteriormente, se obtuvo el índice glucémico (IG) relativo a la media de AUC del grupo de referencia (almidón 1 g/kg) utilizando la fórmula:

$$IG_i = \frac{AUC_i}{AUC_{ref}} \times 100$$

Los resultados de la AUC por tratamiento se presentan en la **Tabla 16**:

Tabla 16. Área bajo la curva por tratamiento.

Tratamiento	**AUC (Media ± SD)**
Almidón 1 g/kg	11689.5 ± 3824.9
Tenebrio molitor 1 g/kg	2901 ± 773.8
Higo 1 g/kg	4095 ± 864.5
Cacahuate 1 g/kg	3928.5 ± 2212.6
Mazapán 1 g/kg	4108.5 ± 1187.7

Luego se calcularon los índices glucémicos relativos para cada tratamiento, y se analizaron estadísticamente mediante la prueba de Kruskal-Wallis, dado que no se cumplió la homogeneidad de varianzas entre los grupos. Los resultados descriptivos del IG se muestran en la **Tabla 17**:

Tabla 17. índices glucémicos relativos (IG)

Tratamiento	**IG (Media ± SD)**
Almidón 1 g/kg	100 ± 32.72
Tenebrio molitor 1 g/kg	24.82 ± 6.62
Higo 1 g/kg	35.03 ± 7.40
Cacahuate 1 g/kg	33.61 ± 18.93
Mazapán 1 g/kg	35.15 ± 10.16

La prueba de Kruskal-Wallis arrojó diferencias significativas entre los tratamientos ($\chi^2 = 14.12$, $p = 0.0069$). Para identificar cuáles tratamientos difieren del grupo de referencia (almidón), se realizaron comparaciones post-hoc mediante la prueba de rangos de Wilcoxon (Mann–Whitney). Los resultados se presentan en la **Tabla 18**:

Tabla 18. Comparaciones post-hoc del IG vs Almidón.

Tratamiento	**Media**	**SD IG**	**Comparación vs Almidón**	**p-value (Wilcoxon)**
Almidón 1 g/kg	100	32.72	–	–
T. molitor 1g/ kg	24.82	6.62	Significativo	0.0079
Higo 1g/ kg	35.03	7.40	Significativo	0.0079
Cacahuate 1g/kg	33.61	18.93	Significativo	0.0079
Mazapán 1g/ kg	35.15	10.16	Significativo	0.0079

Todos los tratamientos evaluados presentaron un IG significativamente menor en comparación con el almidón de referencia, indicando una respuesta glucémica relativa más baja.

La Figura 25 muestra una representación de la curva de glucosa normalizada con los valores netos por tratamiento (media), en ella se puede observar el impacto de los tratamientos a lo largo del tiempo.

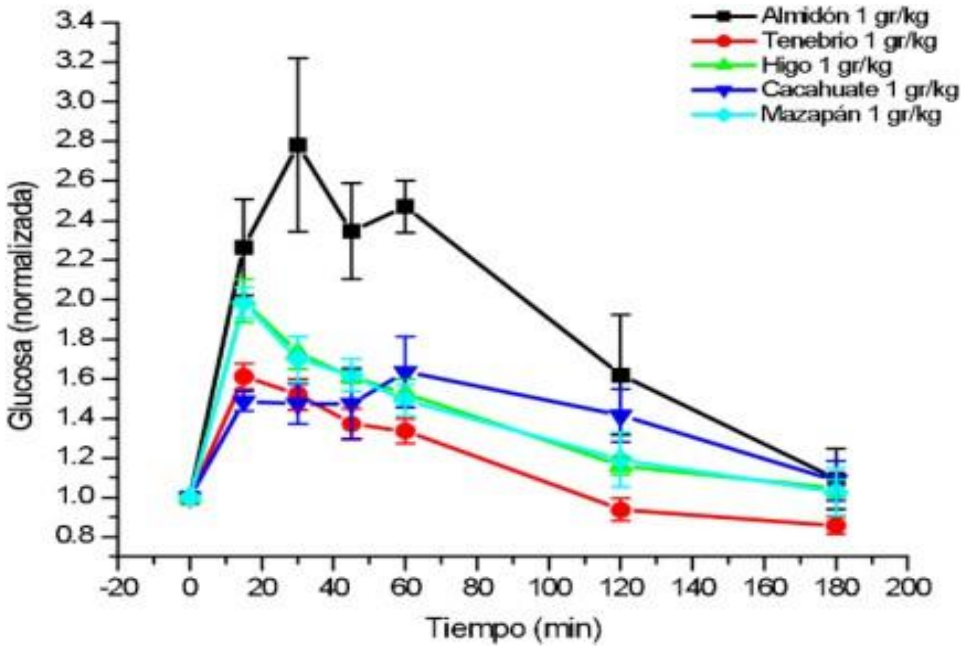


Figura 25. Curva de glucosa postprandial normalizada bajo cinco tratamientos, niveles de glucosa en sangre medidos durante 180 minutos (media ± DE, n=5).

6.3.2 Efecto antihiperglucemiante

6.3.2.1 Modelo lineal mixto

El modelo lineal mixto mostró un efecto significativo del tratamiento sobre la variación de glucosa ($\chi^2 = 21.51$; gl = 5; $p = 0.0006$), así como un efecto significativo del tiempo ($\chi^2 = 284.10$; gl = 5; $p < 0.001$) y una interacción significativa entre tratamiento y tiempo ($\chi^2 = 103.12$; gl = 25; $p < 0.001$). Este resultado indicó que la respuesta glucémica postprandial fue diferente a lo largo del tiempo entre los diferentes tratamientos evaluados en comparación con el control (almidón) (Tabla 19).

Tabla 19. Modelo lineal mixto.

Efecto	χ^2 (gl)	p-valor
Tratamiento	21.51 (5)	0.0006
Tiempo	284.10 (5)	<0.001
Tratamiento × Tiempo	103.12 (25)	<0.001

Resultados del modelo lineal mixto que evalúa los efectos de tratamiento, tiempo y su interacción sobre la variación de glucosa (Δ glucosa, mg/dL). Se reportan valores de χ^2 con sus respectivos grados de libertad (gl) y niveles de significancia (p-valor).

También se calcularon las medias marginales ajustadas (± IC95%) de la variación de glucosa (Δ glucosa, mg/dL), considerando al animal como efecto aleatorio.

La Figura 26 muestra la evolución de la glucosa sanguínea en los distintos grupos experimentales. El grupo control (almidón) presentó el mayor incremento glucémico,

alcanzando un pico máximo alrededor del minuto 30. En contraste, los tratamientos con acarbosa + almidón, *Tenebrio molitor* + almidón, higo + almidón y mazapán + almidón mostraron una reducción del incremento glucémico en comparación con el control.

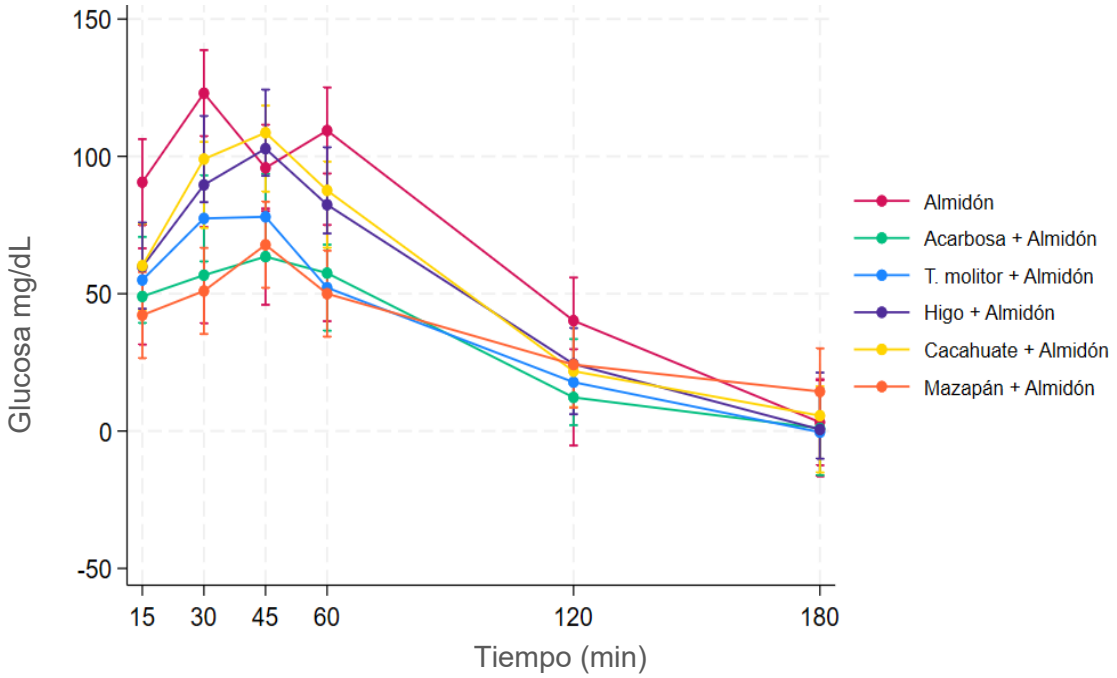


Figura 26. Curva de respuesta glucémica postprandial estimada para los diferentes tratamientos evaluados.

Predicciones marginales ajustadas de Δ glucosa por tratamiento y tiempo (95% CLs)

Nota: Valores marginales ajustados (± IC95%) de la variación de glucosa (Δ glucosa, mg/dL) a lo largo del tiempo en ratones tras la administración de almidón solo (control) o combinado con acarbosa, *Tenebrio molitor*, higo, cacahuate o mazapán. Los valores fueron estimados mediante un modelo lineal mixto considerando al ratón como efecto aleatorio.

Debido a lo observado en la interacción significativa entre tratamiento y tiempo, se realizaron comparaciones múltiples de las medias marginales ajustadas en el minuto 30, correspondiente al pico glucémico postprandial, utilizando corrección de Bonferroni. Las comparaciones múltiples en el minuto 30 (Tabla 20) mostraron que los tratamientos con acarbosa, *Tenebrio molitor*, higo y mazapán redujeron significativamente la glucosa en comparación con el control.

Tabla 20. Comparaciones múltiples de las medias marginales ajustadas de Δ glucosa en el minuto 30 (pico glucémico postprandial)

Tratamiento	**Δ glucosa vs control (mg/dL)**	**IC95%**	**p (Bonferroni)**
Acarbosa + almidón	−66.25***	−101.45 a −31.05	<0.001
T. molitor + almidón	−45.6**	−78.79 a −12.41	0.001
Higo + almidón	−33.4*	−66.59 a −0.21	0.047
Cacahuate + almidón	−24.0 ns	−57.19 a 9.19	0.507
Mazapán + almidón	−72.0***	−105.19 a −38.81	<0.001

Comparaciones múltiples entre tratamientos y el control en el minuto 30, realizadas a partir de las medias marginales ajustadas de la variación de glucosa (Δ glucosa, mg/dL) obtenidas del modelo lineal mixto. Se aplicó corrección de Bonferroni para el ajuste de los valores de p. Se presentan las diferencias respecto al control, intervalos de confianza al 95% (IC95%). Niveles de significancia: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001; ns = no significativo.

