

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE SALUD PÚBLICA Y NUTRICIÓN



DESARROLLO DE UNA BEBIDA ESTANDARIZADA A BASE DE *Avena sativa*, *Cinnamomun zeylanicum* Y *Vanilla planifolia*

Por

MARÍA GUADALUPE RODRÍGUEZ ACOSTA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN NUTRICIÓN**

MAYO DE 2018

Tesis de Posgrado

DESARROLLO DE UNA BEBIDA ESTANDARIZADA A BASE DE *Avena sativa*, *Cinnamomun zeylanicum* Y *Vanilla planifolia*

Por

MARÍA GUADALUPE RODRÍGUEZ ACOSTA

Como requisito parcial para la obtención del Grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NUTRICIÓN

Directora de tesis: Dra. en C. Aurora de Jesús Garza Juárez

Co-Director: Dr. en C. Jesús Alberto Vázquez Rodríguez

Monterrey, Nuevo León. 14 de mayo de 2018

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE TESIS

El comité de Evaluación de Tesis APROBÓ la tesis titulada “**DESARROLLO DE UNA BEBIDA ESTANDARIZADA A BASE DE *Avena sativa*, *Cinnamomun zeylanicum* Y *Vanilla planifolia***”, presentada por la I.C.T.A. María Guadalupe Rodríguez Acosta con la finalidad de obtener el grado de Maestría en Ciencias en Nutrición.

Monterrey, Nuevo León a 14 de mayo de 2018

Dra. en C. Aurora de Jesús
Garza Juárez

Dr. en C. Jesús Alberto
Vázquez Rodríguez

Vocal

Dr. en C. Zacarías Jiménez Salas

“DESARROLLO DE UNA BEBIDA ESTANDARIZADA A BASE DE *Avena sativa*, *Cinnamomun zeylanicum* Y *Vanilla planifolia*”

Aprobación de la tesis:

Dra. en C. Aurora de Jesús Garza Juárez
Presidente

Dr. en C. Jesús Alberto Vázquez Rodríguez
Secretario

Vocal

Dr. en C. Zacarías Jiménez Salas

Dr. en C. Blanca Edelia González Martínez
Subdirector de Investigación, Innovación y Posgrado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, por la familia que me dio, por ponerme con las personas adecuadas en los momentos adecuados. Por todos los aprendizajes en mi vida.

Gracias mamá y papá por todo, los amo mucho, gracias por darme la libertad de elegir y acompañarme en mis decisiones. Gracias Natalia y Juan Carlos por ser parte de mi alegría, un claro ejemplo del amor incondicional. Renée: gracias por la lección de vida que me diste.

Gracias a la Dra. Aurora por permitirme trabajar con ella, gracias al Dr. Jesús por su guía y consejos. Gracias al Dr. Zacarías por aceptar participar en esta investigación. Gracias a todos mis maestros, gracias por su paciencia, empatía y todos los aprendizajes que me transmitieron.

Gracias a mis amigos de MCN: Abad, Celeste, Clara, Esther, Laura, Marvin y Natalia; gracias por su apoyo y cooperación durante mis estudios. Gracias a MER, Luis Villa y Lupita Sosa por su apoyo y compañía para fortalecer mi valor personal, gracias a las mujeres MER que me han acompañado y enseñado tanto.

Gracias a todos los que participaron tanto investigadores como voluntarios: Daniela Vidal, Daniel, Leslie, Paola, Damaris, Manuel, Emanuel, Perla, Ilse, Olivia, Yolanda y Bere... A la M.C. Yajaira López y al Laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la UAAAN por su apoyo en esta investigación. Al maestro Pedro del Lab. de Control Sanitario, al personal del CIDICS y de FaSPyN.

Gracias a los directivos por sus aportaciones y todas las facilidades dadas para el cumplimiento de los objetivos en esta investigación.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios y a mí fe, a mis padres: María de Jesús Acosta Sosa y Jesús Rodríguez Ontiveros, a mis hermanos Juan Carlos y Natalia Monserrat y a mi sobrina hermosa Renée Monserrat. ¡Los amo, nuevamente gracias por ser y estar en mi vida!

A mis ángeles en el cielo a quienes espero honrar durante mi vida, a mis abuelos, bisabuelos y tíos QEPD.

A mis padrinos Francisco y Carmen, a mis ahijados, sobrinos, primos y tíos.

A mi tía Panchita y tío Blas.

A mi familia Acosta y Rodríguez, por su inmenso amor y apoyo otra vez gracias.

A mis colegas y amigos de FaSPyN y CIDICS. A mis compañeros y amigos de la maestría.

A mis asesores presentes durante la investigación, nuevamente gracias por su guía. A los profesores del programa de maestría.

A la familia Anaya Puente.

A mis amigas y amigos de corazón, a quienes han estado presentes de manera incondicional en mi vida.

Este trabajo también me lo dedico a mí misma. Hoy también, reconozco mi fortaleza, valentía y perseverancia para culminar esta investigación.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	xii
RESUMEN.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Alimentos funcionales.....	3
2.2. <i>Avena sativa</i>	5
2.3. β - glucanos de avena, sus beneficios y aplicaciones en bebidas	8
2.4. <i>Vanilla planifolia</i>	11
2.5. <i>Cinnamomun zeylanicum</i>	13
2.6. Evaluación sensorial de los alimentos	14
2.7. Caracterización proximal de un alimento.....	16
2.8. Determinación del índice glucémico y carga glucémica de un alimento 17	
2.9. Calidad microbiológica de los alimentos	18
3. JUSTIFICACIÓN	20
4. HIPÓTESIS	21
5. OBJETIVOS	21
5.1. Objetivo general.....	21
5.2. Objetivos específicos	21
6. MATERIALES Y MÉTODOS	22
6.1. Equipo, material y reactivos.....	25
6.1.1. Equipo	25
6.1.2. Material.....	26
6.1.3. Reactivos.....	27
6.1.4. Material vegetal	27
6.2. Formulación de la bebida.....	28
6.3. Pruebas de evaluación sensorial	28
6.4. Densidad de la bebida formulada	31

6.5.	Determinación de composición proximal de la bebida formulada	31
6.6.	Determinación de compuestos fenólicos totales y flavonoides extraíbles 32	
6.6.1.	Obtención de extractos.....	32
6.6.2.	Reacción para compuestos fenólicos totales extraíbles	33
6.6.3.	Preparación de curva de calibración para compuestos fenólicos extraíbles	33
6.6.4.	Reacción para flavonoides extraíbles.....	34
6.6.5.	Curva de calibración para flavonoides totales extraíbles.....	34
6.7.	Determinación de β -glucanos	35
6.7.1.	Preparación de reactivos.....	35
6.7.2.	Obtención de extractos para la determinación de β -glucanos.....	37
6.7.3.	Reacción para la determinación de β -glucanos.....	37
6.8.	Determinación del índice glucémico y carga glucémica de la BFE.....	38
6.8.1.	Determinación de glucosa en sangre	39
6.8.2.	Cálculo del área bajo la curva	40
6.8.3.	Cálculo del IG y CG.....	41
6.9.	Análisis microbiológico de la bebida formulada	41
7.	RESULTADOS	43
7.1.	Formulación de una bebida a base de avena, infusión de canela extracto natural de vainilla.....	43
7.2.	Determinación de la aceptación sensorial de la bebida formulada	45
7.3.	Determinación de la densidad de la bebida formulada	48
7.4.	Análisis proximal de la bebida formulada.....	49
7.5.	Cuantificación de compuestos fenólicos totales y de flavonoides.....	50
7.6.	Determinación de β -glucanos en la bebida formulada.....	51
7.7.	Determinación del índice glucémico y carga glucémica	52
7.8.	Análisis microbiológico de la bebida formulada	55
8.	DISCUSIONES.....	57
8.1.	Formulación de la bebida de avena.....	57
8.2.	Evaluación sensorial de la bebida formulada.....	58
8.3.	Determinación de la densidad de la bebida formulada	59
8.4.	Análisis proximal de la bebida formulada.....	59

8.5. Cuantificación del contenido de β -glucanos, de polifenoles extraíbles y de flavonoides en la bebida formulada	60
8.6. Determinación del IG y CG de la bebida formulada.....	62
8.7. Determinación de la calidad microbiológica de la BFE	63
9. CONCLUSIONES.....	66
REFERENCIAS	67
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	71
Anexo 1. Análisis estadístico: ANOVA de un factor para pruebas de evaluación sensorial.	73
Anexo 2. Consentimiento informado.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

No. Tabla		Página
1	Contenido nutricional de la avena por cada 100 gramos	7
2	VARIABLES de estudio consideradas	23
3	Codificación de muestras de la primera serie de evaluaciones	29
4	Preparación de concentraciones para curva de ácido gálico	34
5	Preparación de concentraciones para curva de quercetina	35
6	Puntajes máximos y mínimos en la escala hedónica de las BAE	46
7	Resultados del análisis nutrimental en base seca en la BAE	49
8	Resultados del análisis nutrimental en base húmeda en la BAE	49
9	Aporte energético por 100 g de BAE y por porción	50
10	Resultados del contenido de compuestos fenólicos extraíbles	50
11	Resultados del contenido de flavonoides extraíbles	51
12	Resultados del contenido de β -glucanos en la bebida	51
13	Promedios de los resultados bioquímicos de los voluntarios	52
14	Resultados de glucosa en sangre para el alimento estándar	52
15	Resultados de glucosa en sangre para la bebida formulada	53
16	Área Bajo la Curva del alimento estándar	54
17	Área Bajo la Curva de la bebida formulada	54
18	Resultados de mesófilos aerobios en la bebida formulada	55
19	Resultados de coliformes totales en la bebida formulada	55
20	Resultados de hongos y levaduras en la bebida formulada	56

ÍNDICE DE FIGURAS

No. Figura		Página
1	Información taxonómica de la <i>Avena sativa</i>	6
2	Cultivo de <i>Avena sativa</i>	6
3	Estructura de β -glucanos en cereal con anillos combinados β - (1 \rightarrow 3) y β - (1 \rightarrow 4)	8
4	Información taxonómica de la <i>Vanilla planifolia</i>	11
5	Flor, hoja y vaina de la <i>Vanilla planifolia</i>	11
6	Información taxonómica de la canela (<i>Cinnamomun zeylanicum</i>)	13
7	Diagrama de flujo de la metodología aplicada	24
8	Formato de prueba de evaluación sensorial	30
9	Diseño factorial para la formulación de la bebida	43
10	Proceso general empleado para las formulaciones propuestas	44
11	Gráfica de comparación de puntajes medios del ANOVA	45
12	Proceso establecido para la elaboración de la bebida	48

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

α	Alfa
ABC	Área Bajo la Curva
AlCl ₃	Cloruro de aluminio
ANOVA	Análisis de Varianza
Aw	Actividad acuosa
β	Beta
BASE	Bebida de Avena Sin Enriquecer
BFE	Bebida Formulada Enriquecida
Cal	Calorías
°C	Grados Celcius
CG	Carga Glucémica
CIDICS	Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Salud
cP	Centipoise
CT	Coliformes Totales
DER	Desviación Estándar Relativa
dL	Decilitro
ECNT	Enfermedades Crónicas No Transmisibles
ELN	Extracto Libre de Nitrógeno
ENT	Extracto Natural de Vainilla
EtOH	Etanol
EUFIC	Consejo Europeo de Información sobre la Alimentación, por sus siglas en inglés
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, por sus siglas en inglés
F-C	Folin-Ciocalteu, reactivo
FDA	Administración de Fármacos y Alimentos, por sus siglas en inglés
g	Gramos
g/bebida	Gramos por bebida
g/100 g	Gramos por cada 100 gramos

HU	Hospital Universitario
HyL	Hongos y Levaduras
IG	Índice Glucémico
Kg	Kilogramos
IMC	Índice de Masa Corporal
MA	Mesófilos aerobios
mg	Miligramo
mg/mL	Miligramo por mililitro
mL	Mililitro
mM	Milimolar
NaOH	Hidróxido de sodio
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sodio
nm	Nanómetros
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
rpm	Revoluciones por minuto
UAAAN	Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
UV/vis	Ultravioleta/visible
µg	Microgramo
µL	Microlitro
µg EAG	Microgramos equivalentes de ácido gálico
µg EQ	Microgramos equivalentes de quercetina
1:10	Dilución 1 a 10
1:100	Dilución 1 a 100
1:1,000	Dilución 1 a 1,000

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La avena es un cereal reconocido por sus propiedades funcionales que, en combinación con especies vegetales como la canela y la vainilla, permiten plantear la formulación de un alimento con potencial funcional para el tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT).

OBJETIVO: Desarrollar una bebida estandarizada a base de *Avena sativa* sin tratamiento térmico, con *Cinnamomun zeylanicum* y *Vanilla planifolia*.

MATERIALES Y MÉTODOS: Se realizó un diseño factorial partiendo de 55 g de avena molida, agua y diferentes cantidades de canela y vainilla, bajo un proceso de refrigeración a 4°C por 8 horas. Las bebidas formuladas enriquecidas (BFE) obtenidas se evaluaron con una escala hedónica y una prueba de preferencia (ANOVA y Chi-cuadrada, respectivamente); a la BFE con mejor aceptación se le determinó su composición nutrimental, índice glucémico (IG), carga glucémica (CG), contenido de β -glucanos, compuestos fenólicos totales extraíbles (CFTE) y flavonoides extraíbles (FE). Se evaluó su estabilidad microbiológica para mesófilos, coliformes totales y hongos y levaduras de acuerdo a las NOM-092-SSA1-1994; NOM-113-SSA1-1994; NOM-111-SSA1-1994, respectivamente.

RESULTADOS: No hubo diferencias significativas entre las formulaciones propuestas (p -valor >0.05), sin embargo, la aceptación mejoraba conforme aumentaba la cantidad de canela. Se seleccionó la BFE con 250 mL de infusión de canela (5 g de canela/300mL); 55 g de avena molida, 50 mL de agua potable y 3 mL de vainilla. Su contenido nutricional en base seca (g/100 g) fue de 2.4 g de cenizas; 4.5 g de grasa; 9.1 g de proteína; 0.8 g de fibra y 83.2 g de ELN. Su IG fue de 54 y la CG de 27; para β -glucanos fue de 1.6 g/bebida. El contenido de CFTE fue de 158.9 μ g EAG/mL y para FE fue de 46.6 μ g EQ/mL. Su calidad microbiológica se mantuvo estable dentro de las 24 horas de haberse preparado.

CONCLUSIÓN: Se obtuvo una bebida sin tratamiento térmico a base de avena, enriquecida con infusión de canela y extracto natural de vainilla, con propiedades funcionales.

Dra. en C. Aurora de Jesús Garza Juárez

1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la producción de alimentos procesados, la rápida urbanización y los cambios en los estilos de vida han conducido a cambios en los hábitos alimentarios. Se ha aumentado el consumo de alimentos con alto contenido energético y de grasa, libres de azúcares o sal, y disminuido el consumo de frutas, vegetales y fibra dietética lo que ha contribuido al aumento de la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) (OMS, 2015; OPS, 2013) de las cuales, hasta el 2015, en países de ingresos bajos y medios, representaban casi el 75% de las muertes a nivel mundial (OMS, 2015), mientras que en México, hasta el 2014, el 77% de las muertes se debían a ECNT (OMS, 2015). La terapia inicial a estos padecimientos se centra en la dieta, ejercitación y en evitar el tabaco, pero cuando esto no es suficiente se recurre a tratamientos farmacológicos que conllevan a otros inconvenientes para el paciente, como efectos secundarios por su consumo o altos costos financieros para obtenerlos, tanto para el paciente, familiares y la economía de los países (Barquera et al., 2013a; Cervera & Crepí, 2010; Noshad, Afarideh, Heidari, Mechanick, & Esteghamati, 2015). En los últimos años la población ha buscado alternativas para mejorar sus condiciones de salud y económicas. La fitoterapia es el recurso alternativo que se emplea con mayor frecuencia para el tratamiento de ECNT (Mohamed, 2014; Romero-Cerecero, Reyes-Morales, Aguilar-Santamaria, Huerta-Reyes, & Tortoriello-Garcia, 2009) Los nutrientes y sustancias obtenidas a partir de diversos alimentos derivados de plantas promueven la salud, mantienen la homeostasis metabólica y cumplen con los requerimientos de energía (Pang, Xie, Chen, & Hu, 2012). Los alimentos funcionales son cualquier alimento fresco o procesado que asegura tener un promotor de la salud y/o con propiedades preventivas de enfermedades que van más allá de las funciones básicas de proporcionar nutrientes (Aluko, 2012).

La avena (*Avena sativa*) es una especie vegetal reconocida como un cereal saludable y nutritivo con altas concentraciones de fibra soluble y nutrientes que

la convierten en una excelente fuente de ingredientes funcionales como los β -glucanos, de los cuales se ha demostrado su beneficio potencial en la salud (Wani Sajad et al., 2014). Otra especie vegetal utilizada para tratar ECNT es la canela (*Cinnamomun zeylanicum*) (Balderas-Rentería, 2015); diferentes estudios, *in vitro* e *in vivo*, sugieren que la canela posee efectos benéficos para la salud, como propiedades antimicrobianas, antiparasitarias, antioxidantes y de remoción de radicales libres, disminución de la glucosa, presión sanguínea y del colesterol sérico; actividad antiinflamatoria, entre otros, con mínimos efectos tóxicos y adversos (Ranasinghe et al., 2013). La vainilla (*Vanilla planifolia*) es una especie empleada por sus propiedades saborizantes utilizada en distintos productos lácteos, bebidas, productos de panadería y confitería. De la vainilla se han reportado capacidad antimicrobiana y antioxidante (Aluko, 2012; Charles, 2013; Shyamala, Madhava Naidu, Sulochanamma, & Srinivas, 2007).

López-Méndez y col, 2016, propusieron un proceso de estandarizado de una bebida a base de *Avena sativa* utilizando 55 g de avena en 250 mL de agua con reposo de 8 horas a 4°C, ya que en estas condiciones hubo mayor estabilidad y conservación de nutrientes, mientras que su estabilidad microbiológica fue 48 horas después de su preparación. Su índice glicémico (IG) fue de 38, considerado como un IG bajo, sin embargo, su aceptación sensorial fue baja (López-Méndez et al., 2016). Con lo anterior se propone reformular la bebida de avena sin enriquecer (BASE), agregándole las especies aromáticas vainilla y canela, las cuales son utilizadas por sus propiedades saborizantes y compuestos de interés para la salud humana.

2. ANTECEDENTES

2.1. Alimentos funcionales

Los alimentos funcionales son aquellos que proveen beneficios a la salud además de la nutrición básica per se, contienen componentes con el potencial de mejorar la salud física o mental, así como la reducción de algunas enfermedades; se incluyen productos como frutas, vegetales, granos enteros, etc., que han demostrado tener componentes con el potencial benéfico, por ejemplo, vitaminas, minerales, fibra, ácidos grasos o probióticos. También se consideran alimentos funcionales a aquellos que se diseñan y en los cuales se incorporan los componentes que son benéficos para la salud (EUFIC, 2017).

Existen algunos compuestos que, aunque no son considerados como nutrientes, sí ejercen un efecto positivo en el sistema. A través del tiempo, se han identificado un gran número de metabolitos secundarios presentes en las plantas los cuales ejercen un efecto protector y de reproducción pero que al momento de consumirlos por animales o humanos han ejercido efectos benéficos contra enfermedades. Se han descubierto efectos de metabolitos secundarios como los fitoquímicos, por ejemplo, las flavonas y su acción protectora ante enfermedades cardiovasculares, o de los estrógenos de soja contra el cáncer. A partir de entonces se ha investigado la bioactividad de compuestos en alimentos como el vino tinto, café, pescado, frutas y verduras para determinar sus efectos sobre la bioquímica y metabolismo, con el objetivo de identificar los posibles beneficios en la salud (Pang et al., 2012)

A consecuencia de cambios en el estilo de vida y de la alimentación se ha aumentado prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), las cuales son las causas más importantes de discapacidad y muerte prematura en países en desarrollo y en vías de desarrollo (OMS, 2003). Hasta el 2015, en países de ingresos bajos y medios, representaban casi el 75% de las muertes a

nivel mundial (OMS, 2015). En el caso de México, hasta el 2014 se reportaba que el 77% de las muertes en el país se debían a ECNT (OMS, 2015).

La diabetes, la obesidad y el síndrome metabólico (SM) son ECNT y la terapia inicial a estos padecimientos se centra en la dieta, en la realización de ejercicio y en evitar el tabaco, pero cuando esto no es suficiente se recurre a tratamientos farmacológicos que conllevan a otros inconvenientes para el paciente, que van desde efectos secundarios en su organismo provocados por su ingesta, hasta los costos financieros para obtenerlos, no sólo para el paciente y familiares sino también para la economía de los países; ya que para este tipo de enfermedades el gasto en salud es elevado (Barquera et al., 2013a; Cervera & Crepí, 2010; Noshad et al., 2015). Los aumentos de los costos en cuidados de la salud, el crecimiento de la expectativa de vida y el deseo de mejorar la calidad de vida de las personas para sus años futuros explican el aumento en la demanda de alimentos funcionales (Betoret, Betoret, Vidal, & Fito, 2011; Roberfroid, 2007).

La industria de alimentos permite el desarrollo de nuevos productos a través de alimentos funcionales e ingredientes con respecto a las demandas de los consumidores sobre la salud, sin embargo, las preferencias de consumidores hacia productos naturales, seguros, visualmente atractivos y con propiedades benéficas a la salud, representan un reto para los investigadores en alimentos cuya tarea es desarrollar e identificar las fuentes de alimentos crudos con propiedades de aumentar el nivel de ingredientes que mejoran la salud (Havrlentová et al., 2011) .

Los productos de mayor aceptación en cuanto a ventas y crecimiento son las bebidas funcionales, esto por la conveniencia que representan para el consumidor y la infraestructura comercial consolidada por las empresas refresqueras. Además, el consumo a largo plazo de una bebida es mejor aceptado y adecuado en todos los grupos de edad, criterio necesario para

obtener el beneficio fisiológico de los alimentos funcionales (Corbo, Bevilacqua, Petruzzi, Casanova, & Sinigaglia, 2014).

Las bebidas convencionales contienen una gran cantidad de agua, en ocasiones no aportan muchos nutrientes, sin embargo, ayudan a prevenir la deshidratación; no suelen consumirse por su valor alimenticio, pueden presentar un alto contenido de azúcar, aunque en algunos casos aportan vitaminas y minerales; algunas de ellas contienen saborizantes y colorantes artificiales, lo que conlleva a la implementación de regulaciones legales para evitar efectos secundarios por su consumo (Petter Fellows & Hampton, 1992), en cambio, las bebidas funcionales, además de ser la presentación más conveniente y activa dentro de los alimentos funcionales, también son un excelente medio de suministro de nutrientes y compuestos activos por ejemplo: vitaminas, minerales, antioxidantes, ácidos grasos ω -3, extractos de plantas y fibras, prebióticos y probióticos (Corbo et al., 2014). Por otro lado, los productos de origen vegetal ofrecen una alternativa saludable y fuente de compuestos funcionales para el desarrollo de alimentos funcionales.

2.2. *Avena sativa*

Los cereales, como la avena (*Avena sativa*), son buena fuente de ingredientes funcionales, de los cuales, se han confirmado sus beneficios nutricionales potenciales (Havrlentová et al., 2011); la avena se considera un ingrediente ideal para el desarrollo de alimentos, productos industriales y farmacéuticos; la adaptación de los componentes nutricionales y funcionales del grano de avena aumentan el valor del cultivo en sí (Sterna, Zute, & Brunava, 2016).

La avena es una planta herbácea anual que pertenece a la familia de las gramíneas. Sus raíces son más abundantes y profundas que las de otros cereales, lo que le permite absorber mejor los nutrientes del suelo y por ello requiere menos fertilizantes (SIAP, 2014). En la Figura 1 se presenta la información taxonómica de la avena, en la Figura 2, se observa una imagen del cultivo de avena.

<p><u>Reino:</u> <i>Plantae</i></p> <p><u>Phylum:</u> <i>Magnoliophyta</i></p> <p><u>Clase:</u> <i>Liliopsida</i></p> <p><u>Orden:</u> <i>Cyperales</i></p> <p><u>Familia:</u> <i>Gramineae</i></p> <p><u>Género:</u> <i>Avena</i></p> <p><u>Epíteto específico:</u> <i>sativa</i></p> <p><u>Nombre científico:</u> <i>Avena sativa</i></p>

Figura 1. Información taxonómica de la *Avena sativa*. Fuente: Herbario Instituto de Biología. UNAM. 2010.



Figura 2. Cultivo de *Avena sativa*. Fuente: INIFAP. 2014

Su cultivo está muy extendido en Europa y América del Norte. La producción de avena en México es muy variable, debido a que se le considera como cultivo alternativo, especialmente cuando existe un retraso en el inicio del período de lluvias o las bajas temperaturas que ponen en riesgo la siembra de cultivos como

el maíz y frijol (Financiera Rural, 2014). Las variedades que se recomiendan para sembrar en México son KARMA, CEVAMEX, RARAMURI, PAPIGOCHI Y SAIA, las cuales se caracterizan por su resistencia a enfermedades, producción de grano, forraje verde y/o henificado (Espitia, E. et al, 2002). Los nutrientes y beneficios de la avena en la salud son bien conocidos, sin embargo, a pesar de que su producción mundial es de 25.8 millones de toneladas, sólo una pequeña parte se destina a la aplicación en alimentos de consumo humano (Lehtinen et al., 2009); es usada principalmente para alimentar al ganado, como planta forrajera, en pastoreo, como heno o ensilado (SIAP, 2014).

La avena es una rica fuente de proteínas, contiene una serie de importantes minerales, lípidos, β -glucanos y también contiene otros fitoconstituyentes como avenantramidas, flavonoides, flavonolignanos, saponinas triterpenoides, esteroides, y tocoles. La avena ha estado en uso tradicional y se considera como estimulante, antiespasmódico, antitumoral, diurético, y neurotónico (Singh, De, & Belkheir, 2013). El contenido nutricional de avena por cada 100 gramos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido nutricional de la avena por cada 100 gramos.

Nutrientes	Cantidad
Energía	378 Kcal
Proteína	16.89 g
Grasa Total	6.90 g
Glúcidos	66.27
Fibra	10.60 g
Calcio	54 mg
Hierro	4.72 mg
Yodo	6 μ g
Vitamina E	0.70 mg
Folato	60 μ g

Fuente: FUNIBER, 2012.

Productos como panes, bebidas fermentadas y barras hechos a base de avena y la avena en sí, han probado ser de ayuda para el tratamiento de la diabetes y de desórdenes cardiovasculares, principalmente por su alto contenido de fibra dietética (Butt, Tahir-Nadeem, Khan, Shabir, & Butt, 2008).

Los efectos físico-químicos de la fibra dietética soluble presentes en la avena son más completos y eficaces cuando aparece en sus estructuras nativas, que no están dañadas por el procesamiento (Delaney et al., 2003).

2.3. β - glucanos de avena, sus beneficios y aplicaciones en bebidas

El consumo de fibra dietética como parte de una dieta equilibrada para la salud del ser humano está ampliamente reconocido. Los β -glucanos son un tipo de fibra soluble para los cuales se han propuesto efectos sobre la glicemia, los niveles de insulinemia, el colesterol y la inmunidad; debido a sus efectos potenciales sobre la salud, aunque estos beneficios dependen de su fuente de origen. A los β -glucanos que provienen de cereales (Fig. 3) se les atribuye propiedades benéficas del tipo metabólico y cada vez han sido más utilizados en la industria de alimentos para el desarrollo de alimentos funcionales (Pizarro, Ronco, & Gotteland, 2014).

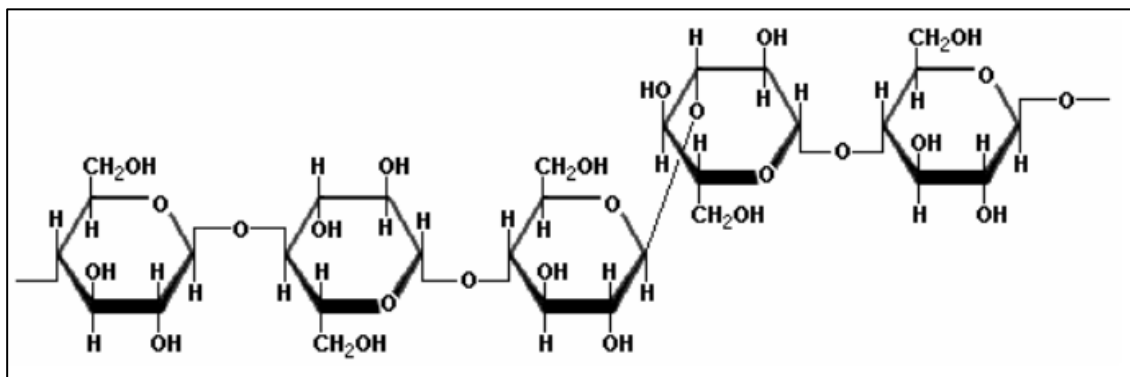


Figura 3. Estructura de β -glucanos en cereal con anillos combinados β - (1 \rightarrow 3) y β - (1 \rightarrow 4). Fuente: Havrlentová et al., 2011

Se ha reportado que el beneficio de este tipo de fibra está relacionado con su viscosidad produciendo atenuación de la glucosa en plasma postprandial y respuesta a la insulina, así como la transportación y facilitación en la excreción de ácidos biliares que tienen como consecuencia la disminución de niveles séricos de colesterol (Butt et al., 2008).

Un estudio realizado en hámsteres en 2002, arrojó que las concentraciones de β -glucanos de cebada y avena modifican las concentraciones de colesterol en plasma y otros indicadores asociados con la progresión aterogénica con similar potencia y a través de mecanismos de acción similares sin diferencias significativas observadas entre las preparaciones de cebada y avena. Además, observaron que las diferencias estructurales de los β -glucanos en los granos puede no ser importante con referencia a los efectos fisiológicos que ocurren después de su consumo (Delaney et al., 2003).

La Administración de Fármacos y Alimentos, FDA (por sus siglas en inglés), sugiere que es necesaria una dosis de 3 g al día de β -glucanos de fibra soluble ya sea de avena entera o cebada, o una combinación de avena integral y cebada, para reducir el riesgo de enfermedad cardíaca coronaria. La ingesta diaria recomendada de fibra total es cerca de 25 g de los cuales aproximadamente el 25% debe ser fibra soluble. Un alimento que contenga avena y/o el conjunto de avena o cebada deben contener al menos 0.75 g de fibra soluble por cantidad de referencia consumida generalmente del producto alimenticio (FDA, 2015).

Para una mejor absorción de los β -glucanos se recomiendan que estos sean consumidos en ayunas y para así facilitar su transportación en las paredes del intestino (Rahar, Swami, Nagpal, Nagpal, & Singh, 2011). Los β -glucanos son carbohidratos y son un tipo de fibra soluble con propiedades fisiológicas como la interferencia con la absorción de azúcares, la reducción de niveles de lípidos en sangre y su reducción de absorción, así como el incremento del funcionamiento del sistema inmune (Rahar et al., 2011).

Además, son resistentes al ácido estomacal por lo que su estructura no cambia mucho. Los macrófagos presentes en la pared intestinal recogen las partículas de β -glucano por medio de receptores de β -glucano. La activación inmediata de estas células se produce a continuación, y luego pueden regresar a los ganglios linfáticos locales como parte de su función natural de presentación de antígenos, liberan citoquinas e inducen la activación inmune sistemática (Rahar et al., 2011).