6.3.2.2 Resultados: área incremental bajo la curva (iAUC)

Los valores de iAUC calculados durante el periodo experimental mostraron diferencias entre los tratamientos evaluados. En la Tabla 21 se presentan los estadísticos descriptivos por grupo experimental.

Tabla 21. Área incremental bajo la curva de glucosa (iAUC) por tratamiento

Tratamiento	**n**	**iAUC (media ± DE) mg·min/dL**	**Rango**	**% de reducción vs control**
Almidón (control)	5	11010.0 ± 3718.3	7672.5 – 17062.5	
Acarbosa	4	5175.0 ± 2316.2	2617.5 – 7957.5	53.0%
T. molitor	5	5985.0 ± 1447.4	4027.5 – 7710.0	45.6%
Higo	5	8014.5 ± 1566.0	6510.0 – 9922.5	27.2%
Cacahuate	5	8326.5 ± 1852.3	6442.5 – 11047.5	24.4%
Mazapán	5	5857.5 ± 1026.6	4965.0 – 7590.0	46.8%

Nota. Área incremental bajo la curva de glucosa (iAUC) expresada como media ± desviación estándar (DE) y rango por tratamiento. El porcentaje de reducción se calculó respecto al grupo control (almidón). La iAUC se estimó a partir de la variación de glucosa (Δ glucosa, mg/dL) a lo largo del tiempo. n = número de observaciones por grupo.

En la Tabla 21 se puede observar que los tratamientos con acarbosa (5175), *Tenebrio molitor* (5985) y mazapán (5857.5) mostraron valores similares, mientras

que los tratamientos con higo (8014.5) y cacahuate (8326.5) presentaron valores intermedios.

El supuesto de homogeneidad de varianzas verificado mediante la prueba de Bartlett, no detectó diferencias significativas entre los grupos ($p = 0.146$), lo que indicó que los datos cumplieron con los requisitos para la aplicación del ANOVA.

El análisis de varianza reveló diferencias significativas en el iAUC entre los tratamientos (ANOVA, $F(5,23) = 4.83$, $p = 0.0036$), lo que indica que la respuesta glucémica total fue diferente entre al menos dos de los grupos evaluados. Las comparaciones post hoc con corrección de Bonferroni revelaron que los tratamientos de acarbosa, *T. molitor* y Mazapán presentaron valores de iAUC significativamente menores en comparación con el tratamiento control (Almidón). Mientras que los tratamientos de higo y cacahuate no mostraron diferencias significativas respecto al control ($p > 0.05$). La Figura 27 muestra las medias de iAUC por tratamiento junto con sus intervalos de confianza, evidenciando una reducción de la respuesta glucémica en varios de los tratamientos evaluados.

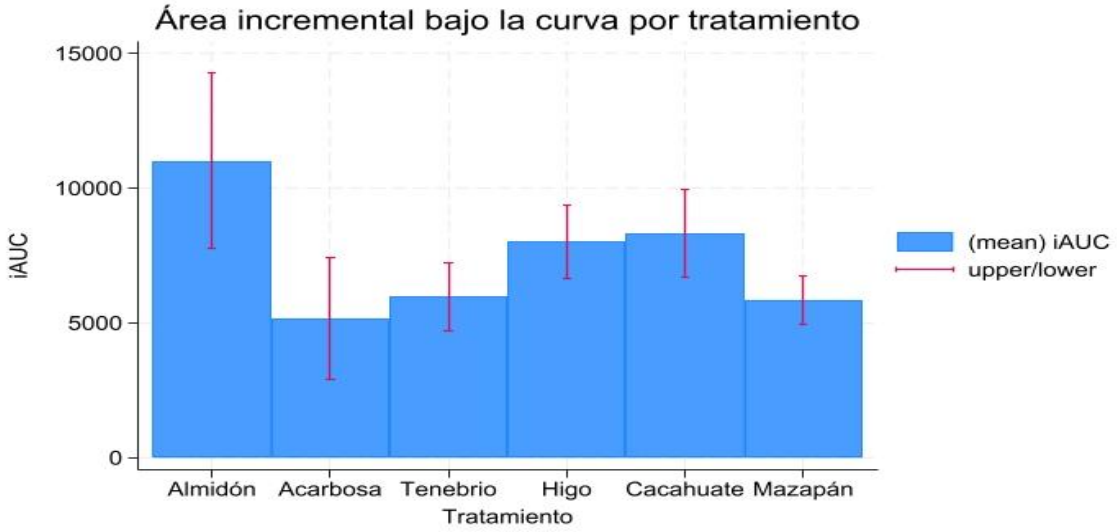


Figura 27. Área incremental bajo la curva (iAUC) de la glucosa postprandial por tratamiento. Las barras representan la media del iAUC y las líneas verticales indican los intervalos de confianza al 95%.

Adicionalmente, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento con mazapán y acarbosa (IC 95%: -4066.05 a 5431.05), lo que sugiere una respuesta glucémica comparable entre ambos tratamientos. De manera similar, el tratamiento con *T. molitor* tampoco difirió significativamente de acarbosa (IC 95%: -3938.55 a 5558.55) (Tabla 22).

Tabla 22. Comparaciones entre tratamientos (Bonferroni)

Comparación	**Diferencia**	**IC 95%**	**Significancia**
Acarbosa vs Almidón	-5835	-10583.55 a -1086.45	*
Tenebrio vs Almidón	-5025	-9501.97 a -548.03	*
Mazapán vs Almidón	-5152.5	-9629.47 a -675.53	*
Mazapán vs Acarbosa	682.5	-4066.05 a 5431.05	ns
Tenebrio vs Acarbosa	810	-3938.55 a 5558.55	ns

* $p < 0.05$; ns = no significativo

En conjunto, los resultados del iAUC confirman los hallazgos observados en el análisis del pico glucémico, evidenciando que los tratamientos con acarbosa, *Tenebrio molitor* y mazapán reducen significativamente la respuesta glucémica total en comparación con el control.

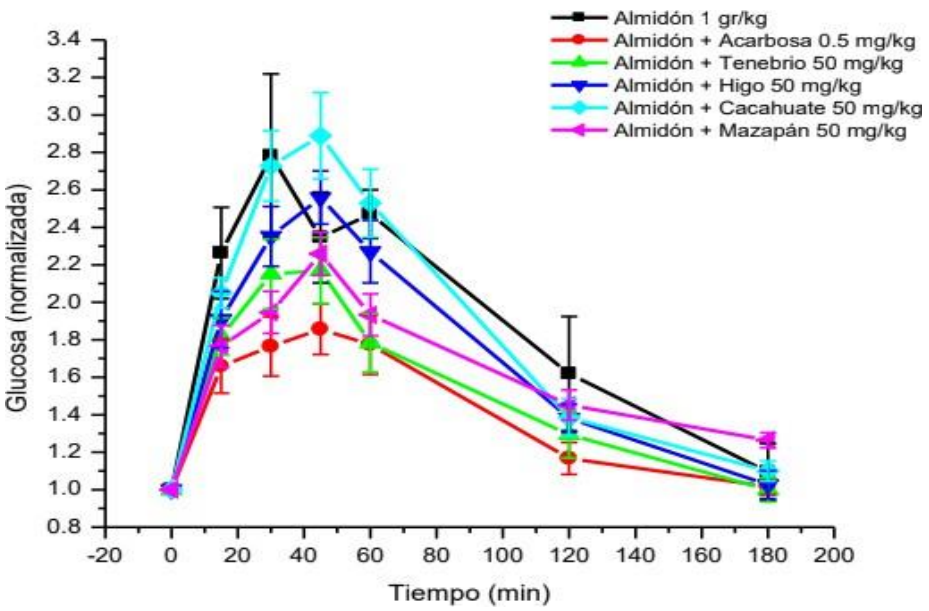


Figura 28. Evolución de la respuesta a la administración de los ingredientes del mazapán y el mazapán con una carga de almidón (valores normalizados) durante un periodo de 180 minutos.

En la Figura 28 se observa que *Tenebrio molitor* y el mazapán administrado con almidón, presentan picos hiperglucémicos cercanos al tratamiento de almidón + acarbosa.

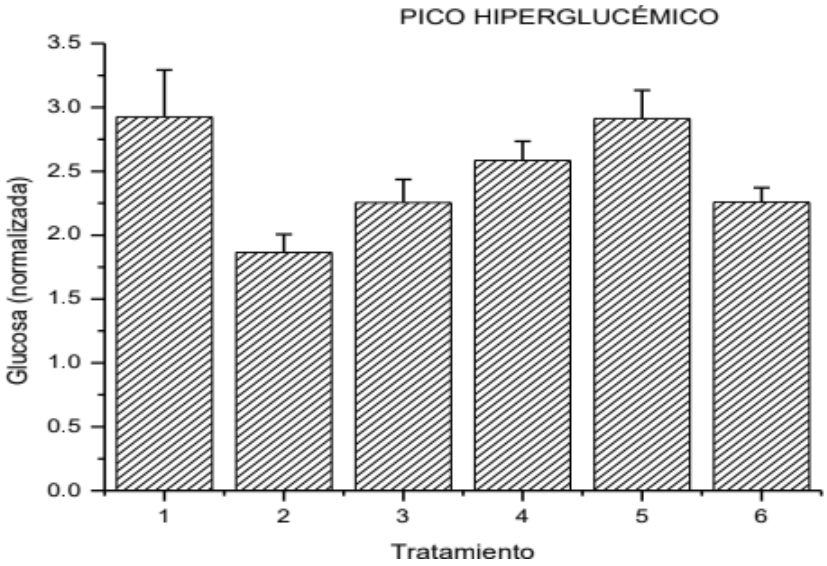


Figura 29. Representación del pico hiperglucémico de los ingredientes del mazapán y el mazapán administrados con una carga de almidón: 1) Almidón 1 gr/kg; 2) Almidón + Acarbosa 0.5 mg/kg; 3) Almidón + *Tenebrio molitor* 50 mg/kg; 4) Almidón + Higo 50 mg/kg; 5) Almidón + Cacahuate 50 mg/kg y 6) Almidón + Mazapán 50 mg/kg.

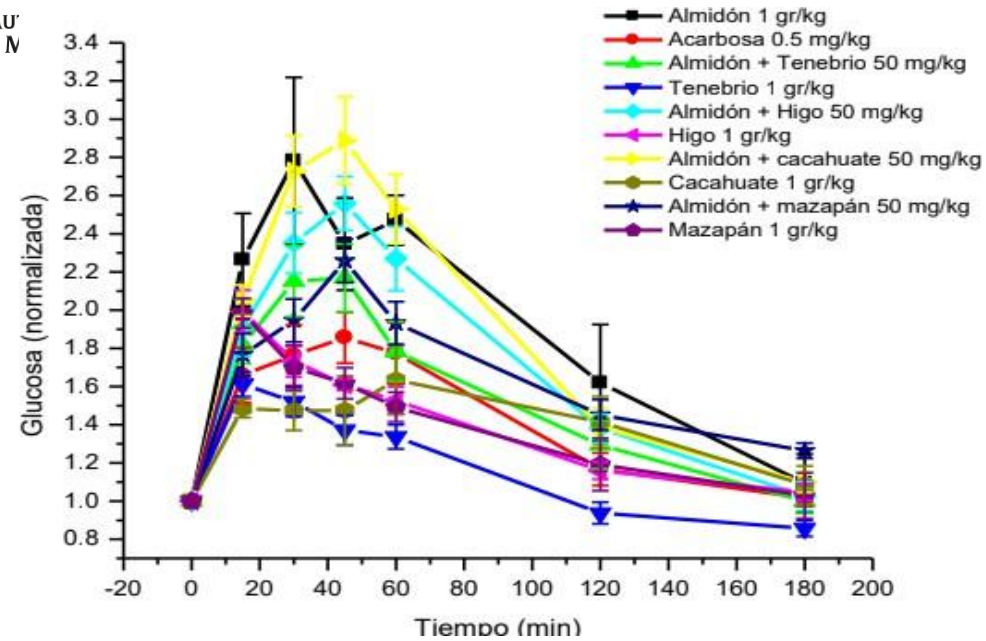


Figura 30. Evolución de los promedios de los niveles absolutos de glucosa sanguínea medidos en intervalos de tiempo de 15 minutos y expresados en mg/dl en ratones durante un periodo de 180 minutos tras la administración oral de los diez tratamientos experimentales.

6.4 Análisis sensorial y evaluación de aceptabilidad del mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor.*

La evaluación sensorial se realizó con la participación de 30 personas adultas, cuyas edades oscilaron entre 18 y 57 años, con una edad promedio de 27.27 ± 9.44 años. Los participantes no contaban con entrenamiento sensorial y evaluaron la aceptabilidad del producto mediante una escala hedónica de nueve puntos.

La evaluación sensorial realizada mostró una aceptación favorable de la formulación del mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* (Tabla 23). El atributo mejor calificado fue el aroma, con una puntuación de 7.13 ± 1.22, seguido de la aceptabilidad global (6.90 ± 0.88) y la textura (6.63 ± 1.24).

Tabla 23. Evaluación sensorial de la formulación final de mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* mediante una escala hedónica de 9 puntos (n = 30).

Atributo	***Media ± DE***
Aroma	7.13 ± 1.22
Apariencia (color)	6.50 ± 1.61
Sabor	6.40 ± 1.67
Textura	6.63 ± 1.24
Aceptabilidad global	6.90 ± 0.88

Nota: Escala hedónica de 1 a 9, donde 1 = "me disgusta extremadamente" y 9 = "me gusta extremadamente".

En relación con la intención de consumo, el 63 % de los participantes indicó que consumiría el producto si estuviera disponible comercialmente, mientras que el 17 % respondió "tal vez" y el 13 % manifestó que no lo consumiría. El 7 % restante no emitió respuesta a esta pregunta (Tabla 24).

Tabla 24. Intención de consumo de la formulación final de mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* (n = 30).

Respuesta	**Porcentaje (%)**
Sí	63
Tal vez	17
No	13
Sin respuesta	7

7. DISCUSIÓN

La formulación del mazapán adicionado se llevó a cabo mediante la selección y estandarización de variables como la temperatura de tostado del cacahuate, deshidratación del higo y producción de la harina de *Tenebrio molitor*. También se evaluaron el color y firmeza para caracterizar el producto final.

En esta investigación se seleccionaron temperaturas de 150, 160 y 170°C, para determinar la adecuada elaboración del mazapán. Esta elección se fundamentó en otros trabajos previos en los que se han probado temperaturas similares aplicadas durante 30 minutos, observándose la mejora de las características organolépticas, color y contenido compuestos antioxidantes en comparación con cacahuates no tostados. En el análisis sensorial de las diferentes temperaturas de tostado del cacahuate no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los atributos de aroma, sabor y color; sin embargo, el tratamiento a 160°C mostró la puntuación más alta en sabor, esto coincide con el estudio realizado por Khairuddin y Lasekan, en el que además de evaluar los compuestos del aceite del cacahuate, observaron que en un rango de temperaturas de tostado del cacahuate de 140 a 160°C, existía un buen balance entre la mejora de características organolépticas, presencia de compuestos antioxidantes y mínima producción de compuestos dañinos y sabores desagradables (63).

Durante el tostado del cacahuate, a partir de temperaturas de 140°C, se lleva a cabo la reacción de Maillard, que ocurre cuando reaccionan hidratos de carbono con grupos aminos libres (64). También se lleva a cabo la degradación y oxidación de lípidos. Dichas reacciones favorecen la producción del característico color tostado, y un sabor y aromas agradables. Estudios han mostrado que la reacción de Maillard puede generar compuestos que intensifican el sabor salado y mejoran el sabor en derivados de las proteínas del cacahuate, confirmando que estas reacciones influyen en el perfil organoléptico del cacahuate y, por tanto, del

mazapán (65).

Se elaboraron tres diferentes formulaciones con diferentes proporciones de cacahuate, higo y harina de *Tenebrio molitor* y se evaluaron propiedades físicas. En la firmeza se observó que la formulación con mayor cantidad de cacahuate (45%) y de harina de *Tenebrio molitor* (35%), presentó el valor más alto (4.37 N), lo que puede atribuirse a que el cacahuate al ser molido, libera sus aceites naturales, lo que puede actuar como una fase continua que une y compacta los polvos (harina de harina de *Tenebrio molitor* e higo deshidratado), ayudando a fortalecer la cohesión de la matriz alimentaria (66). La harina de *Tenebrio molitor* además de alto contenido de lípidos, también pudo haber contribuido al valor de firmeza por su alto contenido de proteína, ya que éstas tienen la capacidad de formar y/o mantener redes estructurales que pueden contribuir a la textura y tensión mecánica de los alimentos (67, 68).

En cuanto al color, las diferencias se presentaron en la luminosidad, donde se observó un menor valor en las formulaciones que contenían mayor cantidad de harina de *Tenebrio molitor*. Esto se debe a que el color del producto final depende de la mezcla de los colores de las materias primas utilizadas y en este caso está relacionado con coloración más oscura de la harina de *Tenebrio molitor*. Esto es consistente con otros estudios en donde se evalúan productos de panadería, en donde se observaron valores menores de L* (luminosidad) con la adición de harina de gusano y un aumento de a* (rojo) y b* (amarillo), colores que indican pardeamiento, reflejando así reacciones de Maillard durante el horneado de la harina y que también podría estar relacionado con los azúcares reductores de la deshidratación del higo (69, 70, 71). Estas características visuales no solo son indicadores de la matriz alimentaria, sino que son cambios visuales que podrían influir en el análisis sensorial del mazapán adicionado.

En conjunto, se observó que las proporciones de los ingredientes modifican las características físicas del mazapán, lo que evidenció la importancia de la

composición final del producto para la determinación de sus propiedades.

Con respecto al contenido nutricional del mazapán adicionado, se observó una composición que difiere del contenido nutricional de un mazapán tradicional, destacando el alto contenido de proteína, fibra dietética y ácidos grasos de buena calidad.

El elevado contenido de proteína (35.35 ± 1.75) se atribuye principalmente a la harina de *Tenebrio molitor* y al cacahuate. Si bien el valor es mayor al reportado en productos de panificación enriquecidos con harina de *Tenebrio molitor*, este osciló entre el 15 y 25 g/100g dependiendo del porcentaje de sustitución (56). Si bien el contenido de proteína de la harina utilizada para este estudio es de 70 g/100g, otros autores han reportado entre 47 y 60 g/100 g en base seca (71), lo que explica el impacto de la adición de esta en el mazapán adicionado. El cacahuate, se ha reportado con valores de 25-30 g/100 g, por lo que contribuye al contenido total proteico del mazapán (43).

El elevado contenido de fibra total (19.26 ± 2.65), estuvo compuesto mayormente por fibra insoluble (12.89±0.80/100 g), mientras que la fibra soluble presentó un contenido de 6.37 ± 1.91 g/100 g. Estos resultados son consistentes, ya que en la harina de *Tenebrio molitor* se ha reportado un contenido de fibra de hasta 10 g/ 100, principalmente en forma de quitina, la cual se ha considerado fibra insoluble (71). En cuanto a la fibra soluble, se ha reportado hasta 17.81 g/100 g de fibra en base seca en higos deshidratados, predominando la fracción soluble relacionada con su pared vegetal rica en hemicelulosa, celulosa y compuestos fenólicos (72)

Si bien el mazapán adicionado presentó un contenido considerable de lípidos, el 47.07% del total del contenido graso, fue de ácido oleico, seguido del ácido linoleico, con un 25.52% y el ácido graso palmítico, con un 17.36%. El contenido de ácidos grasos insaturados oleico (monoinsaturado) y linoleico (poliinsaturado), confieren al mazapán adicionado un perfil nutricional favorable. Este perfil lipídico puede

deberse principalmente al contenido de cacahuate, que se caracteriza por ser una oleaginosa que aporta aproximadamente 50% de grasa total, con un predominio de ácidos grasos insaturados, particularmente ácido oleico y linoleico y en menor cantidad acido palmítico, lo que concuerda con lo observado en el mazapán adicionado (73, 74)

No obstante, la harina de *Tenebrio molitor*, también contribuye al perfil de ácidos grasos, pues de igual manera se han reportado valores predominantes en los ácidos grasos insaturados oleico y linoleico (71, 75). Se ha observado de manera similar, en otro mazapán enriquecido con harina de chapulín, en el que el principal ingrediente es el cacahuate (76).

En cuanto a la presencia de grasas saturadas en el mazapán (acido palmítico), el contenido de este se puede considerar moderado, comparable y consistente al presente en alimentos de origen vegetal como almendras (aproximadamente 7% del total de ácidos grasos), así como en insectos comestibles (18-28% del total de ácidos grasos en el caso de *Tenebrio molitor*). Por lo que si bien esta presente, el contenido lipídico mayoritario corresponde a los ácidos grasos insaturados, lo que contribuye a mantener el perfil favorable del mazapán (74, 75, 77).