Aunque se han reconocido beneficios de la avena, principalmente por su alto contenido de fibra, por ejemplo la fibra de β -glucanos, es necesario determinar qué tan activo es el ingrediente para que pueda ser utilizado en el desarrollo de un alimento que se pueda incorporar en la alimentación diaria, así como el efecto que pueda ocurrir con la funcionalidad de la fibra o su interacción con otros componentes del alimento (Wani Sajad et al., 2014).

En 2006 se enriqueció una bebida de fruta con 5 g de β -glucanos y determinaron su efectividad para disminuir las concentraciones de colesterol LDL en suero. Los resultados indicaron que hubo disminución de éstas concentraciones en suero cuando los β -glucanos se incorporaron en la bebida de fruta, ya que se observó la reducción de la absorción de colesterol debido al efecto proporcionado por los β -glucanos (Naumann et al., 2006).

En 2009 se investigaron los efectos de tres tipos de fibras diferentes en composición química y propiedades físicas con respecto a atributos de saciedad y relacionados al hambre. Se evaluaron cuatro bebidas que contenían 0 g de fibra, 7.8 g de goma guar, 10.5 salvado de trigo, 10.5 g β -glucanos de avena, respectivamente, así como pan de trigo con 2.4 g de fibra. En cuanto a la bebida de β -glucanos de avena aumentó la plenitud, mostró una tendencia de tener un índice de saciedad mayor y disminuyó el “deseo de comer algo” (Lyly et al., 2009).

2.4. *Vanilla planifolia*

Su nombre común en español es vainilla. Su nombre científico es *Vanilla planifolia* Jacks, pero también es conocida como *Vanilla fragrans* (Salisb.) Ame; *V. viridiflora* Blume; *V. mexicana* (P. Miller); *Epidendrum vanilla* L.; vainilla mexicana; vainilla de Bourbon o vainilla de Madagascar, dependiendo el lugar de origen. Es una planta aromática y dulce (Charles, 2013). En la Figura 4 se presenta la información taxonómica de la vainilla y en la Figura 5 se observa su flor, hoja y vaina.

<p><u>Reino:</u> <i>Plantae</i></p> <p><u>Phylum:</u> <i>Magnoliophyta</i></p> <p><u>Clase:</u> <i>Liliopsida</i></p> <p><u>Orden:</u> <i>Orchidales</i></p> <p><u>Familia:</u> <i>Orchidacea</i></p> <p><u>Género:</u> <i>Vanilla</i></p> <p><u>Nombre científico:</u> <i>Vanilla planifolia</i> Jacks</p>

Figura 4. Información taxonómica de la *Vanilla planifolia*. Fuente: ITIS, 2010



Figura 5. Flor, hoja y vaina de la *Vanilla planifolia*. Fuente: AP, 2016

El compuesto orgánico primario en la vainilla es la vanilina con propiedades saborizantes, lo que la convierte en un ingrediente empleado en la formulación de alimentos y bebidas (Lavine, Corona, & Perera, 2012). Diferentes estudios han reportado la capacidad antioxidante de la vainilla y en algunos casos su capacidad antimicrobiana; los extractos etílicos de vainilla podrían ejercer un efecto potencial como conservador de alimentos, en suplementos y en productos nutraceúticos (Charles, 2013; Shyamala et al., 2007).

La obtención del extracto natural de vainilla en ocasiones resulta un procedimiento caro lo que eleva el costo del extracto, por esta razón es común el uso de extractos artificiales de vainilla, sin embargo, estos son menos complejos y usualmente contienen vanilina, etil vanila y otros compuestos que se preparan a partir de compuestos económicos (Lavine et al., 2012).

Los estándares de la FDA especifican que para elaborar saborizantes y extractos de vainilla para su utilización en productos alimenticios vendidos en los Estados Unidos, sólo se pueden usar las habichuelas de vainilla. Los saborizantes similares a la vainilla que no cumplan este estándar deben ser etiquetados como vainilla de “imitación”, y se deben elaborar con ingredientes seguros permitidos para dicho uso. Los extractos y saborizantes de vainilla están sujetos a los estándares de regulación de identidad de la FDA, las que establecen la forma de elaboración de los productos y sus nombres comunes o habituales. Para el caso del extracto de vainilla es “extracto de vainilla”, si el extracto de vainilla es importado, la etiqueta debe manifestar, aparte del nombre del alimento, el país de origen de éste (FDA, 2014).

2.5. *Cinnamomun zeylanicum*

Cinnamomum zeylanicum conocida comúnmente como canela, es una de las especies más utilizadas a nivel mundial (Rao & Gan, 2014). Contiene principalmente aceites esenciales y otros compuestos como cinamaldehído, ácido cinámico y cinamato. La canela ha sido utilizada como una especie saborizante sin efectos adversos en su consumo, además, se ha reportado el contenido de compuestos que contribuyen a la promoción de la salud humana como lo son: compuestos fenólicos, flavonoides y otros aislados, así como su actividad antioxidante y antimicrobiana por lo que se ha empleado para la conservación de alimentos, ya que previene o retrasa su deterioro (Rao & Gan, 2014; Suhaj, 2006). En la Figura 6 se presenta información taxonómica de la canela.

<u>Reino:</u> <i>Plantae</i>
<u>Phylum:</u> <i>Magnoliophyta</i>
<u>Clase:</u> <i>Magnoliopsida</i>
<u>Orden:</u> <i>Lurales</i>
<u>Familia:</u> <i>Lauraceae</i>
<u>Género:</u> <i>Cinnamomum Schaeff</i>
<u>Nombre científico:</u> <i>Cinnamomum zeylanicum</i>

Figura 6. Información taxonómica de la canela (*Cinnamomun zeylanicum*).

Fuente: USDA, 2017

Un análisis fitoquímico realizado en *Cinnamomum zeylanicum*, consistió en obtener extractos por seis diferentes solventes; el propósito de identificar a los compuestos fitoquímicos fue debido a las actividades biológicas que presentan y que promueven la salud en el humano. En un extracto con agua fría (5 g de planta molida/150 mL de agua destilada), se determinó la presencia de hidratos de carbono, esteroides, alcaloides, flavonoides y saponinas, los compuestos identificados se consideran como agentes antimicrobianos potenciales (Pandey

& Singh, 2014). En la actualidad la canela es considerada como la segunda especia más popular en los Estados Unidos y Europa. De acuerdo al Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 10 g de canela aportan 24.7 kcal, 0.12 g de grasa, 8.06 g de hidratos de carbono y 0.4 g de proteína (Nordqvist, & Ware, 2015).

La selección de ingredientes para la formulación de alimentos con potencial funcional debe considerar, además de sus propiedades benéficas a la salud, que sea aceptado sensorialmente, esto mediante pruebas de evaluación sensorial. Las especias: canela y vainilla, seleccionadas para formular la bebida de avena (BASE), se caracterizan por los sabores y aromas que aportan a los alimentos.

2.6. Evaluación sensorial de los alimentos

El reto de la industria de los alimentos es la creación e innovación de sus productos que atraigan y satisfagan a sus consumidores para así mantener un liderazgo dentro del mercado (Raz et al., 2008). Los alimentos funcionales, además de ofrecer beneficios en las personas que los consumen también deben ser capaces de competir en cuanto a la aceptación sensorial y mercadotecnia de los alimentos convencionales, entre otros factores (Betoret et al., 2011). Considerar lo anterior en el ámbito de la investigación y desarrollo de alimentos funcionales también podría ser de ayuda para que al momento de realizar las intervenciones del producto a investigar se aumente la probabilidad de apego al consumo del tratamiento o alimento con potencial funcional.

La evaluación sensorial de los alimentos es propia de los humanos; siempre de forma consciente se acepta o rechazan los alimentos de acuerdo a las sensaciones que se experimentan cuando se consumen. De acuerdo a lo anterior se establecen criterios de selección de los alimentos, mismos que inciden sobre una de las facetas de la calidad global del alimento: la calidad sensorial, la cual se determina mediante el análisis sensorial y cuyo instrumento de medida es el

propio hombre (Ibáñez-Moya, F. & Barcima-Angulo, Y., 2001). La importancia del análisis sensorial a menudo contribuirá significativamente con el éxito del producto en el mercado (Bagchi, D. & col, 2015).

Existen dos tipos de evaluación sensorial, la objetiva y la subjetiva; la objetiva consiste en evaluar los atributos del alimento por un grupo selecto de personas o un panel entrenado; en cambio la subjetiva, mide las reacciones de los consumidores a las propiedades sensoriales de los productos. Una combinación de ambas puede revelar cuáles propiedades sensoriales conducen a la aceptación sensorial del producto y a sus beneficios emocionales en el consumidor. En conjunto, las propiedades sensoriales, físicas, químicas, formulaciones y/o variación durante el proceso son necesarias para el diseño de productos y alcanzar un nivel óptimo o apropiado a beneficio del consumidor (Kemp, Hollowood, & Hort, 2009). Según la experiencia que el consumidor haya tenido del producto esto determinará si vuelve a comprarlo o no, sin embargo, en el caso de los alimentos funcionales, el envasado y etiquetado con declaraciones de salud ("Health claims") crean expectativas en los consumidores desde antes del consumo de tales productos (Kim & Kwak, 2015).

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta", hasta "me disgusta muchísimo". Por medio de esta prueba los evaluadores indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Watts, Ylimaki, Jeffery, & Elías, 1992).

La elección del consumidor y su comportamiento de compra pueden llevar a elección de alimentos funcionales por los beneficios que obtendrán en su salud a que solamente se guíen por el sabor, de ahí la importancia de comprender cómo las declaraciones de propiedades saludables específicas en los productos

influyen en las preferencias de los consumidores y sus intenciones de compra (Kim & Kwak, 2015). Para reconocer estas propiedades es necesario realizar una caracterización del alimento en la cual se determine la cantidad de componentes nutrimentales y componentes con potencial funcional presentes en el alimento.

2.7. Caracterización proximal de un alimento

Los análisis proximales se aplican para formular una dieta de acuerdo a su aporte de proteínas o de energía, así como a los alimentos terminados, como un control para verificar que se estén cumpliendo con las especificaciones o requerimientos establecidos durante su formulación (FAO, 1993). El sistema de proximidad para el análisis de alimentos fue desarrollado para proporcionar a un nivel superior amplio, la clasificación de los componentes de los alimentos. Este sistema consta de las determinaciones analíticas de agua (humedad), cenizas, grasa cruda (extracto etéreo), proteína cruda y fibra cruda. En cuanto al extracto libre de nitrógeno (ELN), el cual representa aproximadamente a los azúcares y almidones, se determina por diferencia en lugar de medirse en el análisis (Greenfield & FAO, 1995; Greenfield & Southgate, 2003)

La implementación de métodos analíticos adecuados son el primer paso para determinar la adecuación nutricional de suministros de alimentos; los datos obtenidos de estos análisis pueden usarse para informar a los consumidores por medio de la etiqueta nutrimental o para construir bases de datos para estudiar las correlaciones entre los nutrientes y enfermedades por deficiencia de nutrientes (Greenfield & FAO, 1995).

2.8. Determinación del índice glucémico y carga glucémica de un alimento

La elección de un alimento se puede ver afectada por diferentes factores, como su disponibilidad, aceptación cultural, gustos y necesidades individuales, no solo por condiciones de nutrición y salud. La composición química de los alimentos debe ser un factor importante que influya en la selección de alimentos, sin embargo, el simple conocimiento de los carbohidratos en los alimentos, no indica confiablemente sus efectos fisiológicos reales; existen alimentos que pueden ser buenas elecciones en un momento y malas en otro. El índice glucémico es una opción para clasificar a los alimentos según el efecto que tengan para aumentar la glucosa en sangre, gracias a ello se podría hacer una mejor selección de alimentos con carbohidratos apropiados para lograr un equilibrio energético (FAO, 1998).

Los alimentos con carbohidratos a menudo contienen vitaminas, minerales, algunos compuestos fitoquímicos y antioxidantes, por lo que se recomienda consumirlos en formas variadas y adecuadas. Una manera de evaluar su efecto fisiológico es mediante el índice glucémico (FAO, 1998).

El índice glucémico (IG) cuantifica el aumento de la glicemia que ocurre después de la ingesta de un alimento con relación a la glucosa que se libera (SMAE, 2014). Dependiendo el tipo de alimento, este podría elevar muy rápido la glucosa en sangre o más lento. Este factor debe ser considerado en la alimentación y combinarlo incluso en situaciones de hipoglucemia o hiperglucemia (FMD,2014).

La determinación del IG se realiza a partir del consumo de un alimento que aporte 50 g de carbohidratos y midiendo la glicemia postprandial en un lapso de 2 horas, en cuanto a la carga glucémica (CG), se calcula a partir de la multiplicación del IG por la cantidad de hidratos de carbono equivalente (SMAE, 2014).

Los alimentos son clasificados en comparación con un alimento de referencia, ya sea glucosa o pan blanco (ADA, 2014). Aquellos alimentos que ocupan más del 70% del área bajo la curva de glicemia se consideran de alto IG; entre 55 y 70 se consideran de IG intermedio, y los alimentos con incremento glicémico menor a 55 se conocen como de bajo IG (Aguirre, Galgani & Díaz, 2006).

2.9. Calidad microbiológica de los alimentos

De manera integral un alimento debe ser nutritivo, fresco, sensorialmente aceptable, idóneo e inocuo (Fernández-Escartin, 2008). La importancia esta última, la inocuidad de los alimentos, radica en ofrecer un producto seguro o de bajo riesgo para la salud con respecto a contaminaciones físicas, biológicas o químicas. La calidad microbiológica de alimentos tiene que ver con mantener bajos los riesgos de proliferación de microorganismos patógenos o dentro de los límites permisibles de normas nacionales o internacionales; forma parte de la inocuidad alimentaria, y esta se puede lograr al establecer condiciones higiénicas desde la selección adecuada de materias primas, la implementación de buenas prácticas de fabricación y el aseguramiento de su almacenamiento hasta que el producto sea consumido.

Dentro de la industria de alimentos surgió el término buenas prácticas de fabricación como un componente más activo y preventivo en el manejo de los alimentos. Consisten en una lista de señalamientos e instrucciones que deben seguirse para conferir al alimento una calidad preestablecida por el fabricante. La forma más simple de definir la calidad se refiere al cumplimiento de normas o especificaciones. El papel de un programa de control de calidad consiste en estandarizar las materias primas, controlar el proceso de manufactura y lograr que el producto final cumpla con las normas preestablecidas, para la obtención de una calidad constante y libre de defectos (Fernández-Escartin, 2008).

De acuerdo a la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), el objetivo de la calidad microbiológica es “generar información sobre el grado de contaminación de los alimentos, de las condiciones sanitarias de los establecimientos en los que estos se procesan y expenden a nivel nacional a efecto de orientar las acciones de control sanitario”, y los indicadores de medición estarán determinados por el porcentaje de muestras que estén dentro de las especificaciones microbiológicas (COFEPRIS, 2014). El tipo de alimento y su naturaleza determinarán las normativas y legislaciones necesarias para asegurar que el producto se inocuo para el consumidor.

El control de la inocuidad y la calidad de los alimentos forma parte de los programas nacionales de desarrollo; estos sistemas de control de los alimentos tienen como propósito el proteger la salud y lograr el bienestar de los consumidores, promover el comercio de los alimentos, así como proteger los intereses de quienes los producen. Tiene como prioridad la prevención de los riesgos químicos y biológicos derivados de la contaminación, la adulteración o un manejo inadecuado de los alimentos (FAO, 1992).