El sodio, en el mazapán presentó un valor de 65.79 ± 5.59 mg/100 g. De acuerdo con los criterios establecidos en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 para el etiquetado frontal, un alimento sólido se considera con exceso de sodio y debe llevar un sello de advertencia en la parte frontal cuando este aporta 300 o más mg por cada 100 g de producto, por lo que el mazapán adicionado no requiere este sello, lo que refuerza su perfil nutricional favorable (78).

En la determinación de azúcares se observó que la fructosa fue el monosacárido con mayor contenido (6.98 g/100 g), seguida de glucosa (4.87 g/100 g) y sacarosa (4.20 g/100 g), con un total de 16.95 g/100g de muestra desgrasada. Este resultado puede atribuirse al contenido de higo en la formulación del mazapán, pues esta fruta se caracteriza por su contenido de glucosa y fructosa (79).

Esto coincide con lo reportado en Datos del *FoodData Central* del USDA, en donde se señala que en higo deshidratado la glucosa y la fructosa constituyen la mayor proporción de azúcares (79). Además, en estudios analíticos también se ha reportado que, en diferentes variedades de este fruto, la fructosa y la glucosa son azúcares predominantes sobre la sacarosa. Esto se ha observado independientemente del método analítico utilizado y del kit enzimático empleado (80).

Para evaluar el efecto del mazapán adicionado sobre respuesta glucémica postprandial, en el presente estudio, se realizó en dos diferentes partes el análisis. Primero se evaluó el índice glucémico relativo a almidón de los ingredientes del mazapán y del mazapán y posteriormente se evaluó el posible efecto anti hiperglucémico mediante dos indicadores; pico hiperglucémico y el área incremental bajo la curva (iAUC), este último ampliamente utilizado en alimentos (81, 82).

Los resultados mostraron que el mazapán adicionado presentó un índice glucémico relativo a almidón bajo (<55) y estadísticamente diferente. Este resultado indica que, bajo las condiciones experimentales empleadas, la respuesta glucémica atenuada observada podría estar relacionada con una digestión y absorción más lenta de los carbohidratos, y, por tanto, una velocidad menor de liberación al torrente sanguíneo. (14, 15, 16)

En esto radica la importancia del proceso de asimilación de los carbohidratos, la velocidad de vaciamiento gástrico y la composición nutrimental en la modulación de la respuesta glucémica (83). El alto contenido de proteína además del valioso aporte de aminoácidos esenciales y de contribuir a la saciedad, puede influir en la respuesta postprandial mediante la estimulación de secreción de insulina y de hormonas incretinas, así como su posible efecto retardando el vaciamiento gástrico. (29) Adicionalmente es importante resaltar que el consumo de proteína favorece la construcción y mantenimiento de masa muscular, lo que promueve la utilización periférica de glucosa y, por tanto, podría contribuir a la modulación de la respuesta glucémica (83). En este sentido, el mazapán pudo haber contribuido a atenuar la

respuesta glucémica en el modelo murino. Por su parte, la fibra dietética contenida en el mazapán, en el caso de la fracción insoluble, pudo haber contribuido a regular el tránsito intestinal. Mientras que la fibra soluble, al actuar como un gel, tiene la capacidad de dificultar el acceso de las enzimas digestivas a los carbohidratos y lípidos, pudiendo así haber coadyuvado al control glucémico y lipídico (84). Así mismo, el contenido lipídico, caracterizado por un predominio de ácidos grasos insaturados, podría contribuir a retardar el vaciamiento gástrico, modulando así la respuesta glucémica postprandial (85). En conjunto estos macro nutrimentos, contribuyen a crear una matriz alimentaria más compleja, que podría favorecer una liberación gradual de la glucosa al torrente sanguíneo (85, 86).

En este contexto, el perfil lipídico del mazapán es relevante en la respuesta glucémica, pues se ha reportado previamente su contribución al control glucémico en presencia de DM2. Sin embargo, también se han reportado que las dietas ricas en ácidos grasos insaturados, particularmente el ácido oleico ejerce beneficios sobre la salud cardiovascular y metabólica y su posible contribución a la disminución de la presión arterial, al promover la mejora del perfil lipídico en sangre mediante la disminución de triglicéridos y el aumento de colesterol HDL (86). Así mismo, el ácido linoleico, al ser un ácido graso poliinsaturado se ha relacionado con la diminución de los niveles de colesterol LDL y con la disminución de los biomarcadores de inflamación, ayudando así a reducir riesgo cardiovascular. Estos beneficios han sido reportados específicamente de frutos secos y cacahuates, en donde se resalta que dichos beneficios no se limitan al contenido graso, sino a los nutrientes globales tales como fibra, proteína vegetal y compuestos fenólicos (74).

El hallazgo sobre el contenido de ácidos grasos insaturados en el mazapán adicionado resulta relevante dado que autores como Landa-Gómez et al., han reportado que en la población mexicana (adultos) persiste un consumo insuficiente de ácidos grasos poliinsaturados y un patrón de consumo lipídico desfavorable alto en grasas saturadas y grasas trans que se ha asociado con mayor riesgo de padecer enfermedades crónicas tales como obesidad, diabetes e hipertensión.

Por esta razón, el desarrollo y consumo de productos como este mazapán adicionado podría contribuir a una estrategia para mejorar la calidad del patrón de consumo lipídico de la dieta en la población mexicana (87). En este sentido, la respuesta glucémica a un alimento no depende solamente de la cantidad o tipo de carbohidratos, sino de la composición de la matriz alimentaria y del proceso fisiológico de digestión, absorción y utilización. (15). Esto podría explicar porque el mazapán, al tener una matriz alimentaria caracterizada por alto contenido de proteína, ácidos grasos insaturados y fibra induce un índice glucémico bajo en comparación con almidón, que se utilizó como carbohidrato de referencia por su alta disponibilidad y rápida hidrolisis en el tracto gastrointestinal (14, 83, 88).

Sin embargo, para entender a profundidad la dinámica de la respuesta glucémica del mazapán en comparación con almidón y acarbosa, se evaluaron el pico hiperglucémico y el área incremental bajo la curva como indicadores del posible efecto anti hiperglucémico del mazapán adicionado. Se utilizó el almidón como control negativo y acarbosa como control positivo.

Los resultados del análisis del pico hiperglucémico revelaron que el mazapán al ser administrado con una carga de almidón, en comparación con la carga de almidón solo, produjo una disminución significativa del pico hiperglucémico, evidenciando su efecto anti hiperglucémico bajo las condiciones experimentales empleadas. Esto, sugiere que el contenido nutrimental del mazapán, en particular las proteínas y grasas pudieron haber favorecido a retardar el vaciamiento gástrico, mientras que la fibra pudo haber contribuido a modificar la digestión y disponibilidad de los carbohidratos (83, 85, 86). En particular, la fracción soluble de la fibra puede incrementar la viscosidad del contenido gastrointestinal y dificultar el acceso de las enzimas digestivas a los carbohidratos; sin embargo, en el presente estudio predominó la fracción insoluble, por lo que estos mecanismos deben considerarse como posibles contribuyentes y no como una explicación única de la respuesta observada. En resumen, se pudo haber generado un vaciamiento gástrico más

lento, una llegada y absorción en el intestino retardados, y, por tanto, una entrada más gradual al torrente sanguíneo. Esto pudiendo ser reflejado en un pico hiper glucémico atenuado, que evitó una subida abrupta de glucosa en sangre y la alta demanda de la respuesta insulínica. (84, 88, 89) Este comportamiento es consistente con lo reportado en otros estudios experimentales en los que la adición de alimentos grasos y proteicos a fuentes de carbohidratos redujo significativamente el pico postprandial. Por ejemplo, Collier y O'Dea (90) observaron que la ingesta de grasas con carbohidratos modificó la respuesta glucémica y la cinética de absorción de glucosa. De manera similar, Wolever y Bolognesi (91) demostraron que el tipo de carbohidrato y la matriz alimentaria influyen de manera directa en la respuesta glucémica, pues al incluir carbohidratos más complejos, fibra y otros macro nutrimentos se observaron menores valores de glucosa.

Por otra parte, la iAUC no solo considera el pico máximo de glucosa en sangre, sino que refleja la magnitud de la exposición total del organismo a la glucosa a lo largo del periodo de medición. Este indicador se consideró importante ya que una menor carga glucémica promueve una menor demanda de insulina (85, 91). Los resultados mostraron que el área incremental bajo la curva del mazapán fue estadísticamente diferente al almidón al igual que la acarbosa. Así mismo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la magnitud del área incremental del tratamiento con mazapán y acarbosa bajo las condiciones de este estudio. Este comportamiento es consistente con otros estudios de intervención en modelos murinos, en los que se han evaluado efectos integrales sobre los parámetros del metabolismo de la glucosa. Por ejemplo, Kim y Park (56), observaron que la administración de extracto de *Tenebrio molitor* durante varias semanas no solo se asoció en la reducción de la glucosa sanguínea, sino que también mejoro otros indicadores de resistencia a la insulina. Aunque dicho estudio no evaluó una matriz alimentaria completa, este hallazgo coincide con lo observado en la reducción de la iAUC, reforzando la importancia de *Tenebrio molitor* en la matriz alimentaria del mazapán.

El mecanismo de acción de la acarbosa se basa en la inhibición de las enzimas α-glucosidasas, responsables de la hidrolisis de los carbohidratos en el borde del cepillo intestinal, reduciendo y retrasando así la absorción de los carbohidratos (92). En este sentido, se refuerza la importancia de la matriz alimentaria compleja del mazapán, al atenuar el pico hiper glucémico y generar una menor respuesta glucémica incremental, lo que podría sugerir una menor absorción total de glucosa (89). Esto, en parte podría sugerir inhibición de las enzimas digestivas, pues se ha reportado que *Tenebrio molitor*, durante la digestión, podría liberar péptidos bioactivos capaces de inhibir las α-glucosidasas. Sin embargo, este efecto podría ser débil y dependiente del proceso de digestivo (93).

Si bien no hay evidencia sobre que el mazapán actúe como un inhibidor enzimático como el fármaco utilizado como referencia, bajo las condiciones del presente estudio se observó un efecto claro del mazapán como modulador sobre la respuesta glucémica postprandial, respaldada por indicadores como la disminución del pico hiper glucémico y en el iAUC. Este efecto puede ser atribuible a su compleja matriz alimentaria. (83, 85, 89).

Finalmente es importante destacar que los efectos observados no pueden atribuirse a un solo nutriente, sino a la sinergia entre los ingredientes del mazapán, incluyendo fibra, proteína, grasas y compuestos bioactivos. Pues en conjunto, conformaron una matriz alimentaria compleja que favoreció la modulación de la respuesta fisiológica ante un carbohidrato simple como el almidón. Esta modulación no solo evita la elevación abrupta de glucosa en sangre, sino que, al tratarse de un alimento con alto contenido de proteína y grasas de buena calidad, podría favorecer el mantenimiento y construcción de masa muscular, lo que a su vez promueve la utilización periférica de glucosa y en el caso de las grasas, mejorando el perfil metabólico (84, 86, 74). En esta línea, el mazapán adicionado presenta potencial como alimento funcional, dado que además de su valor nutricional, puede contribuir a la modulación de la respuesta glucémica postprandial (37, 82, 89). Esto resulta de suma importancia en el contexto de la alta prevalencia de enfermedades

metabólicas, especialmente de la diabetes mellitus tipo 2 y obesidad, donde el desarrollo de este tipo de alimentos podría contribuir a una estrategia dietética con su perfil nutricional favorable.

La aceptación sensorial es clave para la incorporación de los alimentos funcionales con ingredientes novedosos como este mazapán a la dieta. En el presente estudio el mazapán adicionado presentó una aceptabilidad global favorable (6.90 ± 0.88 en una escala hedónica de 9 puntos), lo que indica que el producto fue generalmente bien recibido por los participantes. El atributo mejor valorado fue el aroma, seguido de la aceptabilidad global. Estos podrían estar relacionados con los compuestos volátiles generados en la reacción de Maillard, que podrían ser responsables de las notas agradables asociados al tostado del cacahuate. (65) La textura mostró una aceptación positiva, lo que coincide con los resultados de firmeza obtenidos previamente y sugiere que la formulación desarrollada logró mantener las características físicas adecuadas. El sabor y la apariencia obtuvieron puntuaciones menores en comparación con el aroma. Esto podría estar relacionado con la incorporación de harina de *Tenebrio molitor*, y al higo deshidratado, que podría representar una experiencia diferente para personas acostumbradas al sabor de un mazapán convencional.

Estos resultados coinciden con los reportados en otros estudios en donde se ha incorporado harina de insectos en otros alimentos. Uno de ellos, el de Draszanowska et al. evaluaron galletas adicionadas con harina de *Tenebrio molitor* y observaron que, aunque a mayor cantidad de harina de insecto se modificaron los atributos tales como color y sabor, se mantuvo la aceptación por parte de los consumidores. Los autores señalaron que estas alteraciones estuvieron relacionadas con el oscurecimiento del producto debido a la harina de insecto y a la adición de notas de sabor desconocidas por parte del insecto, estos resultados coinciden con los obtenidos en el presente estudio en los atributos de sabor y color. (69) A pesar de ello, los resultados de intención de consumo mostraron una

respuesta favorable, ya que el 63 % de los participantes respondió que sí consumiría el producto si estuviera disponible comercialmente. Esto resulta relevante debido a que la aceptación de alimentos que incluyen insectos comestibles es limitada por factores culturales. En este sentido, la utilización de *Tenebrio molitor* en forma de harina incorporada dentro de un alimento tradicional, como el mazapán, podría favorecer su aceptación al minimizar el impacto visual asociado al consumo del insecto entero. Los autores Rumpold y Schlüter señalaron que uno de los principales factores que limita la aceptación de los insectos es la limitación cultural y visual, por lo que el uso de harinas de insectos en alimentos convencionales es una de las estrategias más prometedoras para incrementar su aceptación (71). Este planteamiento coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde más de la mitad de los participantes manifestó disposición a consumir el mazapán si estuviera disponible comercialmente.

Los resultados del análisis sensorial sugieren que la incorporación de higo y *Tenebrio molitor* permitió desarrollar un producto con características organolépticas aceptables para los consumidores, lo que coincide con otros estudios en los que se enriquecieron productos con harina de *Tenebrio molitor*, e igualmente se vieron afectados principalmente los atributos de sabor y color sin comprometer la aceptabilidad general. Esto es relevante dado que el mazapán adicionado presentó también un perfil nutricional favorable e indujo una menor respuesta glucémica postprandial bajo las condiciones experimentales evaluadas.

8. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló exitosamente un mazapán adicionado con 45% de cacahuate, 20% de higo y 35% de *Tenebrio molitor*, obteniendo una formulación estable y con características físicas adecuadas. La selección de las condiciones de procesamiento permitió elaborar un producto con propiedades sensoriales aceptables.
2. El análisis del contenido nutrimental del mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molito*r confirma que este es un snack con un alto aporte de proteína y fibra dietética, con alto aporte de ácidos grasos insaturados, principalmente ácido oleico y ácido linoleico.
3. El análisis en la respuesta postprandial mostró que el mazapán presentó un índice glucémico bajo, contribuyó a reducir el pico hiperglucémico y el área incremental bajo la curva, lo que indica que indujo una respuesta glucémica postprandial menor bajo las condiciones experimentales empleadas. Este efecto podría estar relacionado con la interacción entre los ingredientes que conforman una matriz alimentaria compleja y que contribuyeron a modular el efecto hiperglucémico inducido por almidón.
4. La formulación desarrollada presentó una aceptabilidad sensorial favorable, reflejada en una puntuación de aceptabilidad global de 6.90 ± 0.88 y una intención positiva de consumo por parte del 63 % de los participantes. Estos resultados indican que la incorporación de higo deshidratado y harina de *Tenebrio molitor* permitió desarrollar un producto con un valor nutricional de interés y con potencial funcional sin comprometer significativamente sus características organolépticas.

9. PERSPECTIVAS

Se considera pertinente realizar estudios posteriores que permitan profundizar en el efecto del mazapán adicionado con higo y *Tenebrio molitor* sobre la respuesta glucémica. Se propone evaluar los efectos de su consumo a largo plazo en modelos experimentales, así como investigar los posibles mecanismos involucrados en la modulación de la respuesta glucémica postprandial, considerando la interacción de los componentes de la matriz alimentaria y su influencia en la digestión y absorción de carbohidratos. Asimismo, sería conveniente evaluar el efecto de cada ingrediente por separado en periodos prolongados sobre la respuesta glucémica, con la finalidad de identificar su posible contribución al efecto observado.

De igual manera, se considera pertinente investigar la posible participación de péptidos bioactivos derivados de las proteínas de *Tenebrio molitor* en la modulación de la respuesta glucémica, mediante su identificación y caracterización, así como la evaluación de su actividad biológica. También sería conveniente determinar la capacidad antioxidante del mazapán adicionado y explorar su posible relación con los compuestos bioactivos aportados por sus ingredientes.

Asimismo, se considera de interés llevar a cabo una primera evaluación de la respuesta glucémica postprandial posterior al consumo del mazapán en personas sanas, con la finalidad de estudiar su efecto en condiciones de consumo humano.

Finalmente, sería conveniente ampliar la evaluación de la aceptabilidad sensorial en una población mayormente diversa y analizar la estabilidad fisicoquímica y microbiológica del producto durante su almacenamiento, con la finalidad de establecer su vida útil y contribuir a determinar su potencial para una futura aplicación como alimento funcional.

10. ANEXOS

10.1 Anexo 1.

Prueba de aceptabilidad

Muestra: _____Nombre: _____Edad: _____

Evalúe la muestra que se le proporciona y marque en la escala el grado de aceptabilidad que usted le da a cada uno de los atributos del producto. Por favor, coma una galleta salada entre cada muestra para limpiar sus papilas gustativas.

Considere la siguiente tabla para su evaluación.

1. Me disgusta extremadamente
2. Me disgusta mucho
3. Me disgusta moderadamente
4. Me disgusta poco
5. Ni me gusta ni me disgusta
6. Me gusta poco
7. Me gusta moderadamente
8. Me gusta mucho
9. Me gusta extremadamente

Aroma

1	2	3	4	5	6	7	8	9

Intensidad de color y/o apariencia

1	2	3	4	5	6	7	8	9

Sabor

1	2	3	4	5	6	7	8	9

10.2 ANEXO 2

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PRUEBA SENSORIAL

Por medio del presente, acepto participar voluntariamente en una prueba sensorial de un producto alimenticio tipo mazapán, desarrollada con fines académicos y/o de investigación.

La actividad consiste en degustar una muestra única de aproximadamente 5 g y responder una evaluación sensorial breve relacionada con las características del producto.

Se me informó que el producto contiene los siguientes ingredientes potencialmente alergénicos:

- Cacahuate
- *Tenebrio molitor* (gusano de la harina)
- Higo deshidratado

Advertencia de alérgenos:
Personas con alergia a crustáceos y/o ácaros pueden presentar reacciones alérgicas debido a posible reactividad cruzada con *Tenebrio molitor*.

Entiendo que:

- Mi participación es completamente voluntaria.
- Puedo retirarme en cualquier momento sin consecuencia alguna.
- La información obtenida será confidencial y utilizada únicamente con fines académicos y de investigación.
- Debo abstenerme de participar si presento antecedentes de alergia o hipersensibilidad a cualquiera de los ingredientes mencionados, especialmente a cacahuate, crustáceos o ácaros.

Declaro que he leído y comprendido la información anterior y acepto participar voluntariamente en esta prueba.

Nombre del participante: _____

Firma: _____

Fecha: ____ /____ /_____

Prueba de aceptabilidad

Muestra: _____ Nombre/ N° de participante: _____ Edad: _____

Sexo: _____

Evalúe la muestra que se le proporciona y marque con una ‘’X’’ en la escala el grado de aceptabilidad que usted le da a cada uno de los atributos del producto. Se proporcionará agua natural para limpieza bucal antes de la evaluación.

Considere la siguiente escala hedónica de 9 puntos:

1. Me disgusta extremadamente
2. Me disgusta mucho
3. Me disgusta moderadamente
4. Me disgusta poco
5. Ni me gusta ni me disgusta
6. Me gusta poco
7. Me gusta moderadamente
8. Me gusta mucho
9. Me gusta extremadamente

Aroma

1	2	3	4	5	6	7	8	9

Apariencia (color)

1	2	3	4	5	6	7	8	9

Sabor

1	2	3	4	5	6	7	8	9

Textura

1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nivel de aceptabilidad global:

1	2	3	4	5	6	7	8	9

¿Consumiría este producto si estuviera disponible comercialmente?