3. JUSTIFICACIÓN

Los costos de los tratamientos de las ECNT se han vuelto una carga económica a nivel mundial y nacional (Barquera et al., 2013). El aumento de consumo de alimentos altos en grasas y de bebidas azucaradas, así como el descenso de la actividad física están relacionados con el aumento de ECNT a cualquier edad (OPS, 2013). El cambio en la alimentación ayuda a la prevención y reducción de múltiples complicaciones (Bo et al., 2007).

La industria de alimentos permite el desarrollo de nuevos productos a través de alimentos funcionales e ingredientes con respecto a las demandas de los consumidores sobre la salud (Havrlentová et al., 2011). Los productos de mayor aceptación en cuanto a ventas y crecimiento son las bebidas funcionales (Corbo et al., 2014). Se ha reconocido a la *Avena sativa* como un ingrediente funcional debido a su composición nutricional, incluyendo proteínas, minerales, lípidos, β -glucanos y otros fitoconstituyentes como avenantramidas y flavonoides (Barquera et al., 2013b; Singh et al., 2013); el contenido de fibra dietética, en forma de β -glucanos, la convierte en un alimento ideal para la formulación de alimentos funcionales (Pizarro et al., 2014).

Los beneficios de la avena se pueden aprovechar para la elaboración de una bebida con potencial funcional a base de hojuelas de avena y enriqueciéndola con canela y extracto de vainilla. El hecho de agregar especies aromáticas permite plantear la posibilidad que la BFE obtenida poseerá mejores propiedades nutricionales que la hojuela de avena en sí. Al mismo tiempo, se espera que se mejoren las propiedades sensoriales y funcionales.

4. HIPÓTESIS

Por ser un estudio de desarrollo de un producto, no aplica el planteamiento de una hipótesis.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Desarrollar una bebida estandarizada para la población en general a base de *Avena sativa* sin tratamiento térmico, con *Cinnamomun zeylanicum* y *Vanilla planifolia*.

5.2. Objetivos específicos

1. Diseñar una formulación de una bebida a base de avena (*Avena sativa*), infusión de canela (*Cinnamomun zeylanicum*) y extracto natural de vainilla (*Vanilla planifolia*).
2. Determinar la aceptación sensorial de la bebida formulada mediante una escala hedónica y una prueba de preferencia.
3. Determinar la composición proximal de la bebida formulada.
4. Determinar el índice glucémico y carga glucémica de la bebida enriquecida obtenida.
5. Cuantificar el contenido de β -glucanos, polifenoles y de flavonoides extraíbles en la bebida formulada.
6. Determinar la calidad microbiológica en la bebida formulada.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

a) Diseño del estudio:

Experimental, analítico

b) Poblaciones de estudio:

-Especies vegetales: Avena sativa, Cinnamomun zeylanicum y extracto de Vanilla planifolia.

-Hombres y mujeres entre 18 y 35 años de edad

c) Variables de estudio: Las variables de estudio consideradas en esta investigación se presentan en la tabla 2.

d) Procedimiento: En la figura 7 se presenta un diagrama de flujo con las metodologías que se llevaron a cabo durante la investigación.

Tabla 2. Variables de estudio consideradas.

Variable	Unidad de medición	Método de medición
Cantidad de canela	g	Peso
Cantidad de vainilla	mL	Volumen
Aceptación sensorial	-Puntuación del 1 al 9 -Preferencia por una muestra	Escala hedónica de 9 puntos y prueba de preferencia (Watts et al., 1992)
Análisis nutrimental	- g/100 g - Porcentaje	Fibra: AOAC 962.09; Grasa: AOAC 7.056; Proteína: AOAC 968.06; Cenizas: AOAC14.006; Humedad: AOAC 14.003; ELN: Por diferencia
Contenido de compuestos fenólicos extraíbles totales	µg EAG/ mL	-Método espectroscópico, reacción de Folin-Ciocalteu
Contenido de flavonoides extraíbles	µg EQ/ mL	-Método espectroscópico, reacción de AlCl ₃
Contenido de β- glucanos	g/bebida	-Método AOAC 995.16
Índice glucémico y carga glucémica	Porcentaje	-Área bajo la curva (FAO, 1998)
Calidad microbiológica	UFC	-NOM-210-SSA1-2014: preparación y diluciones -NOM-092-SSA1-1994: para recuento de MA -NOM-111-SSA1-1994: para recuento de HyL -NOM-113-SSA1-1994: para recuento de CT

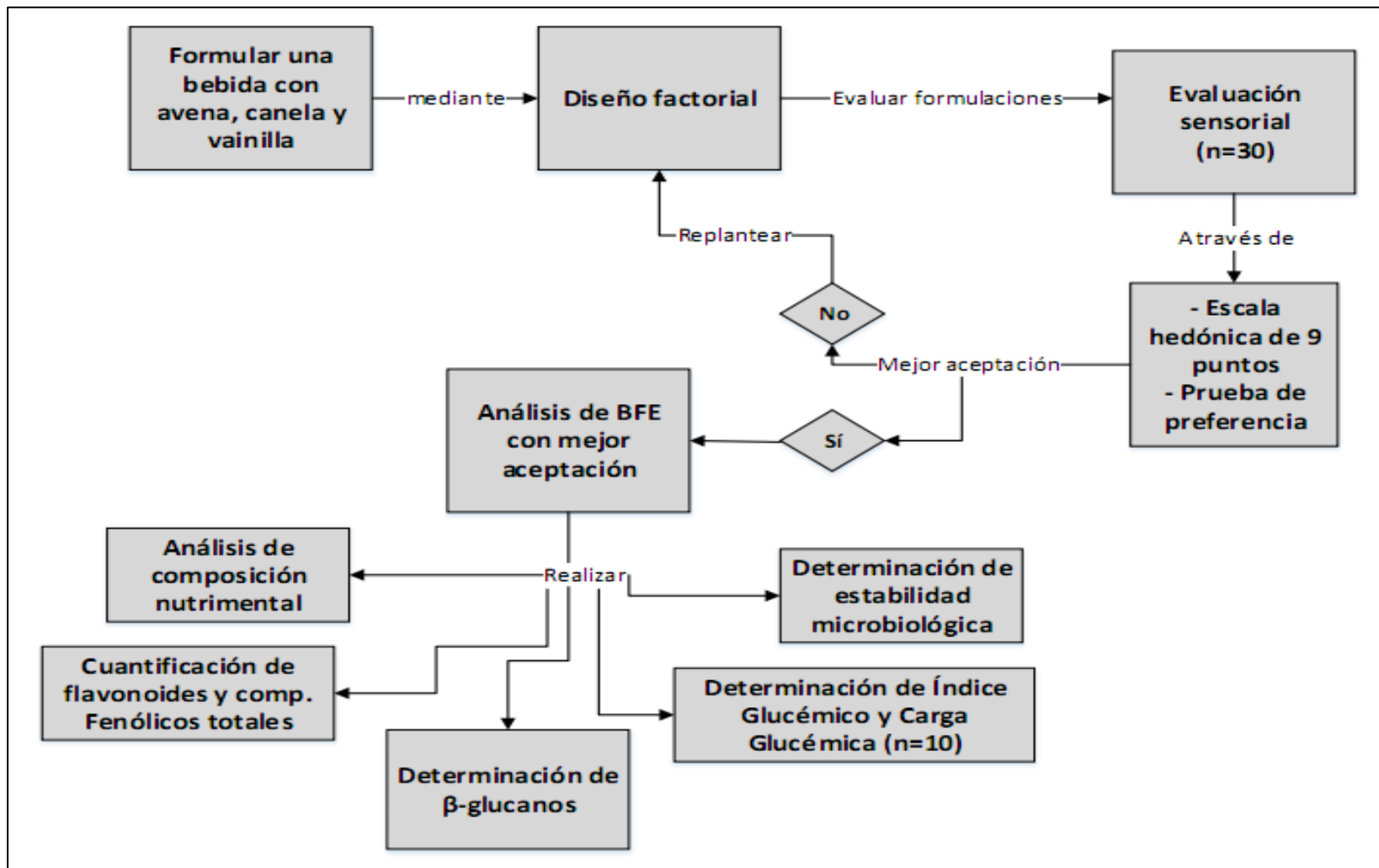


Figura 7. Diagrama de flujo de la metodología aplicada.

6.1. Equipo, material y reactivos.

6.1.1. Equipo

1. Aparato de Goldfish (Labconco)
2. Aparato para digestión de fibra (Labconco)
3. Autoclaves
4. Balanza analítica (A&D, modelo GR-300, USA)
5. Balanza analítica (A&D, HR-150A, USA)
6. Balanza granataria (A&D Company Limited, modelo EJ-3000, Japón)
7. Balanza granataria (Sartorius, modelo BL 1500)
8. Baño de ultrasonido (Branson, modelo 5800 series, USA)
9. Báscula (Seca)
10. Centrífuga (Solbant, modelo J-40, México)
11. Centrífuga (Eppendorf, modelo 5810-R, USA)
12. Congelador de -24°C a -18°C (Criotec, CTCTT-10, México)
13. Glucómetros On call- Plus
14. Equipo de cómputo móvil y fijo
15. Equipo Leco/Dumas (Leco, modelo FP-528, USA)
16. Espectrofotómetro UV/VIS (Agilent Technologies, modelo Cary60, USA)
17. Estadímetro (Seca)
18. Horno (Felisa, modelo FE-291)
19. Microcentrífuga (Eppendorf, modelo 5417-R, USA)
20. Molino de laboratorio con malla #20, (US motors, modelo S55pze-7831, USA)
21. Mufla (Felisa, modelo)
22. Placa de calentamiento (Thermo Scientific, modelo Probe)
23. Potenciómetro (Hach, modelo SensION+PH3)
24. Vortex

6.1.2. Material

1. Acrodiscos de 0.2 μm
2. Algodón
3. Agitadores de vidrio
4. Agitadores magnéticos
5. Cajas Petri
6. Charolas de aluminio
7. Cinta adhesiva
8. Contenedor RPBI
9. Espátulas
10. Etiquetas
11. Filtros cafeteros
12. Frascos de vidrio con tapa
13. Gradillas
14. Jeringas estériles de 5 mL
15. Lancetas On Call-Plus
16. Ligas
17. Mecheros
18. Papel aluminio
19. Papel Parafilm
20. Pipetas Pasteur
21. Probeta de 25, 500 y 1,000 mL
22. Tela para filtrar
23. Termómetros
24. Toallas Sanitas
25. Tubos Corning de 14 y 50 mL
26. Tubos Eppendorf de 1.5 y 3 mL
27. Tubos de ensayo
28. Vacutainers
29. Vasos de precipitado
30. Vasos de plástico

6.1.3. Reactivos

- 1) Acetato de potasio
- 2) Acetato de sodio 200 mM, pH 4.0
- 3) Acetato de sodio 50 mM, pH 4.0
- 4) Agua destilada
- 5) Agar bilis rojo violeta
- 6) Agar papa dextrosa
- 7) β -glucosidasa 0.2 U Megazyme
- 8) Buffer de fosfatos, pH 7.0
- 9) Buffer de fosfato de sodio 200 mM, pH 6.5
- 10) Carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 20%
- 11) Cloruro de Aluminio (AlCl_3) al 10%
- 12) Enzima Liquenasa Megazyme
- 13) Estándar de ácido gálico
- 14) Estándar D-glucosa Megazyme
- 15) Estándar de glucosa Megazyme
- 16) Estándar de quercetina ($\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$) $\geq 95\%$
- 17) Etanol al 95%
- 18) Etanol acuoso al 50%
- 19) Etanol acuoso 95%
- 20) Folin-Ciocalteu, reactivo
- 21) GOPOD Megazyme, reactivo
- 22) Hidróxido de sodio
- 23) Metanol 96%

6.1.4. Material vegetal

- a) Hojuelas de avena comercial marca Quaker
- b) Canela empaquetada comercial marca MCM
- c) Extracto natural de vainilla comercial marca ProGourmet

6.2. Formulación de la bebida

De acuerdo con el procedimiento de una bebida a base de avena (BASE) reportado por López-Méndez y col., 2016, que consistía en el remojo de 55 g de avena molida en 200 mL de agua por 8 horas a 4°C, se propuso la formulación de una bebida con avena y las especies aromáticas canela y vainilla. La canela y la avena se sometieron a molienda utilizando un molino de laboratorio modelo S55PZE-7831 marca US motor ® y una malla #20.

Se realizó un diseño factorial de dos niveles utilizando 2, 3 y 5 mL de extracto de vainilla y 1, 3 y 5 g de canela molida en infusión. Estas cantidades se seleccionaron de formulaciones previas en laboratorio.

6.3. Pruebas de evaluación sensorial

Se realizaron dos series de evaluaciones sensoriales, en la primera serie se evaluaron 3 muestras por día y se les asignaron diferentes códigos con números aleatorios, con el fin de que la evaluación (n=9) se realizara de manera objetiva y evitar sesgos en la selección de las bebidas (Tabla 3).

Las nueve formulaciones obtenidas en el diseño experimental se sometieron a evaluación sensorial utilizando una escala hedónica de 9 puntos y una pregunta sobre la preferencia por una muestra. Para evitar la saturación de los sentidos y facilitar la evaluación del participante se evaluaron 3 muestras por día (Figura 8).

Se realizó una convocatoria dirigida a hombres y mujeres entre 18 y 35 años de edad. Los requisitos para el día de las pruebas fueron que no se presentaran en ayuno, no haber consumido alimentos 30 minutos antes de la prueba y no haberse lavado los dientes 1 hora antes de la prueba.

Tabla 3. Codificación de muestras de la primera serie de evaluaciones.

Código asignado	Canela (g canela/300 mL de agua)	Extracto de vainilla (mL)
581	1	2
946	3	3
370	5	5
461	1	3
793	3	5
620	5	2
836	1	5
519	3	2
274	5	3

Figura 8. Formato de prueba de evaluación sensorial. Fuente: Vázquez-Rodríguez, J.A., 2009

Cuestionario para la Evaluación Sensorial de un Producto Alimenticio			
Nombre: _____		Fecha: _____	
Edad: _____		Sexo: M ___ F ___	
1. De las siguientes muestras, ¿Cuál es de su mayor agrado?			
249 _____		416 _____	378 _____
2. Califique las muestras según su agrado:			
	Muestra 249	Muestra 416	Muestra 378
Me desagrada muchísimo			
Me desagrada mucho			
Me desagrada bastante			
Me desagrada un poco			
No me agrada ni me desagrada			
Me gusta un poco			
Me gusta bastante			
Me gusta mucho			
Me gusta muchísimo			
<i>¡Gracias por su participación en ésta evaluación!</i>			

Los resultados de la escala hedónica de 9 puntos se analizaron por medio de un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor utilizando el programa estadístico SPSS y la preferencia por una muestra se analizó con una prueba de Chi-cuadrada y una prueba post-hoc de Marascuilo utilizando el programa estadístico en línea StatToDo, 2014 [<https://www.statstodo.com/index.php>].

6.4. Densidad de la bebida formulada

La densidad de aplicó en la BAE que obtuvo mejor aceptación en las pruebas de evaluación sensorial:

a) Determinación de densidad:

La determinación de la densidad se realizó en el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos, del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila. Para determinar la densidad de la bebida formulada se utilizó un picnómetro limpio y seco marca BLAUBRAND modelo NS10/19 de un volumen de 25.120 cm³. Las mediciones se realizaron por triplicado (n=3) a temperatura ambiente del laboratorio, las bebidas evaluadas estaban a 4°C después de un reposo de 8 horas. El picnómetro también se colocó en refrigeración para presentar la misma temperatura de las muestras a evaluar.

Primero se registró el peso del picnómetro vacío con tapa antes de realizar las mediciones, las bebidas estas se agitaron previo a la medición para garantizar que las muestras obtenidas estuvieran homogéneas. En cada una de las determinaciones, el picnómetro se llenó al ras y se colocó la tapa, antes de pesarlo se limpió el exceso de bebida para evitar errores durante la medición (NOM-F-075-1987); enseguida, se registró el peso y a partir de esto se obtuvo el promedio de densidad, la desviación estándar y la desviación estándar relativa. Los resultados se expresaron como g/mL.