Sí___

No___

Tal vez ___

11. REFERENCIAS

1. Dhondge RH, Agrawal S, Patil R, Kadu A, Kothari M. A Comprehensive Review of Metabolic Syndrome and Its Role in Cardiovascular Disease and Type 2 Diabetes Mellitus: Mechanisms, Risk Factors, and Management. Cureus. 2024 Aug 21;16(8):e67428. doi: 10.7759/cureus.67428. PMID: 39310549; PMCID: PMC11416200.
2. INEGI. ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA MUNDIAL DE LA DIABETES (14 DE NOVIEMBRE) [Internet]. Org.mx. [citado el 29 de agosto de 2024]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_Diabetes2021.pdf
3. Basto-Abreu A, López-Olmedo N, Rojas-Martínez R, Aguilar-Salinas CA, Moreno-Banda GL, Carnalla M, Rivera JA, Romero-Martínez M, Barquera S, Barrientos-Gutiérrez T. Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022. Salud Publica Mex. 2023;65(supl 1):S163-S168. [Internet]. Insp.mx. [citado el 5 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://www.insp.mx/avisos/prevalencia-de-prediabetes-y-diabetes-en-mexico-ensanut-2022
4. Diabetes [Internet]. Who.int. [citado el 5 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes
5. Diabetes [Internet]. Paho.org. [citado el 5 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://www.paho.org/es/temas/diabetes
6. Pérez B, Francisco. Epidemiología y fisiopatología de la diabetes mellitus tipo 2. Revista Médica Clínica Las Condes [Internet]. 2009 [citado el 22 de mayo de 2025];20(5):565–71. Disponible en: https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-epidemiologia-fisiopatologia-diabetes-mellitus-tipo-X0716864009322743

7. Uyaguari-Matute Gabriela Margoth, Mesa-Cano Isabel Cristina, Ramírez-Coronel Andrés Alexis, Martínez-Suárez Pedro Carlos. Factores de riesgo para desarrollar diabetes mellitus II. Vive Rev. Salud [Internet]. 2021 Abr [citado 2024 Sep 05] ; 4(10): 96-106. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-32432021000100096&lng=es. Epub 30-Abr-2021.

https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i10.79

8. Secretaría de Salud. 095. Obesidad, principal problema de salud en México [Internet]. gob.mx. [citado el 29 de agosto de 2024]. Disponible en: https://www.gob.mx/salud/prensa/095-obesidad-principal-problema-de-salud-en-mexico?idiom=e

9. Sánchez-Castillo CP, Pichardo-Ontiveros E, López-RP. Epidemiología de la obesidad. Gac Med Mex. [Internet] 2004. [Citado 2024 Sep 05] ; 2004;140(Suppl:2):3-20.Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2004/gms042b.pdf

10. Hernández-Corona Diana Mercedes, Ángel-González Mario, Vázquez-Colunga Julio César, Berenice Lima-Colunga Andrea, Vázquez-Juárez Claudia Liliana, Colunga-Rodríguez Cecilia. HÁBITOS DE ALIMENTACIÓN ASOCIADOS A SOBREPESO Y OBESIDAD EN ADULTOS MEXICANOS: UNA REVISIÓN INTEGRATIVA. Cienc. enferm. [Internet]. 2021 [citado 2024 Ago 29]; 27: 7. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95532021000100302&lng=es. Epub 12-Jun-2021.

http://dx.doi.org/10.29393/ce27-7hadh60007

11. Valdés Miramontes Elia Herminia, Enciso Ramírez Mayra Alejandra, Fonseca Bustos Verónica, Pineda Lozano Jessica Elizabeth. Obesidad,

ingesta energética y comportamiento alimentario: Una revisión de los principales factores involucrados. Rev. Mex. de trastor. aliment [revista en la Internet]. 2020 Jun [citado 2024 Ago 30] ; 10(3): 308-320.Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-15232020000100308&lng=es. Epub 09-Mayo-2022.
https://doi.org/10.22201/fesi.20071523e.2019.2.563

12. González-Castell, D., González-Cossío, T., Barquera, S., & Rivera, J. A. (2007). Alimentos industrializados en la dieta de los preescolares mexicanos. Salud pública de México, 49, 345-356. [Internet] 2007 [Citado 30 de agosto del 2024] Disponible en: https://www.scielosp.org/pdf/spm/2007.v49n5/345-356/es

13. Federación Mexicana de Diabetes, A.C. ¿Qué es la alimentación correcta? [Internet]. Ciudad de México: Federación Mexicana de Diabetes, A.C.; 2021 feb 19 [citado 2026 sep 20]. Disponible en: https://fmdiabetes.org/la-alimentacion-correcta/ citeturn0view0

14. Murray RK, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Weil PA. Harper's Illustrated Biochemistry. 31st ed. New York: McGraw-Hill Education; 2018

15. Drozdowski LA, Thomson ABR. Intestinal sugar transporters: a review. World J Gastroenterol. 2006;12(11):1657–1670. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4124338/

16. Ferraris RP. Dietary and developmental regulation of intestinal sugar transport. Biochem J. 2001;360(Pt 2):265–276. DisponibleRY en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11716754/

17. Wright EM, Loo DDF, Hirayama BA. Biology of human sodium glucose

transporters. Physiol Rev. 2011;91(2):733–794. Disponible en: https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/physrev.00055.2009?rfr_dat=cr_pu b++0pubmed&url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org

18. Holst JJ. The physiology of glucagon-like peptide 1. Physiol Rev. 2007;87(4):1409 1439. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17928588/

19. University of Sydney. The official website of the glycemic index [Internet]. Sydney: Sydney University Glycemic Index Research Service (SUGiRS); c2024 [cited 2025 Jun 3]. Available from: https://glycemicindex.com/

20. Bhupathiraju SN, Tobias DK, Malik VS, Pan A, Hruby A, Manson JE, et al. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis. *Am J Clin Nutr*. 2014;100(1):218–32. PMID: 24787496. PMCID: PMC4144100.

21. Ojo O, Ojo OO, Adebowale F, Wang XH. The effect of dietary glycemic index on glycemia in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*. 2018;10(3):373. doi:10.3390/nu10030373.

22. Jenkins DJA, Dehghan M, Mente A, Bangdiwala SI, Rangarajan S, Srichaikul K, et al; for the PURE Study Investigators. Glycemic index, glycemic load, and cardiovascular disease and mortality. *N Engl J Med*. 2021;384(14):1312–22. doi:10.1056/NEJMoa2007123.

23. Ayala, J. E., Samuel, V. T., Morton, G. J., Obici, S., Croniger, C. M., Shulman, G. I., Wasserman, D. H., & McGuinness, O. P. (2010). Standard operating procedures for describing and performing metabolic tests of glucose homeostasis in mice. *Disease Models & Mechanisms, 3*(9–10), 525–534.

https://doi.org/10.1242/dmm.006239

24. Turner ND, Lupton JR. Dietary fiber. Adv Nutr. 2021;12(6):2553-5. doi:10.1093/advances/nmab116.
25. Fatima I, Gamage I, De Almeida RJR, Cabandugama P, Kamath G. Current understanding of dietary fiber and its role in chronic diseases. Mo Med. 2023;120(5):381-388.
26. Grundy MM, Edwards CH, Mackie AR, Gidley MJ, Butterworth PJ, Ellis PR. Re-evaluation of the mechanisms of dietary fibre and implications for macronutrient bioaccessibility, digestion and postprandial metabolism. Br J Nutr. 2016;116(5):816-833.
27. Giuntini EB, Sardá FAH, de Menezes EW. The effects of soluble dietary fibers on glycemic response: an overview and futures perspectives. Foods. 2022;11(23):3934. doi:10.3390/foods11233934.
28. Zhao L, Zhang F, Ding X, Wu G, Lam YY, Wang X, Fu H, Xue X, Lu C, Ma J et al. Las bacterias intestinales promovidas selectivamente por las fibras dietéticas alivian la diabetes tipo 2. Science. 2018;359(6380):1151–6
29. Luhovyy BL, Kathirvel P. Food proteins in the regulation of blood glucose control. Adv Food Nutr Res. 2022;102:181-231. doi:10.1016/bs.afnr.2022.05.001.
30. Mulet-Cabero AI, Torres-Gonzalez M, Geurts J, Rosales A, Farhang B, Marmonier C, et al. The dairy matrix: its importance, definition, and current application in the context of nutrition and health. Nutrients. 2024;16(17):2908. doi:10.3390/nu16172908.
31. Marathe CS, Rayner CK, Jones KL, Horowitz M. Relationships between gastric emptying, postprandial glycemia, and incretin hormones. *Diabetes Care.* 2013;36(5):1396-1405. doi:10.2337/dc12-1609.
32. Imamura F, Micha R, Wu JHY, de Oliveira Otto MC, Otite FO, Abioye AI, et al. Effects of saturated fat, polyunsaturated fat, monounsaturated fat, and carbohydrate on glucose-insulin homeostasis: a systematic review and meta-

analysis of randomised controlled feeding trials. *PLoS Med.* 2016;13(7):e1002087. doi:10.1371/journal.pmed.1002087.

33. Liddle RA, Rushak RJ, Morita ET, Beccaria L, Carter JD, Goldfine ID. Physiological role for cholecystokinin in reducing postprandial hyperglycemia in humans. *J Clin Invest.* 1988;81(6):1675-1681. doi:10.1172/JCI113505.
34. Lytrivi M, Gomes Da Silveira Cauduro C, Kibanda J, Kristanto P, Paesmans M, Cnop M. Impact of saturated compared with unsaturated dietary fat on insulin sensitivity, pancreatic β-cell function and glucose tolerance: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *Am J Clin Nutr.* 2023;118(4):739-753. doi:10.1016/j.ajcnut.2023.07.018.
35. Secretaría de Educación Pública. Estrategia contra el sobrepeso y la obesidad: Programa de acción en el contexto escolar [Internet]. Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública; 2025 [citado 3 jun 2025]. Disponible en: https://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/635/1/images/programa d eaccion_sept.pdf
36. Tur JA, Bibiloni MM. Functional Foods. In: Caballero B, Finglas P, Toldrá F, editors. Encyclopedia of Food and Health. Oxford: Academic Press; 2016. p. 490–5. doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00340-8.
37. Durán C Rodrigo, Valenzuela B Alfonso. LA EXPERIENCIA JAPONESA CON LOS ALIMENTOS FOSHU: ¿LOS VERDADEROS ALIMENTOS FUNCIONALES?. Rev. chil. nutr. [Internet]. 2010 Jun [citado 2025 Mayo 27];37(2):224-233. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071775182010000200 00 12&lng=es. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182010000200012.
38. Campos-Pastelín JM, González-Montiel L, Ortíz-García AI, Miguel-Cruz AI. Caracterización fisicoquímica de un dulce tipo mazapán enriquecido con harina de chapulín (Orthoptera: Acrididae). *Invest Desarro Cienc Tecnol Alim.*

2022;7:191–6.

39. Ortega Miramontes M, Perez Blancarte K, Ramírez Porras E. Mazapán adicionado con harina de garbanzo como alimento funcional. *Rev Invest ITESG.* 2016;1(1):787–91.

40. Pérez AB, Palacios B, Castro AL, Flores I. Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. 4ª edición. México. Fomento de Nutrición y Salud AC. 2014.

41. BRAVO, Ariadna, NAVARRO, Enrique, RINCÓN, Celina y SORIANO, Miriam. Características físico-químicas y perfil de ácidos grasos de dos cultivares de cacahuate de la Mixteca Poblana. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2018, 5-15: 9-18. Ecorfan.org. [citado el 12 de septiembre de 2024]. Disponible en: https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol5num15/Revista_de_Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias_V5_N15.pdf#page=

42. Pelkman CL (2004) Efectos de las dietas de pérdida de peso moderadas en grasas (de grasas monoinsaturadas) y bajas en grasas en el perfil lipídico sérico en hombres y mujeres con sobrepeso y obesidad.