6.5. Determinación de composición proximal de la bebida formulada

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Salud Pública y Nutrición. La bebida se preparó por triplicado bajo las condiciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de aceptación sensorial y preferencia. Se determinó el contenido de humedad (AOAC 14.003);

cenizas (AOAC14.006); proteínas (AOAC 968.06); contenido de grasa (AOAC 7.056) y fibra cruda (AOAC 962.09). El extracto libre de nitrógeno (ELN) se obtuvo por diferencia. Con los resultados obtenidos se obtuvo el promedio, desviación estándar y el porcentaje de desviación estándar relativa (% DER).

6.6. Determinación de compuestos fenólicos totales y flavonoides extraíbles

Se realizaron las cuantificaciones del contenido de compuestos fenólicos totales y de flavonoides extraíbles en la bebida formulada. Ambas determinaciones se realizaron mediante pruebas espectrofotométricas en un espectrofotómetro UV/VIS. Los análisis se realizaron en la BFE, en la infusión de canela, en el extracto natural de vainilla comercial y en la bebida BASE descrita por López-Méndez y colaboradores en 2016.

6.6.1. Obtención de extractos

El proceso de obtención de extractos de las bebidas de avena (BASE y BFE) así como de la infusión de canela consistió en colocar muestras en tubos Corning de 15 mL y se centrifugaron a 3,220 g durante 30 minutos a 4°C en una centrífuga modelo 5810-R marca Eppendorf®; se separó el sobrenadante y se pasó a través de un acrodisco de 0.2 µm, transfiriendo el filtrado a tubos Eppendorf de 2 mL para luego ser centrifugadas a 10,000 g durante 30 minutos a 4°C utilizando una microcentrífuga.

Las muestras se almacenaron a -20°C hasta su uso (Amirdivani & Baba, 2014; Lin & Tang, 2006, modificado por Rodríguez-Acosta y col., 2017). El extracto natural de vainilla se analizó directamente del envase.

6.6.2. Reacción para compuestos fenólicos totales extraíbles

Se realizó la reacción colorimétrica de Folin-Ciocalteu para la cuantificación de compuestos fenólicos totales de acuerdo al procedimiento reportado por Slinkard & Singleton, 1977, con adaptaciones: se midieron 40 μL del compuesto estándar o de los extractos de las muestras analizar y se colocaron en un tubo de ensayo, se agregaron 200 μL de Folin-Ciocalteu y 2,960 μL de agua destilada; se agregaron 600 μL de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 20%, los tubos se taparon con papel Parafilm® y se mezclaron con vortex durante 5 segundos.

La reacción se dejó incubar a 37°C en un baño de calentamiento durante 45 minutos. Transcurrido el tiempo se midieron las lecturas de absorbancia de las muestras en un espectrofotómetro UV-visible a 760 nm.

6.6.3. Preparación de curva de calibración para compuestos fenólicos extraíbles

Se utilizó ácido gálico como compuesto estándar, para la solución madre se pesaron 0.125 g y se disolvieron en 2.5 mL de etanol para posteriormente aforar al volumen de 25 mL en matraz de aforación con agua destilada obteniendo una concentración de 5,000 ppm. Para la construcción de la curva de calibración se utilizaron concentraciones de 50, 100, 150, 250, 300 y 500 ppm a partir de la solución madre preparada (Tabla 4).

Tabla 4. Preparación de concentraciones para curva de ácido gálico.

Concentración deseada (ppm)	Solución madre (μL)	Agua destilada (μL)
50	100 ¹	9,900
100	200 ¹	9,800
150	300 ¹	9,700
250	500 ¹	9,500
300	300 ²	4,700
500	1,000 ²	4,000

- 1) Cálculo para matraz de aforación de 10 mL; 2) Cálculo para matraz de aforación de 5 mL.

6.6.4. Reacción para flavonoides extraíbles

Se colocaron 500 μL de solución estándar o de extracto en un tubo de ensayo; se agregaron 1,500 μL de metanol y 100 μL de cloruro de aluminio (AlCl_3) al 10%; luego se agregaron 100 μL de acetato de potasio más 2,800 μL de agua destilada. Se dejó reaccionar por 30 minutos a temperatura ambiente de laboratorio. Transcurrido el tiempo se leyeron las muestras por espectrofotometría a 415 nm (Pourmorad, Hosseinimehr, & Shahabimajd, 2006).

6.6.5. Curva de calibración para flavonoides totales extraíbles

Se preparó una solución madre de 1,000 ppm de quercetina que fue utilizada como estándar. La preparación se realizó pesando 25 mg de quercetina en una balanza analítica y se aforó a 25 mL con metanol. Para la curva de calibración se prepararon concentraciones de 10, 20, 30, 40, 50 y 100 ppm (Tabla 5).

Tabla 5. Preparación de concentraciones para curva de quercetina.

Concentración deseada (ppm)	Solución madre (μL)	Agua destilada (μL)
10	100 ¹	9,900
20	200 ¹	9,800
30	300 ¹	9,700
40	500 ¹	9,500
50	250 ²	4,750
100	500 ²	4,500

- 1) Cálculo para matraz de aforación de 10 mL; 2) Cálculo para matraz de aforación de 5 mL.

6.7. Determinación de β -glucanos

La determinación de β -glucanos presentes en la bebida, la cual se determinó por precipitación alcohólica utilizando un kit enzimático Megazyme®, este ensayo es específico para la unión mixta [(1-3) (1-4)] - β -D-glucano. Es un método espectroscópico de acuerdo al procedimiento AOAC 995.16.

6.7.1. Preparación de reactivos

- a) Buffer de fosfato de sodio (20 mM, pH 6.5): Se disolvieron 3.12 g de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 900 mL de agua destilada y se ajustó el pH a 6.5 adicionando 100 mM de hidróxido de sodio (4 g/L) (aproximadamente 50 mL). El volumen se ajustó a 1 L.
- b) Buffer de acetato de sodio 50 mM (pH 4.0): Se midieron 2.9 mL de ácido acético glacial y se disolvieron en 900 mL de agua destilada. El pH se

ajustó a 4.0 mediante la adición de 1 M de solución de hidróxido de sodio. Finalmente, el volumen se ajustó a 1 L.

- c) Buffer de acetato de sodio 200 mM (pH 4.0): Se midieron 11.6 mL de ácido acético glacial en 900 mL de agua destilada. Se ajustó el pH a 4.0 mediante la adición de 1 M de solución de hidróxido de sodio para luego ajustar el volumen a 1 L.

- d) Preparación de Liquenasa (Bote 1, Kit Megazyme): Se diluyó el contenido del liquenasa en 20 mL con buffer de fosfato de sodio 20 mM (pH 6.5). El volumen se dividió en alícuotas en tubos de Eppendorf®, los cuales se cubrieron de la luz con papel aluminio y se almacenaron a -20°C hasta su uso.

- e) Preparación de β -glucosidasa (Bote 2, Kit Megazyme): Se diluyó el contenido completo de la β -glucosidasa en 20 mL con buffer de acetato de sodio (50 mM). El reactivo se dividió en alícuotas y se colocaron en tubos Eppendorf®, protegidos de la luz con papel aluminio para mantenerlos a -20°C hasta su uso.

- f) Búfer de GOPOD (Bote 3, Kit Megazyme): Se diluyó el contenido del buffer GOPOD en 1 L con agua destilada (esta fue la solución 3). Se usó inmediatamente.

- g) Reactivo GOPOD (Bote 4, Kit Megazyme): Se disolvió el contenido del bote 4 en 20 mL de la solución 3 y luego se transfirió cuantitativamente a la botella que contenía el resto de la solución 3, se agitó el contenido y se distribuyó en alícuotas colocadas en tubos Corning® cubiertos con papel aluminio para proteger al reactivo de la luz. Este es el reactivo de determinación de la glucosa (Reactivo GOPOD).

6.7.2. Obtención de extractos para la determinación de β -glucanos

Se pesaron tubos de vidrio para centrifuga de 5 mL de capacidad y se registraron sus pesos correspondientes. En cada tubo se depositaron 3 mL de bebida y se sometieron a calentamiento en agua hirviendo durante 5 minutos para luego dejar enfriar las muestras; se colocaron 3 mL de etanol acuoso al 95%, se mezclaron en vortex y luego se añadieron 5 mL más de etanol, los tubos se cubrieron con papel Parafilm® y se centrifugaron a 1,800 g durante 10 minutos, para luego desechar los sobrenadantes; los pellets, se re-suspendieron en 8 mL etanol acuoso al 50%, como en el paso anterior para nuevamente centrifugar los tubos (1,800 g por 10 minutos). Nuevamente se re-suspendieron los pellets en buffer de fosfato de sodio 20 mM, pH 6.5, esto mediante el ajuste del volumen a 4 mL en peso, a partir del peso conocido correspondiente a cada peso de los tubos vacíos para luego incubarlos a 50 °C durante 5 minutos.

6.7.3. Reacción para la determinación de β -glucanos

Al extracto obtenido, se le agregaron 200 μ L de liquenasa, los tubos se cubrieron con Parafilm® y se sometieron a incubación a 50 °C durante 1 hora, durante este lapso de tiempo se realizaron de 3 a 4 agitaciones con vortex. Transcurrido el tiempo se agregaron 500 μ L de buffer de acetato de sodio 200 mM, pH 4.0, se agitaron con vortex y se esperó a que los tubos estuvieran a temperatura ambiente de laboratorio para luego centrifugarlos a 1,000 g por 10 minutos.

De cada tubo se tomó 1 mL y se diluyeron en buffer de acetato de sodio 200 mM (1:10), esto para que las lecturas de absorbancia estuvieran por debajo de las lecturas del control; de cada muestra se tomaron 100 μ L y se colocaron en tubos de ensayo, se agregaron 100 μ L de β -glucosidasa (0.2 U) a cada uno de los tubos con las muestras; para el blanco se agregaron 100 μ L de agua destilada y 100 μ L de buffer de acetato de sodio 50 mM, en cuanto al control se utilizó estándar de glucosa para lo cual se colocaron 100 μ L de agua destilada y 100 μ L de estándar D-glucosa; cada una de las reacciones se incubaron a 50°C durante

10 minutos y luego se colocaron 3 mL de reactivo GOPOD en cada tubo para dejarlas nuevamente en incubación en baño de calentamiento a 50°C por 20 minutos más.

Transcurrido el tiempo, se tomaron las lecturas de absorbancia a 510 nm en un espectrofotómetro UV/VIS. Se registraron las lecturas de absorbancia y se evaluaron por medio del programa MegaCalc®, correspondiente al kit para la determinación de β -glucanos de Megazyme®. Las determinaciones se realizaron en tres bebidas diferentes (n=13), con esto se obtuvo el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación relativo.

6.8. Determinación del índice glucémico y carga glucémica de la BFE

Se realizó una convocatoria para solicitar la participación de voluntarios en el estudio. Como criterios de inclusión se consideraron a: hombres y mujeres sanos, sin alergias hacia alguno de los ingredientes que componen la bebida (avena, canela y extracto de vainilla) o el blanco de la investigación (pan blanco); de edades entre 18 a 30 años; con un Índice de Masa Corporal (IMC) <25 kg/m²; con niveles de glucosa en sangre en ayunas en 70 a 100 mg/dL; colesterol total ≤ 200 mg/dL; con valores de triglicéridos totales ≤ 150 mg/dL; sin alguna prescripción médica; no fumadores, sin enfermedades genéticas, neoplásica, metabólicas o autoinmunes y sin haber padecido recientemente alguna infección. Se excluyeron a personas que no cumplieran con las características anteriores, así como a mujeres embarazadas.

Cada uno de los participantes firmó un consentimiento informado en donde aceptaron su participación de forma voluntaria en la investigación (Anexo 1).

- a) Cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC): Los pacientes se pesaron y midieron en el Laboratorio de Composición Corporal y Gasto energético. El cálculo del IMC se determinó por la siguiente fórmula (OMS, 2017):

$$IMC = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{estatura (m)}^2}$$

- b) Pruebas bioquímicas: Para determinar los valores de glucosa en sangre, de colesterol total y de triglicéridos se realizaron las tomas de sangre en el Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Salud (CIDICS), se centrifugaron a 3,500 rpm durante 10 minutos y se separó el suero del paquete de células rojas. Las muestras se evaluaron en el Laboratorio de Patología del Hospital Universitario (HU) de la UANL.

6.8.1. Determinación de glucosa en sangre

Para la determinación del índice glucémico (IG) de la bebida se realizaron determinaciones de glucosa en sangre vía capilar utilizando glucómetros y tiras reactivas de la marca On Call® Plus.

Los participantes (n=10) fueron citados en dos ocasiones diferentes en las cuales se presentaron en ayuno mínimo de 8 horas. En la primera cita se les dio a comer pan blanco equivalente al aporte de 50 g de hidratos de carbono (alimento estándar). Se realizaron tomas de muestra sanguínea vía capilar antes de consumir el alimento (tiempo 0) y a los 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos después de haberlo consumido. Los resultados de las lecturas se registraron individualmente para cada paciente.

En la segunda cita, para el consumo de la BFE se realizaron los cálculos correspondientes para determinar el aporte de 50 g de hidratos de carbono equivalentes por lo que a cada paciente se les dieron 314 mL de la bebida formulada. Las tomas de medición de glucosa se realizaron de la misma manera que el alimento estándar.

6.8.2. Cálculo del área bajo la curva

Los resultados de glucosa obtenidos en los diferentes tiempos se utilizaron para el cálculo del área bajo la curva (ABC), utilizando el método de trapecios, el cual consiste en dividir la figura de la curva en trapecoides y sumar sus áreas correspondientes (Girbés Borrás, 2008):

$$A = hM$$

Donde:

A: área

h: altura (Tiempo de la toma de glucosa)

M: mediana del trapecio

La mediana del trapecio se obtiene de la siguiente manera:

$$M = \frac{a + b}{2}$$

Donde:

a y b: son las bases del trapecio (medida de glucosa en sangre)

En caso de que la figura sea de un triángulo equilátero, se aplicó la fórmula:

$$A = \frac{b \times h}{2}$$

Donde:

A: área del triángulo equilátero

b: base del triángulo (medida de glucosa en sangre)

h: altura del triángulo (Tiempo de la toma de glucosa)

Cuando un valor de la glucosa en sangre estuvo por debajo de la línea base, solo se incluyó el área por encima del nivel del ayuno (FAO, 1998).

Los resultados se expresaron como min·mg·dL⁻¹.

6.8.3. Cálculo del IG y CG

Los resultados obtenidos del ABC del alimento estándar y de la BFE se sustituyeron en la siguiente fórmula para el cálculo de índice glucémico:

$$IG = \frac{ABC \text{ de la bebida}}{ABC \text{ del alimento estándar}} \times 100$$

Donde:

IG: es el índice glucémico

ABC: área bajo la curva de la BFE y del alimento estándar.

Para el cálculo de la carga glucémica (CG) se aplicó la siguiente fórmula:

$$CG = \frac{IG \times 50}{100}$$

6.9. Análisis microbiológico de la bebida formulada

Para la determinación de la calidad microbiológica de la BFE se realizaron pruebas para mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994) y para hongos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994) y bajo los requerimientos generales para la realización de análisis microbiológicos de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014.

Los ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Control Sanitario de la Facultad de Salud Pública y Nutrición.

Se prepararon 3 bebidas de acuerdo al proceso establecido para su elaboración (n=3). Los ensayos microbiológicos se realizaron por triplicado. Las muestras se mantuvieron en refrigeración a 4°C y se analizaron a las 0, 12, 24, 48 y 72 horas de haber preparado la bebida.