43. Arya SS, Salve AR, Chauhan S. Peanuts as functional food: a review. J Food Sci Technol. 2016 Jan;53(1):31-41. doi: 10.1007/s13197-015-2007-9. Epub 2015 Sep 19. PMID: 26787930; PMCID: PMC4711439.

44. Syahrulawal L, Torske MO, Sapkota R, Næss G, Khanal P. Mejora de los valores nutricionales de las larvas del gusano de la harina amarillo *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) como ingrediente en alimentos para animales: una revisión. *Journal of Animal Science and Biotechnology [Internet]. 2023 [citado 2025 May 27];14(1):146. Disponible en: https://doi.org/10.1186/s40104-023-00945-x*

45. Grau T, Vilcinskas A, Joop G. Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. Z Naturforsch C [Internet]. 2017;72(9–10):337–49. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1515/znc-2017-0033

46. Siemianowska, Ewa & Kosewska, Agnieszka & Aljewicz, Marek & Skibniewska, Krystyna & Polak-Juszczak, Lucyna & Jarocki, Adrian & Jędras, Marta. (2013). Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. Agricultural Sciences. 4. 287-291. 10.4236/as.2013.46041

47. Errico S, Spagnoletta A, Verardi A, Moliterni S, Dimatteo S, Sangiorgio P. *Tenebrio molitor* as a source of interesting natural compounds, their recovery processes, biological effects, and safety aspects. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2022;21(1):148-197. doi:10.1111/1541-4337.12863.

48. Kotsou K, Chatzimitakos T, Athanasiadis V, Bozinou E, Athanassiou CG, Lalas SI. Innovative Applications of *Tenebrio molitor* Larvae in Food Product Development: A Comprehensive Review. Foods. 2023 Nov 22;12(23):4223. doi: 10.3390/foods12234223. PMID: 38231605; PMCID: PMC10705894.

49. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/882 of 1 June 2021 Authorising the Placing on the Market of Dried *Tenebrio molitor* Larva as a Novel Food under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council, and Amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470. Off. J. Eur. Union L194 **2021**, 882, 16–20.

50. Commission Implementing Regulation (EU) 2023/58 of 5 January 2023 Authorising the Placing on the Market of the Frozen, Paste, Dried and Powder Forms of Alphitobius Diaperinus Larvae (Lesser Mealworm) as a Novel Food and Amending Implementing Regulation (EU) 2017/2470. Off. J. Eur. Union L5 **2023**, 58, 10–15.

51. Ball J. Edible insects: future prospects for food and feed security. International

Forestry Review [Internet]. 2014 [citado el 25 de noviembre de 2024];16:112–4. Disponible en: https://www.fao.org/fsnforum/resources/reports-and-briefs/edible-insects-future-prospects-food-and-feed-security

52. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck D, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Kearney J, et al. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA J [Internet]. 2021;19(1). Disponible en: http://dx.doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343
53. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Marco normativo para alimentos [Internet]. gob.mx. [citado el 26 de noviembre de 2024]. Disponible en: https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/marco-normativo-para-alimentos
54. Mihaly Cozmuta A, Uivarasan A, Peter A, Nicula C, Kovacs DE, Mihaly Cozmuta L. Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) powder promotes a high bioaccessible protein fraction and low glycaemic index in biscuits. Nutrients. 2023;15(4):997. doi:10.3390/nu15040997.
55. Zielińska E, Pankiewicz U. Nutritional, physico-chemical and antioxidant properties of shortcake biscuits enriched with *Tenebrio molitor* flour. *Molecules*. 2020;25(23):5629. doi:10.3390/molecules2523562
56. Kim SY, Park JE, Han JS. *Tenebrio molitor* (mealworm) extract improves insulin sensitivity and alleviates hyperglycemia in C57BL/Ksj-db/db mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2019;48(5):489–496. doi:10.3746/jkfn.2019.48.5.489.
57. Teruel-Andreu C, Andreu-Coll L, López-Lluch D, Sendra E, Hernández F, Cano-Lamadrid M. Ficus carica fruits, by-products and based products as potential sources of bioactive compounds: A review. Agronomy (Basel) [Internet]. 2021 [citado el 25 de noviembre de 2024];11(9):1834. Disponible

en: https://www.mdpi.com/2073-4395/11/9/1834

58. Saghazadeh A. Exploring the pharmacological versatility of ficus carica: Modulating classical immunometabolism and beyond. Pharmacol Res. 2023 Dec;198:107010. doi: 10.1016/j.phrs.2023.107010. Epub 2023 Nov 22. PMID: 37995897.

59. Pérez Lizaur AB, Palacios González B, Castro Becerra AL, Flores Galicia IC. *Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes*. 5a ed. Ciudad de México: Fomento de Nutrición y Salud; 2014.

60. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 10th ed. Brussels, Belgium: IDF; 2021. Available from: https://fmdiabetes.org/atlas-idf-10o-edicion-2021/

61. World Health Organization. Global report on diabetes. Geneva: WHO; 2016. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789241565257

62. Secretaría de Salud. Estrategia Nacional para la Prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes. Ciudad de México: Secretaría de Salud; 2015. Disponible en: https://www.gob.mx/salud/documentos/estrategia-nacional-para-la-prevencion-y-el-control-del-sobrepeso-la-obesidad-y-la-diabetes-13755

63. Khairuddin AS, Lasekan O. Effect of roasting on physicochemical properties, antioxidant activity and Maillard reaction products of peanut oil. *LWT - Food Science and Technology*. 2021;150:112613. doi:10.1016/j.lwt.2021.112613.

64. El Hosry L, Elias V, Chamoun V, Halawi M, Cayot P, Nehme A, Bou-Maroun E. Maillard Reaction: Mechanism, Influencing Parameters, Advantages, Disadvantages, and Food Industrial Applications: A Review. *Foods*.

2025;14(11):1881. doi:10.3390/foods14111881. PMID:40509409.

65. Xing W, Ma C, Yu Y, Chen F, Yang C, Zhang N. *Studies on the increasing saltiness and antioxidant effects of peanut protein Maillard reaction products.* Antioxidants (Basel). 2024;13(6):665. doi:10.3390/antiox13060665.

66. Catzeddu P, Hoad CL, Kelly S, Gallagher E. The role and impact on quality of exogenous and endogenous lipids during sponge cake making. *Trends in Food Sci Technol.* 2021;116:429–441. doi:10.1016/j.tifs.2021.07.011
67. Foegeding EA, Davis JP. Food protein functionality: A comprehensive approach. *Food Hydrocolloids*. 2011;25(8):1853–1864. doi:10.1016/j.foodhyd.2011.05.008.
68. Damodaran S. Protein stabilization of emulsions and foams. *J Food Sci*. 2005;70(3):R54–R66. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.tb07150.x.
69. Draszanowska A, Kurp L, Starowicz M, Paszczyk B, Czarnowska-Kujawska M, Olszewska MA. Effect of the addition of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) on the physicochemical, antioxidative, and sensory properties of oatmeal cookies. *Foods*. 2024;13(19):3166. Disponible en: https://www.mdpi.com/2304-8158/13/19/3166
70. Forester S, Jennings-Dobbs E, Burton-Freeman B. Development of a comprehensive food data citation standard: a surprising gap in the nutrition research literature. *Curr Dev Nutr*. 2024;8(1):102048. doi:10.1016/j.cdnut.2023.102048
71. Rumpold BA, Schlüter OK. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*. 2013;57(5):802–23. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23471778/
72. Khan MA, et al. Nutritional composition, health benefits and applications of fig (*Ficus carica*): A review. *Foods*. 2023;12:xxxx.Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10255635/
73. Kris-Etherton PM, Hu FB, Ros E, Sabaté J. The role of tree nuts and peanuts in the prevention of coronary heart disease: multiple potential mechanisms. *J Nutr*. 2008;138(9):1746S–1751S. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316622099436?via%3Dihub
74. Ryan E, Galvin K, O'Connor TP, Maguire AR, O'Brien NM. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts,

hazelnuts and the macadamia nut. *Int J Food Sci Nutr*. 2006;57(3-4):219–228. doi:10.1080/09637480600768077.

75. Kolobe SD, Manyelo TG, Malematja E, Sebola NA, Mabelebele M. Fats and major fatty acids present in edible insects utilised as food and livestock feed. *Heliyon*. 2023;9(9):e20136. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e20136. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10509705/
76. Martínez-Cruz O, García-López PM, Rodríguez-Herrera R, Aguilar CN. Desarrollo y evaluación de un snack a base de cacahuate. *Ingeniería y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2013;7:32–38. Disponible en: http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume7/7/8/32.pdf
77. Sharma K, Sharma N, Sharma S. Comparative analysis of nutritional value and antioxidant activity in sweet and bitter almonds. *Food Chem*. 2024;449:138862. doi:10.1016/j.foodchem.2024.138862
78. Secretaría de Economía, Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados–Información comercial y sanitaria. Diario Oficial de la Federación [Internet]. 2010 [citado 2026 Mar 23]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/
79. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. FoodData Central: Figs, dried [Internet]. 2019 [citado 2026 Mar 23]. Disponible en: https://fdc.nal.usda.gov/food-details/746768/nutrients
80. Veberič R, Colarič M, Štampar F. Phenolic acids and sugars in fruits of different fig (*Ficus carica* L.) varieties. *Food Chem*. 2008;106(1):153–157. doi:10.1016/j.foodchem.2007.05.061.
81. Jenkins DJA, et al. Glycemic index: overview of implications in health and disease. *Am J Clin Nutr*. 2002;76(1):266S–273S.
82. Wolever TMS, Jenkins DJA. The use of the glycemic index in predicting the blood glucose response. *Am J Clin Nutr*. 1986;43(1):167–72. Disponible en: Fuente: The American Journal of Clinical Nutrition https://share.google/AmO0lf5FFCqMdzXOY
83. Westerterp-Plantenga MS, Lemmens SG, Westerterp KR. Dietary protein and body weight regulation. *Br J Nutr*. 2012;108(S2):S105–12.
84. Jenkins DJA, Kendall CWC, Axelsen M, Augustin LSA, Vuksan V. Viscous and nonviscous fibres. *J Am Coll Nutr*. 2000;19(2 Suppl):339S–346S.
85. Gentilcore D, et al. Effects of fat on gastric emptying and glycemic responses. *Am J Clin Nutr*. 2006;84(5):951–957. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16537685/