Los cultivos utilizados fueron: agar bilis rojo violeta para coliformes totales; agar papa dextrosa para hongos y levaduras; y agar de cuenta estándar para mesófilos aerobios. Para cada una de las determinaciones se realizaron diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} en solución amortiguadora de fosfatos a pH 7 y de cada una de las diluciones se tomaron 1 mL, los cuales se vaciaron en placas de cultivo de vidrio limpias y estériles, en seguida se agregaron los agares estériles (aprox. 15 mL), se mezclaron cuidadosamente y se esperó hasta que se solidificaran (n=9 por dilución).

Las placas de cultivo se colocaron en forma inversa para ser incubados en el caso de las determinaciones de coliformes y de mesófilos se incubaron a 37 °C durante 48 horas; para hongos y levaduras las placas se dejaron incubando por 5 días a 25°C. Los resultados se expresaron como UFC/mL.

7. RESULTADOS

7.1. Formulación de una bebida a base de avena, infusión de canela extracto natural de vainilla

En la Figura 9 se presentan las combinaciones posibles como resultado del diseño factorial de dos niveles que se planteó.

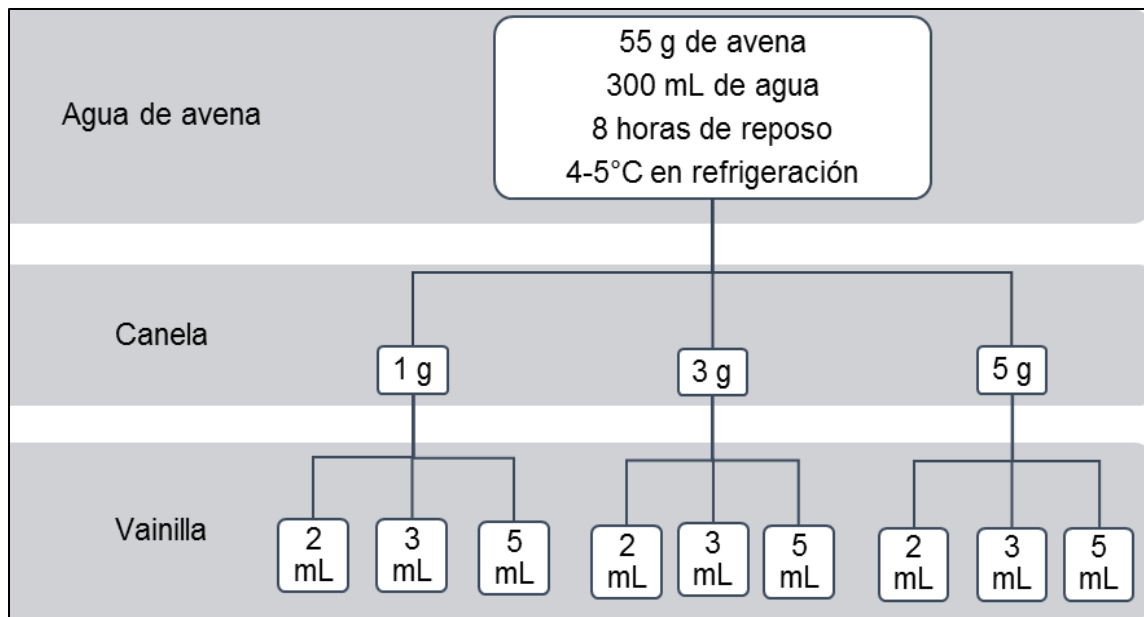


Figura 9. Diseño factorial para la formulación de la bebida.

En total se obtuvieron 9 formulaciones posibles. El procedimiento general empleado para la preparación de las formulaciones se presenta en la figura 10.

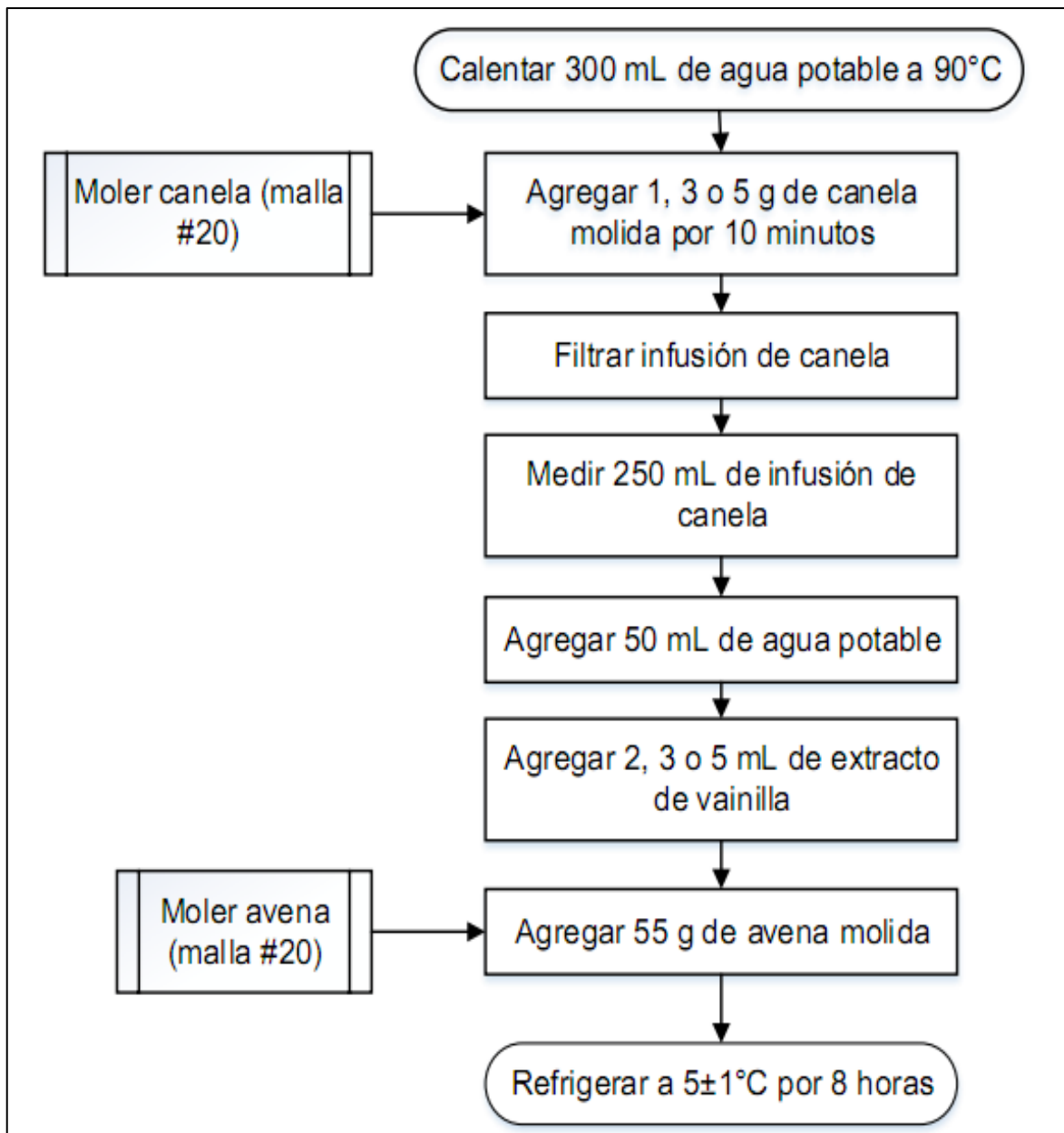


Figura 10. Proceso general empleado para las formulaciones propuestas

7.2. Determinación de la aceptación sensorial de la bebida formulada

En las dos series de evaluaciones sensoriales participaron 30 personas por día. Las respuestas obtenidas en la primera serie de evaluación sensorial con la escala hedónica se analizaron por medio por medio de un ANOVA de un factor.

a) Primera serie de evaluaciones sensoriales:

Los resultados arrojaron un $p\text{-valor} > 0.05$ (0.061) por lo que se determinó que no existía diferencia estadística significativa ($\alpha=0.05$) en los puntajes medios obtenidos entre las 9 bebidas formuladas (Anexo 2), sin embargo, al observar la gráfica de comparación de medias (Figura 11), se observó una tendencia a “me gusta un poco” para las BFE con 5 g de canela y 3 mL de vainilla (código: 274), así como la BFE con 5 g de canela y 2 mL de extracto de vainilla (código: 620), ambas tenían en común que contenían la máxima cantidad de canela en la infusión (5 g/300 mL).

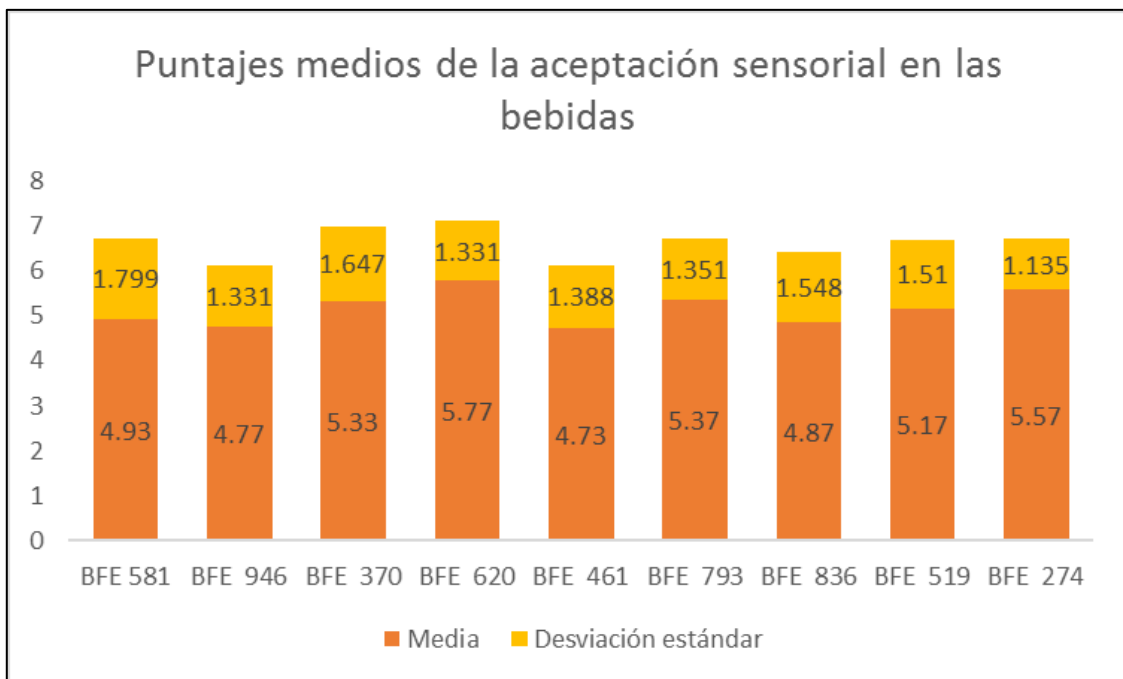


Figura 11. Gráfica de comparación de puntajes medios del ANOVA.

En la Tabla 6 se observan los resultados de máximos y mínimos puntajes obtenidos en cada una de las formulaciones evaluadas; en donde se puede apreciar que la BFE con 5 g de canela y 3 mL de vainilla obtuvo como mínimo puntaje 4 que correspondió al “me desagrada un poco” y como máximo 8 que correspondió al “me gusta mucho”.

Tabla 6. Puntajes máximos y mínimos en la escala hedónica de las BAE

Formulación	Mínimo	Máximo
BFA con 1 g de canela y 2 mL de vainilla	1	9
BFA con 3 g de canela y 3 mL de vainilla	2	8
BFA con 5 g de canela y 5 mL de vainilla	1	8
BFA con 1 g de canela y 3 mL de vainilla	1	7
BFA con 3 g de canela y 5 mL de vainilla	2	9
BFA con 5 g de canela y 2 mL de vainilla	3	8
BFA con 1 g de canela y 5 mL de vainilla	2	8
BFA con 3 g de canela y 2 mL de vainilla	2	9
BFA con 5 g de canela y 3 mL de vainilla	4	8
Total	1	9

Los resultados de la prueba de preferencia por medio de Ji-cuadrada arrojaron que en una muestra la preferencia era diferente por lo que se realizó una prueba post-hoc de Marascuilo en donde se observó que sólo la BFE con 5 g de canela y 2 mL resultó tener mayor preferencia significativa ($\alpha=0.01$) con respecto a las muestras que contenían 1 g de canela y 3 mL de vainilla, así como 1g de canela y 5 mL de vainilla, las cuales tenían en común la mínima cantidad de canela en la infusión.

b) Segunda serie de evaluaciones sensoriales:

Las BFE con 5 g de canela y 3 mL de vainilla; con 5 g de canela y 2 mL de extracto de vainilla; y con 5 g de canela y 5 mL de vainilla, se seleccionaron para nuevamente ser evaluadas mediante la escala hedónica de 9 puntos, así como la prueba de preferencia. Los resultados del ANOVA arrojaron un *p-valor* de 0.715 por lo que se concluyó que no hubo diferencias significativas entre los puntajes medios obtenidos en la escala hedónica.

En cuanto a la prueba de preferencia, los resultados de la evaluación con Ji-cuadrada tampoco presentaron diferencias significativas en la selección por una de las muestras evaluadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las evaluaciones sensoriales de las formulaciones propuestas la BFE con 5 g de canela y 2 mL de vainilla obtuvo la mayor aceptación y preferencia por lo que procedió a su caracterización química y funcional. Sin embargo, se seleccionó a la BFE con 5 g de canela y 3 mL de vainilla para aumentar el aporte de compuestos antioxidantes por parte del extracto natural de vainilla.

En la Figura 12 se presenta el procedimiento final establecido para la obtención de la bebida de avena y especies aromáticas, cumpliendo así con el objetivo 1 y 2 de la presente investigación.

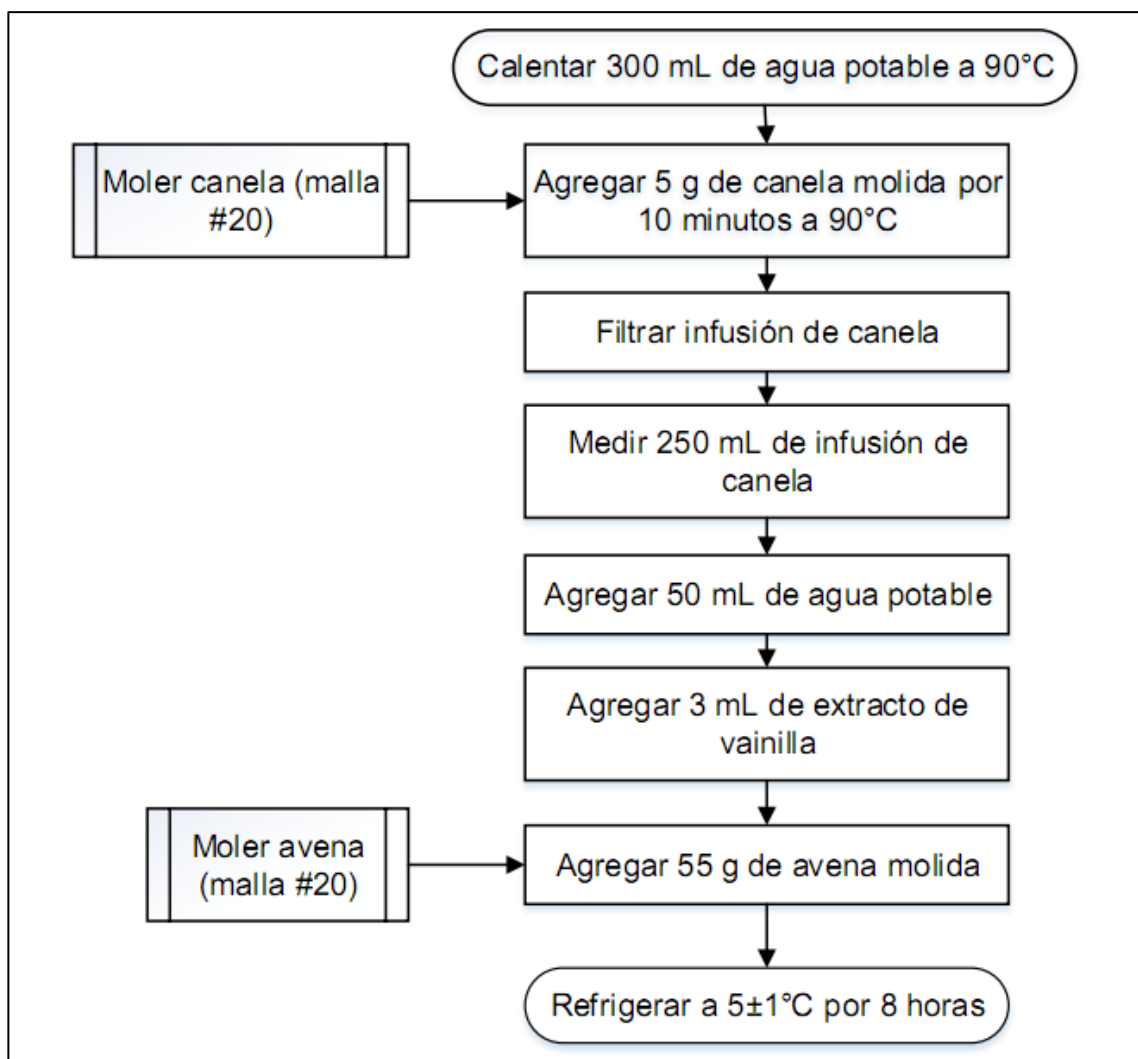


Figura 12. Proceso establecido para la elaboración de la bebida.

7.3. Determinación de la densidad de la bebida formulada

La determinación de la densidad promedio de la bebida (n=3) fue de 1.05 g/mL con un coeficiente de variación de 0.01. Las pruebas se realizaron en las bebidas después del reposo de 8 horas a 4°C. Con este resultado se calculó que la densidad de la BAE fue de 315 g/mL. Este resultado permitió llevar a cabo las conversiones matemáticas necesarias para el cálculo de compuestos de interés cuantificados en esta investigación y así presentar datos más exactos de su contenido por porción de bebida.

7.4. Análisis proximal de la bebida formulada

Los resultados de análisis nutrimentales en base seca de la bebida formulada se presentan en la Tabla 7 y los resultados nutrimentales de la BFE en base húmeda se presentan en la Tabla 8.

Tabla 7. Resultados del análisis nutrimental en base seca en la BFE.

Determinación	Contenido (g/100g)	% DER
Cenizas	2.40	3.68
Extracto etéreo	4.53	10.32
Proteína	9.06	4.96
Fibra*	0.79	7.26
Carbohidratos totales	83.22	0.60

*Se realizó el ajuste por muestra desengrasada (FAO, 1993). ($n=9$).

Tabla 8. Resultados del análisis nutrimental en base húmeda en la BFE.

Determinación	Contenido (g/100g)	% DER
Cenizas	0.35	3.42
Extracto etéreo	0.65	9.92
Proteína	1.31	5.36
Fibra*	0.11	6.89
Carbohidratos totales	12.09	0.60

*Se realizó el ajuste por muestra desengrasada (FAO, 1993). ($n=9$).

A partir de los resultados obtenidos en la base húmeda, se realizó el cálculo del aporte energético por 100 g de producto y por porción, los cuales se observan en la Tabla 9.

Tabla 9. Aporte energético por 100 g de BFE y por porción.

Nutriente	Contenido Kcal (g/100g)	Contenido Kcal (por porción)
Extracto etéreo (grasas)	5.89	18.54
Proteína	5.23	16.48
Carbohidratos totales	48.37	152.35
Aporte energético total	59.49	187.68

7.5. Cuantificación de compuestos fenólicos totales y de flavonoides

Los resultados del contenido de compuestos fenólicos extraíbles totales de la BFE se presentan en la tabla 10, en la cual también aparecen los del contenido en la infusión de canela, del extracto natural de vainilla y de la bebida BASE de acuerdo a la formulación de Méndez-López y colaboradores, 2016.

Tabla 10. Resultados del contenido de compuestos fenólicos extraíbles (n=3).

Muestras	Eq. ácido gálico	% DER
BASE	84.85	10.15
Infusión de canela	1090.77	2.10
Extracto natural de vainilla	2260.26	5.02
BFE	158.85	3.71

Los resultados del contenido de flavonoides extraíbles totales se presentan en la Tabla 11, las determinaciones se realizaron en la BFE, el extracto natural de vainilla, la infusión de canela y en la bebida BASE.

Tabla 11. Resultados del contenido de flavonoides extraíbles (n=3).

Muestra	Eq. de quercetina	% DER
BASE	24.77	12.28
Infusión de canela	2.06	9.19
Extracto natural de vainilla	347.07	0.65
BFE	49.62	7.47

7.6. Determinación de β -glucanos en la bebida formulada

El contenido de β -glucanos presente en 100 g y en la BAE por porción se presentan en la Tabla 13.

Tabla 12. Resultados del contenido medio de β -glucanos en la bebida (n=9).

Muestra	β -glucano (g/100 g)	β -glucano en bebida (g/porción)	% DER
BFE	0.4880	1.5372	5.95

7.7. Determinación del índice glucémico y carga glucémica

En la tabla 13 se presenta la media, desviación estándar y %DER de los resultados de glucosa en sangre, colesterol y triglicéridos de los participantes en la prueba de determinación del IG y CG.

Tabla 13. Promedios de los resultados bioquímicos de los voluntarios (n=10).

	Promedio (mg/dL)	Desv. Estándar (mg/dL)	%DER
Glucosa en sangre	90.7	6.7	7.3
Colesterol	172.7	6.7	3.9
triglicéridos	83.6	6.7	8.0

Los niveles de glucosa en sangre obtenidos del consumo del alimento estándar en los 10 voluntarios se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados de glucosa en sangre para el alimento estándar

Niveles de glucosa en sangre al consumir el alimento estándar (mg·dL ⁻¹)							
Voluntarios \ Tiempo (min)	0	15	30	45	60	90	120
V1	88	93	159	126	151	119	100
V 2	110	104	151	173	113	107	119
V3	84	90	105	132	134	115	123
V4	74	113	147	133	136	153	106
V5	84	91	158	223	144	122	121
V6	79	111	121	133	114	94	118
V7	79	86	122	137	124	98	109
V8	88	92	118	130	182	129	135
V9	86	97	115	147	129	159	125
V10	86	110	144	138	130	128	122

Los valores de glucosa en sangre obtenidos durante el consumo de la BFE se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Resultados de glucosa en sangre para la bebida formulada.

Niveles de glucosa en sangre al consumir la BFE (mg·dL ⁻¹)							
Tiempo (min) Voluntarios	0	15	30	45	60	90	120
V1	81	98	119	113	124	106	88
V 2	93	105	115	113	113	91	102
V3	88	111	124	114	100	82	97
V4	80	96	121	160	134	118	105
V5	75	82	100	125	119	90	86
V6	76	95	104	91	90	87	75
V7	81	110	104	96	102	95	99
V8	98	105	118	130	128	114	120
V9	90	110	122	125	119	115	117
V10	87	97	113	113	102	102	109

En la tabla 16 se presentan los resultados del AUC obtenidos de los valores de glucosa en sangre durante la ingesta del alimento estándar. En la tabla 17 se presentan los resultados del AUC obtenidos de los valores de glucosa en sangre durante la ingesta de la BFE.

Tabla 16. Área bajo la curva del alimento estándar.

Área Bajo la Curva del alimento estándar							
Áreas Voluntarios	A	B	C	D	E	F	ABC
V1	37.5	495	817.5	510.5	1410.0	645.0	3915.5
V 2	45	352.5	780	85.5	90.0	180.0	1533
V3	45	202.5	517.5	423.0	1215.0	1050.0	3453
V4	292.5	840	990	524.0	2115.0	1665.0	6426.5
V5	52.5	682.5	1598	589	1470	1125	5516.5
V6	240	555	720	316.5	750	810	3391.5
V7	52.5	375	757.5	395.5	960	735	3275.5
V8	30	255	540	747	2025	1320	4917
V9	82.5	300	675	383.5	1740	1680	4861
V10	180	615	825	382	1290	1170	4462

Tabla 17. Área bajo la curva de la bebida formulada.

Área Bajo la Curva de la bebida formulada							
Áreas Voluntarios	A	B	C	D	E	F	ABC
V1	127.5	157.5	525	354.5	1020.0	480.0	2664.5
V 2	90	255	315	170.0	330.0	165.0	1325
V3	172.5	442.5	465	116.0	270.0	225.0	1691
V4	120	427.5	907.5	485.0	1380.0	945.0	4265
V5	52.5	240	562.5	380	885	390	2510
V6	142.5	352.5	322.5	120	375	180	1492.5
V7	217.5	390	285	172.5	525	480	2070
V8	52.5	202.5	390	257	690	570	2162
V9	150	390	502.5	252.5	810	780	2885
V10	75	270	390	138.5	450	555	1878.5

Los resultados del índice glucémico se calcularon con el área bajo la curva de la bebida formulada y del alimento estándar (pan). Para el cálculo del ABC en los diferentes tiempos se consideró la fórmula de área dependiendo de la forma geométrica de la misma según correspondiera a un trapecio o a un triángulo equilátero, el cálculo del IG y CG se calcularon con las curvas de glucosa de los 10 voluntarios (n=10). El IG promedio fue de 54 con un %DER de 27, que lo califica como un alimento de bajo IG, en cuanto la CG promedio correspondió a 27, siendo una CG alta.

7.8. Análisis microbiológico de la bebida formulada

Se analizaron 3 bebidas y en cada una de ellas las determinaciones de mesófilos aerobios, de coliformes totales y de hongos y levaduras se realizaron por triplicado (n=9) considerando las diluciones 1:10, 1:100 y 1:1000. Los resultados del conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) en la bebida formulada se presentan en las Tablas 18, 19 y 20. Estos resultados muestran que la bebida es estable a 4°C durante las primeras 24 horas.

Tabla 18. Resultados de mesófilos aerobios en la bebida formulada.

Tiempo (horas)	UFC promedio
0	0
24	0
48	20
72	48

Tabla 19. Resultados de coliformes totales en la bebida formulada.

Tiempo (horas)	UFC promedio
0	0
24	0
48	4
72	10

Tabla 20. Resultados de hongos y levaduras en la bebida formulada.

Tiempo (horas)	UFC promedio
0	0
24	0
48	0
72	0

8. DISCUSIONES

8.1. Formulación de la bebida de avena

La formulación general de la bebida se basó en un proceso reportado previamente en el cual se sometía a remojo avena en agua por 8 horas a 4°C (López-Méndez et al., 2016), bebida BASE; con variantes como la cantidad de agua en la bebida, el tipo de molienda en la avena así como la adición de extracto comercial natural de vainilla e infusión de canela.

Cuando la avena se somete a calentamiento sufre cambios en su estructura lo que le confiere una textura diferente por la gelatinización del almidón presente en el cereal y en donde se han planteado cambios significativos en los β -glucanos presentes (Yiu, Wood, & Weisz, 1987); estas características impedirían lograr la formulación de una bebida por lo que parte del objetivo era lograr la formulación sin que la avena atravesara por un proceso térmico y más bien se aplicara un proceso de refrigeración y reposo como lo plantearon López-Méndez y col.

La canela y la vainilla se seleccionaron por sus propiedades saborizantes, antioxidantes y antimicrobianas, con las cuales se esperaba que se potencializara la funcionalidad de la bebida y se mejorara la aceptación del producto. En este estudio se consideraron diferentes cantidades de estos ingredientes para ser incluidos dentro de un diseño experimental y en el cual se obtuvieron 9 formulaciones posibles.

El proceso de molienda de la canela y de la avena tuvo como finalidad mantener un tamaño uniforme en los ingredientes, además de que se ha reportado que la molienda es un proceso que puede disminuir la presencia de microorganismos siempre y cuando se realice en un equipo de molienda sanitizado y se mantengan las condiciones de humedad relativa controladas (12-15%) (Fernández-Escartin, 2008).

La canela se sometió a un proceso de infusión a 90 °C por 10 minutos y filtración utilizando las distintas concentraciones planteadas en el diseño experimental. De las infusiones obtenidas se utilizaron 250 mL para la formulación de la bebida.

Para la adición de la vainilla se utilizó un extracto natural de vainilla comercial considerando también las distintas concentraciones establecidas en el diseño experimental de dos niveles.

8.2. Evaluación sensorial de la bebida formulada

Los métodos de evaluación implementados fueron una escala hedónica de 9 puntos y una prueba de preferencia. Las nueve formulaciones obtenidas del diseño experimental se analizaron de tres en tres por día y aunque en los resultados de la escala hedónica no hubo diferencias significativas en las puntuaciones de las bebidas, sí se observó una tendencia de aumento en el puntaje medio en las BFE enriquecidas con 5 g de canela y 2 mL de vainilla, así como con 5 g de canela y 3 mL de extracto de vainilla. Esta última fue la BFE seleccionada para analizar, considerando que era de las mejores formulaciones evaluada y que contenía las máximas cantidades de canela y vainilla.

La elección del consumidor y su comportamiento de compra pueden llevar a elección de alimentos funcionales por los beneficios que obtendrán en su salud a que solamente se guíen por el sabor, de ahí la importancia de comprender cómo las declaraciones de propiedades saludables específicas en los productos influyen en las preferencias de los consumidores y sus intenciones de compra (Kim & Kwak, 2015). En el caso de la bebida formulada, el realizar una plática previa a la evaluación sensorial, sobre el contenido nutrimental y potenciales beneficios a la salud por su consumo diario podrían llevar a una mayor aceptación del producto.

8.3. Determinación de la densidad de la bebida formulada

La densidad en el proceso de diseño de alimentos es una característica física en la cual se define como la relación de la masa entre el volumen y generalmente la varianza entre sólidos y líquidos es muy pequeña (FAO, 2012). Esta propiedad física determina el volumen de espacio que ocupará el alimento en el empaque además que es una herramienta útil para la conversión matemática de masa a volumen (Luther, Suter, & Brusewitz, 2005), los resultados de la densidad de la BFE se aplicaron para realizar un cálculo más exacto en las determinaciones del aporte energético y en la cuantificación de β -glucanos en la bebida formulada.

8.4. Análisis proximal de la bebida formulada

Para la caracterización proximal de la BFE se incluyeron las pruebas de determinación de cenizas, extracto etéreo o grasas, proteína, fibra y extracto libre de nitrógeno. Los resultados obtenidos expresados en g por cada 100 g de producto fueron: 2.40 g de cenizas, 4.53 g de extracto etéreo, 9.06 g de proteína, 0.79 g de fibra y 83.22 g de extracto libre de nitrógeno (ELN). El aporte calórico de la BFE calculado fue de 187.68 Kcal por porción.

Los resultados obtenidos en la bebida BASE reportados por López-Méndez y col. en 2016, (250 mL de agua y 55 g de avena) fueron: 1.6 g de ceniza, 9.4 g de proteína, 7.3 g de grasa, 1.8 g de fibra y 81.6 g de ELN (carbohidratos). Las diferencias con respecto a los valores obtenidos en esta investigación se pueden atribuir a las diferentes marcas de avena utilizadas, al proceso de molienda utilizado en la avena, así como a la adición de la infusión de canela y el extracto natural de vainilla. Los tiempos de refrigeración y temperatura (8 horas a 4°C) fueron los mismos en ambas bebidas. La implementación de métodos analíticos adecuados son el primer paso para determinar la adecuación nutricional de suministros de alimentos; los datos obtenidos de estos análisis pueden utilizarse para proporcionar información a través de la etiqueta nutrimental y así mismo para construir bases de datos para estudiar las correlaciones entre los nutrientes

y enfermedades por deficiencia de nutrientes (Greenfield & FAO, 1995). En esta investigación, los datos obtenidos de la BFE se pueden utilizar para realizar una recomendación nutricional más concreta y adecuada al momento de ser integrada dentro de un plan de alimentación e incluso, en el área de la investigación, para la realización de una intervención nutricional y evaluación del efecto del consumo de la bebida en un determinado grupo de pacientes.