86. Schwingshackl L, Hoffmann G. Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease. *Ann Nutr Metab*. 2012;60(3):176–86. Disponible en: https://www.mdpi.com/2072-6643/4/12/1989
87. Landa-Gómez N, Barragán-Vázquez S, Salazar-Piña A, Olvera-Mayorga G, Méndez Gómez-Humarán I, Carriquiry A, et al. Intake of trans fats and other fatty acids in Mexican adults: results from the 2012 and 2016 National Health and Nutrition Surveys. *Nutrients*. 2020;12(7):1935.
88. Jordan Influencia del tipo de carbohidrato (azúcares simples, almidón y fibra) en los valores de Índice Glucémico y Carga Glucémica. Perú: Universidad Le Cordon Bleu; 2016. Disponible en: https://repositorio.ulcb.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14546/43/INFORME%20FINAL%202016-%20O.%20JORDAN.pdf
89. Capuano E. The behavior of food matrix during digestion. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017;57(14):2941–56. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.annualreviews.org/deliver/fulltext/food/12/1/annurev-food-032519-051646.pdf?itemId=/content/journals/10.1146/annurev-food-032519-051646&mimeType=application/pdf
90. Collier GR, O'Dea K. The effect of coingestion of fat on the glucose, insulin, and gastric inhibitory polypeptide responses to carbohydrate and protein. *Am J Clin Nutr*. 1983;37(6):941–944. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6342357/
91. Wolever TM, Bolognesi C. Prediction of glucose and insulin responses of normal subjects after consuming mixed meals varying in energy, protein, fat, carbohydrate and glycemic index. *J Nutr*. 1996;126(11):2807–2812. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8914951/
92. Martin AE, Montgomery PA. Acarbose: an alpha-glucosidase inhibitor. *Am J Health Syst Pharm.* 1996;53(19):2277–2290. doi:10.1093/ajhp/53.19.2277. Disponible en: https://academic.oup.com/ajhp/article-abstract/53/19/2277/5093872?redirectedFrom=fulltext&login=false
93. Rivero-Pino F, Guadix A, Guadix EM. Identification of novel dipeptidyl peptidase IV and α-glucosidase inhibitory peptides from *Tenebrio molitor*. *Food Funct.* 2021;12:873–880. doi:10.1039/D0FO02696D. Disponible en: https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/fo/d0fo02696d/unauth

FACULTAD DE NUTRICIÓN

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE

Toda vez que el trabajo de tesis realizado por la **C. Emma Sofía Pérez Gómez**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10082266**, bajo la dirección de la Dra. Margarita de Lorena Ramos García, y codirección del Dr. Juan José Acevedo Fernández, que lleva por título**: DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL, EVALUACIÓN SENSORIAL Y EFECTO SOBRE INDICADORES GLUCÉMICOS DE UN MAZAPÁN ADICIONADO CON HIGO *(Ficus carica L.)* Y *Tenebrio molitor* EN UN MODELO MURINO.**, ha sido revisado a satisfacción. Me permito en mi carácter como integrante de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Dra. Dolores Azucena Salazar Piña
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos al 21 de octubre de 2026.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

DOLORES AZUCENA SALAZAR PIÑA | Fecha:2026-10-23 14:11:18 | FIRMANTE

Fzi7O4TTqLHWqOWlbpxAnb2KCF1L97gGMtvWbBiWs05EKpgWIcvRzX7SebKcwSeqlsbFtk2nSDfGaLE5w6rAf8g+C88kMfwuzrAlYkEvBeFMlBxr1iueeJ/I35SPgTUZVjZ8oRpC2
FQWvQMvlqEnDRgfD19KNmXIRPNbo9cdr57+eDoApPOckfqU+PP+HTFPis5wzTPwLXVbzZugV5pvTCED39OD8dNn8f6HF0YEM2pwcozczvyehkyej1nkrMZxhWHHJ7ZFfNPyL
MoP4vGrzTOiRA7Tv3BarvqD1Chvnp9TkUy8bpjwC+MC33Cu/y/xpXZbGzWwzEcknuC0XeF1gQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

NbLVqFtAU

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/XInj0nzaWJVk9VjYxRBDto8XDck26vS7

FACULTAD DE NUTRICIÓN

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE

Toda vez que el trabajo de tesis realizado por la **C. Emma Sofía Pérez Gómez**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10082266**, bajo la dirección de la Dra. Margarita de Lorena Ramos García, y codirección del Dr. Juan José Acevedo Fernández, que lleva por título**: DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL, EVALUACIÓN SENSORIAL Y EFECTO SOBRE INDICADORES GLUCÉMICOS DE UN MAZAPÁN ADICIONADO CON HIGO *(Ficus carica L.)* Y *Tenebrio molitor* EN UN MODELO MURINO.**, ha sido revisado a satisfacción. Me permito en mi carácter como integrante de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Dra. Brenda Hildeliza Camacho Díaz
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos al 29 de octubre de 2026.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

BRENDA HILDELIZA CAMACHO DÍAZ | Fecha:2026-10-29 11:19:11 | FIRMANTE

DBlXmDsPiwXcOG2MC7CprQpn12CidRA3NUhOTUEPASlymoa6OcHEt+wgxGisJ70HYHxeWFcnwoFgQAn08NlG821X314aJDXOC/XjAhcXUhd8nm7EghxskuWufm+CIZvGJ8Ai2EO5UJP8mj6a0wUsC3fnPTDQM64GERawQiKkMeq4E0UUx5lKdpJ6lcptXrgGL+E3K4+zbIOr3dvjLE7fQA0seuJ/Ks8fEz7o0Jr12TfyzireBDRARC5n/Au0JVkvIGuUvZBsCPIhtY6JKKkAztUw4mdkuMwal+pfd+CAgPKf40oGRsg+ZKyv0PEq45J9My9jwakWOihDLfsFm69BIg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

82VIfmu9H

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/lucUM5ejmyVb3CHVk3RMtoorYMKqm8L2

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE

Toda vez que el trabajo de tesis realizado por la **C. Emma Sofía Pérez Gómez**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10082266**, bajo la dirección de la Dra. Margarita de Lorena Ramos García, y codirección del Dr. Juan José Acevedo Fernández, que lleva por título**: DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL, EVALUACIÓN SENSORIAL Y EFECTO SOBRE INDICADORES GLUCÉMICOS DE UN MAZAPÁN ADICIONADO CON HIGO *(Ficus carica L.)* Y *Tenebrio molitor* EN UN MODELO MURINO.**, ha sido revisado a satisfacción. Me permito en mi carácter como integrante de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Dr. Juan José Acevedo Fernández
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos al 25 de octubre de 2026.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

JUAN JOSE ACEVEDO FERNANDEZ | Fecha:2026-10-25 19:40:09 | FIRMANTE

kPG0VsBXnXyiZ/1UfzJcLwNxTn43Gg2D1iEueBOdkjUfGaVyY9LX1rJYRdRbTZpe2AUeEosMpncRxQKJES/AY7wCrLfEGV7fo0s4FsxTesrYNXPUgtnbVSjDZJkKq9ATi+bOVDlzQ
ThkcE1+1d0caXpxoQ6d0FkRPRpzIBmIyMlQkg4YjKnZR/WX3uZpwmILf/3mnfwadhImIrDBMlNf0zNCIJ0nZ5qvfuLe4X5hSJICjnW19S49I4E5/9XhYienZv5qYnP56Wo+pgc18TwxG
4YGyx1yRMryYbgzy0FHy6wdj4q5vZIzcj/87qwNfPvLk35oJeZOGObG2cVc+1kX/g==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

g5Tncp06w

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/zAaOsfQwjTEkHx0aJ9fpCmK7ODhXgsqa

FACULTAD DE NUTRICIÓN

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE

Toda vez que el trabajo de tesis realizado por la **C. Emma Sofía Pérez Gómez**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10082266**, bajo la dirección de la Dra. Margarita de Lorena Ramos García, y codirección del Dr. Juan José Acevedo Fernández, que lleva por título**: DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL, EVALUACIÓN SENSORIAL Y EFECTO SOBRE INDICADORES GLUCÉMICOS DE UN MAZAPÁN ADICIONADO CON HIGO *(Ficus carica L.)* Y *Tenebrio molitor* EN UN MODELO MURINO.**, ha sido revisado a satisfacción. Me permito en mi carácter como integrante de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Dra. Berenice Andrade Carrera
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos al 28 de octubre de 2026.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

BERENICE ANDRADE CARRERA | Fecha:2026-10-28 13:43:11 | FIRMANTE

a6NtzE5taaEIm6rg7b1OBEPbtkWjUZaFjBAl8zwLzbTWc9Q523weATOos5eJubXz7GQAcjIehDqA8BQjJhU9Bclkj+SjMGMixZdPYI8uz/4cMnp+t3PS9MySgGbYwIi/1FnuczQ/nXU
Pm4hlvxbYj7Di0dnzNFrPv1+6/4JeAwByxcjxE6TBWVFErmtrhhEmyu982MQsK7gqHRelIkQXjnc1CzIoqpHKuIfy3/Cv8dybEAwm5FlaOLQTzwCQ1r+RqmS54bdYu4cVzxM8907YT
HX4BydB8aBktnNdrlxtFiaVE70H+0ZXpq/MpqcWjoa07GffOszxDogSaCyQFDCRPA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

UB56j4dbR

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/bsdxVQgOW529stVVsBDq1rghU3d4pMnQ

FACULTAD DE NUTRICIÓN

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN

COMISIÓN ACADÉMICA INTERNA DE
LA MAESTRÍA EN CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN
PRESENTE

Toda vez que el trabajo de tesis realizado por la **C. Emma Sofía Pérez Gómez**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10082266**, bajo la dirección de la Dra. Margarita de Lorena Ramos García, y codirección del Dr. Juan José Acevedo Fernández, que lleva por título**: DESARROLLO, CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL, EVALUACIÓN SENSORIAL Y EFECTO SOBRE INDICADORES GLUCÉMICOS DE UN MAZAPÁN ADICIONADO CON HIGO *(Ficus carica L.)* Y *Tenebrio molitor* EN UN MODELO MURINO.**, ha sido revisado a satisfacción. Me permito en mi carácter como integrante de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Mtra. Alicia Fonseca González
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos al 20 de octubre de 2026.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

ALICIA FONSECA GONZALEZ | Fecha:2026-10-20 14:23:33 | FIRMANTE

HtxX0lTcyHQDaSx8lWErYbtRFU69OlUut2PHPQkE3FSO2jHzpZHxR7Y3CHIEJkxwM3iHhA70+UWCehO9CYvrCJqZ/1RiNSTBciedR6auZsVuvOwWUq+e8SxaT5by3BUKJw+frcW+6lskbi0Lad5RnZc4/AHF9XQDYDkVCxXtlSgmhRj5Tosnr+53unTHECyLzTcwOa3lAGyyMW97e1JAYAPxoHBLbBTYDTjlY8njU78S9hVhT9taKF/7tOJhHq5stqS2dwG0izwXC+zH2nYkhXoq/GloKUT9JTx0+HA529+gmhwK8uisCGlxFoQUb6/MKhc1AMyuUjDJ2hLLavcnbw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

QgxYHta5N

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/1mxtRqhJl1vaplAW2CleGMvq2s82yw0C