8.5. Cuantificación del contenido de β -glucanos, de polifenoles extraíbles y de flavonoides en la bebida formulada

a) Cuantificación del contenido de β -glucanos

Los resultados del contenido de β -glucanos presentes en la bebida formulada, arrojaron un total de 0.49 g de β -glucano en 100 g de bebida, de acuerdo a la densidad de la BFE, se obtiene que por cada bebida de avena y especies aromáticas se aportan 1.6 g de β -glucano, lo que resulta en un aporte del 50% de requerimiento diario recomendado por la FDA, el cual corresponde a 3 g al día; según este organismo, un alimento que contenga avena o cebada debe contener al menos 0.75 g de fibra soluble por cantidad de referencia del alimento (FDA, 2015), requisito que se cumple en la bebida formulada en esta investigación.

La mayoría de los alimentos que contienen β -glucanos se enriquecen para así cumplir con la recomendación diaria de la FDA, este proceso se puede plantear dentro de una reformulación de la BFE, sin embargo, se aumentarían los costos de producción y por lo tanto el costo final de la bebida. Otra alternativa para cumplir con la recomendación de la FDA sería el consumir dos bebidas diarias en el entendido que se haga dentro de un plan de alimentación diseñado por un experto en nutrición.

b) Cuantificación del contenido de polifenoles totales extraíbles y flavonoides extraíbles.

El contenido de compuestos fenólicos totales y flavonoides extraíbles en la bebida BASE fue de 84.9 $\mu\text{g/mL}$ eq. de ácido gálico y 24.8 μg eq. de quercetina/mL, respectivamente. En el caso de la bebida formulada enriquecida los resultados para compuestos fenólicos extraíbles fueron de 158.9 μg eq. de ácido gálico/mL, esto quiere decir que se incrementó un 87.2% más el contenido de compuestos fenólicos totales en la bebida enriquecida con infusión de canela y extracto natural de vainilla que en la bebida BASE, la cual estaba conformada por agua y avena. En cuanto a la determinación de flavonoides extraíbles, la bebida BASE presentó 24.8 μg eq. de quercetina/mL mientras que la BFE presentó 49.6 μg eq. de quercetina/mL, un 200% más que la bebida BASE. Con lo anterior se comprobó que con la adición de la infusión de canela y del extracto natural de vainilla se mejoró el contenido de antioxidantes en el producto, compuestos que también se han relacionado con el mejoramiento de enfermedades inflamatorias, aumentando así el potencial funcional de la bebida formulada, sin embargo, se recomienda la realización de pruebas sobre su capacidad antioxidante y análisis más exactos para identificar el tipo de compuestos fenólicos y de flavonoides y otros compuestos que también pudieran estar presentes.

La presencia de compuestos antioxidantes en los granos de avena se puede ver disminuida por los diferentes procesos que se someten para convertirlos en hojuelas de avena, en los cuales a pesar de que mejora la calidad del grano evitando la rancidez y mejorando su presentación, por otro lado afecta la presencia de otros nutrientes como vitaminas, fibra dietética, minerales, ácidos grasos esenciales, nutrientes y fitoquímicos que son importantes para la prevención de enfermedades crónicas (Slavin, 2003). La adición de la infusión de la canela y el extracto natural de vainilla a la bebida podrían compensar la pérdida de compuestos antioxidantes que pudieran perder los copos de avena por el proceso de molienda a los cuales se someten.

8.6. Determinación del IG y CG de la bebida formulada

La respuesta de la glucosa normalmente es medida vía capilar, aunque también se puede considerar la glucosa plasmática, se recomienda el método de vía capilar ya que los resultados se obtienen de un forma rápida y fácil, además de que las mediciones del primer método varían menos entre sí que en la glucosa plasmática (Salmeron, J., et al, 1997; FAO, 1998). La IG y CG se obtuvieron de un grupo de 10 personas sanas, los resultados indicaron que el índice glucémico de la bebida fue en promedio de 54 y el promedio de la carga glucémica fue de 27.

El valor promedio de IG de 54 en la bebida formulada lo clasifica como un alimento con un bajo IG (Yang et al., 2006), el porcentaje de DER fue de 27 % siendo un valor aceptable debido a las variaciones metabólicas de cada uno de los participantes, por lo anterior podría considerarse una tendencia a un IG medio, esto dependiendo del metabolismo del consumidor.

La respuesta glucémica no sólo depende de la IG, sino también de la CG (carga glucémica), la cual se refiere a la cantidad de carbohidratos ingeridos, cada gramo de carbohidrato presente en el alimento llevará consigo un aumento de la glucosa en la sangre. La GL se clasifica como bajo cuando es menor a 10, intermedio entre 11 y 19; y alto cuando es mayor a 20, 1 unidad de CG se aproxima al efecto glucémico de 1 g de glucosa (Eleazu, 2016), dados los resultados de la bebida formulada, esta se clasifica con una CG alta. La mayoría de las dietas contienen de 60 a 180 unidades de CG (Eleazu, 2016), lo que representaría un aporte del 45 al 15% de carbohidratos al día de la BFE, respectivamente; ya que el alto consumo de carbohidratos en la dieta aumenta el riesgo de enfermedad de diabetes tipo 2, se recomienda que la bebida sea incluida dentro de un plan de alimentación equilibrado para mantener bajo control la ingesta máxima de carbohidratos al día. Otra alternativa para disminuir la CG sería la modificación de la porción diaria de la BFE, aunque esto implicaría la pérdida de aporte de otros nutrientes, como los β -glucanos.

8.7. Determinación de la calidad microbiológica de la BFE

La evaluación de la calidad microbiológica de los alimentos genera información sobre el grado de contaminación de alimentos que sean potencialmente peligrosos y también se verifica las condiciones sanitarias del lugar donde son procesados (COFEPRIS, 2014). Durante el proceso de elaboración se utilizaron equipos y utensilios limpios, para manipulación de los ingredientes se utilizaron guantes de nitrilo y bata limpia, además de que se desinfectaba el área de preparación y equipos con alcohol.

Para la elaboración de la bebida se utilizó canela y avena. Ambos ingredientes crecen a campo abierto, una de las ventajas de su presentación es su baja actividad acuosa (Aa) lo que les confiere capacidad de autoconservación, en caso de que la humedad relativa del lugar en donde se almacenan aumenta se propiciaría el desarrollo de microorganismos, principalmente hongos (Fernández-Escartin, 2008) por lo que una vez molidos deben ser almacenados en un lugar seco (humedad relativa máxima del 6%). Cuando la avena es procesada para convertirla en hojuela, es sometida a tratamientos térmicos, en donde además de desactivar enzimas que pudieran afectar la calidad del producto (Slavin, 2003) también se disminuye la carga microbiana presente (Fernández-Escartin, 2008). El proceso realizado para la obtención de la bebida incluye la molienda de la avena y de la canela. Este procedimiento bien podría impactar en el contenido nutricional de la materia prima, pero a la vez mejora su calidad microbiológica. La presencia de bacterias patógenas en los cereales molidos es baja, sin embargo, se debe tener cuidado de limpiar el equipo de molienda adecuadamente para evitar la acumulación de microorganismos y que puedan aumentar la carga microbiana en el producto, así como mantener una humedad relativa baja y almacenamiento adecuado (Fernández-Escartin, 2008) de la harina de avena y de la canela molida.

Durante los procesos de elaboración de la bebida se realizaba una inspección general de la materia prima para eliminar algún ingrediente que presentara contaminaciones o características ajenas al producto en sí y con esto contribuir a la disminución de riesgos de contaminación.

La preparación de la infusión de canela consistió en realizar el calentamiento de agua potable a 90°C y una vez alcanzada esta temperatura se agregaba la canela molida la cual permanecía en calentamiento durante 10 minutos, es proceso fue clave para disminuir la presencia de microorganismos que pudieran ser patógenos para los consumidores de la BFE. Enseguida se filtraba y se tomaba la cantidad de 250 mL para ser incluidos en la bebida. Lo anterior contribuyó a que en los resultados de las evaluaciones microbiológicas resultaran favorables en las primeras 48 horas de su preparación.

Otro factor importante durante la elaboración de la bebida fue el método de refrigeración al cual se sometió, bajo las condiciones de reposo a 4°C durante 8 horas, si bien no es un método que elimine por completo la carga microbiana, sí inhibe el crecimiento de microorganismos que pudieran estar presentes. Además de que se utilizó extracto de vainilla y la infusión de canela, alimentos reconocidos por sus propiedades antioxidantes y microbiológicas.

Los resultados obtenidos en las primeras 24 horas, arrojaron que se cumplen con los límites máximos permisibles de microorganismos establecidos en las Normas Mexicanas para Coliformes totales <10 UFC/g (NOM-113-SSA1-1994); hongos y levaduras <10 UFC/g (NOM-111-SSA1-1994) y mesófilos aerobios <50 UFC/g (NOM-092-SSA1-1994), lo que valida el procedimiento aplicado para la elaboración de la bebida a base de avena sin tratamiento térmico y especies vegetales.

Debido a que durante las pruebas se observaron cambios en la consistencia de la bebida desde las 48 a 72 horas después de ser preparada, se infiere que esto podría afectar en la percepción sensorial, además de que ya se observaba la presencia de coliformes y mesófilos aerobios en las bebidas, por lo que se recomienda que sea consumida en las primeras 24 horas después de su elaboración.

9. CONCLUSIONES

Se logró la formulación de una bebida a base de avena sin tratamiento térmico enriquecida con infusión de canela y extracto natural de vainilla, con mejor aceptación y preferencia sensorial, con bajo Índice Glucémico, una Carga Glucémica de 27 unidades; la bebida puede aportar el 50% de fibra de β -glucanos de acuerdo a la recomendación diaria de la FDA y cuyo contenido de compuestos fenólicos libres fue de 158.9 μg equivalentes de ácido gálico/mL mientras que de flavonoides extraíbles de 46.6 μg equivalentes de quercetina/mL, lo que la convierte en una opción de alimento nutritivo y con potencial funcional.

La estabilidad microbiológica de la bebida fue hasta 24 horas después de su elaboración manteniéndola en refrigeración a 4 °C

REFERENCIAS

- Aluko, R. (2012). *Functional Foods and Nutraceuticals*. New York: Springer.
- Balderas-Rentería, I. (2015). *Diabetes, Obesidad y Síndrome Metabólico. Un abordaje multidisciplinario*. (M. Moderno, Ed.) (1ra ed.). México, D.F.
- Barquera, S., Campos-Nonato, I., Aguilar-Salinas, C., Lopez-Ridaura, R., Arredondo, A., & Rivera-Dommarco, J. (2013a). Diabetes in Mexico: cost and management of diabetes and its complications and challenges for health policy. *Globalization and Health*, 9(1), 3. <http://doi.org/10.1186/1744-8603-9-3>
- Barquera, S., Campos-Nonato, I., Aguilar-Salinas, C., Lopez-Ridaura, R., Arredondo, A., & Rivera-Dommarco, J. (2013b). Diabetes in Mexico: cost and management of diabetes and its complications and challenges for health policy. *Globalization and Health*, 9(1), 3. <http://doi.org/10.1186/1744-8603-9-3>
- Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D., & Fito, P. (2011). Functional foods development: Trends and technologies. *Trends in Food Science and Technology*, 22(9), 498–508. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.05.004>
- Butt, M. S., Tahir-Nadeem, M., Khan, M. K. I., Shabir, R., & Butt, M. S. (2008). Oat: Unique among the cereals. *European Journal of Nutrition*, 47(2), 68–79. <http://doi.org/10.1007/s00394-008-0698-7>
- Cervera, M., & Crepí, M. (2010). Tratamiento farmacológico de la diabetes, de la obesidad y de otros componentes del síndrome metabólico. *Nutrición Hospitalaria*, 3(suppl 1), 72–82.
- Charles, D. J. (2013). Antioxidant properties of spices, herbs and other sources. *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*, 1–610. <http://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0-1>
- COFEPRIS. (2014). Calidad Microbiológica de Alimentos. Retrieved from [http://www.cofepris.gob.mx/Paginas/Temas Interes/Programas y Proyectos/Alimentos/CalidadMicrobiologicaAlimentos.aspx](http://www.cofepris.gob.mx/Paginas/Temas%20Interes/Programas%20y%20Proyectos/Alimentos/CalidadMicrobiologicaAlimentos.aspx)
- Corbo, M. R., Bevilacqua, A., Petruzzi, L., Casanova, F. P., & Sinigaglia, M. (2014). Functional Beverages: The Emerging Side of Functional Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(6), 1192–1206. <http://doi.org/10.1111/1541-4337.12109>
- Delaney, B., Nicolosi, R. J., Wilson, T. a, Carlson, T., Frazer, S., Zheng, G.-H., ... Knutson, N. (2003). Beta-glucan fractions from barley and oats are similarly antiatherogenic in hypercholesterolemic Syrian golden hamsters. *The Journal of Nutrition*, 133(2), 468–475.
- Eleazu, C. O. (2016). The concept of low glycemic index and glycemic load foods as panacea for type 2 diabetes mellitus; prospects, challenges and solutions.

- African Health Sciences*, 16(2), 468–479. <http://doi.org/10.4314/ahs.v16i2.15>
- FAO. (1992). *Manuales Para El Control De Calidad De Los Alimentos 12*. Roma.
- FAO. (1993). FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S03.htm#ch3>
- FAO. (1998). *Carbohydrates in human nutrition. Carbohydrates in human nutrition. (FAO Food and Nutrition Paper - 66)*. Roma: FAO.
- Fellows, P., & Hampton, A. (1992). Beverages. In P. Fellows & A. Hampton (Eds.), *Small-scale food processing - A guide for appropriate equipment* (1 st). London: Intermediate Technology Publications/Intermediate Technology Publications. <http://doi.org/10.1002/pts.2770070306>
- Fernández-Escartin, E. (2008). *Microbiología e inocuidad de los alimentos* (2da.). Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Girbés Borrás, J. (2008). Métodos para la determinación de la sensibilidad a la insulina basados en la sobrecarga oral de glucosa. *Avances En Diabetología Diabetol.*, 24(4), 296–304. Retrieved from <http://www.sediabetes.org/gestor/upload/revistaAvances/24-4-4.pdf>
- Greenfield, H., & FAO. (1995). *Quality and accessibility of food-related data*. (H. Greenfield, Ed.), *Trends in Food Science & Technology* (1st ed., Vol. 6). Sidney: AOAC International. [http://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)89239-0](http://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)89239-0)
- Greenfield, H., & Southgate, D. (2003). *Food composition data* (2da ed.). Roma: FAO.
- Havrlentová, M., Petruláková, Z., Burgárová, A., Gago, F., Hlinková, A., & Šturdík, E. (2011). Cereal β -glucans and their significance for the preparation of functional foods - A review. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(1), 1–14.
- Kemp, S. E., Hollowood, T., & Hort, J. (2009). *Sensory Evaluation - A Pratical Handbook*.
- Kim, M. K., & Kwak, H. S. (2015). Influence of functional information on consumer liking and consumer perception related to health claims for blueberry functional beverages. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 70–76. <http://doi.org/10.1111/ijfs.12627>
- Lavine, B. K., Corona, D. T., & Perera, U. D. N. T. (2012). Analysis of vanilla extract by reversed phase liquid chromatography using water rich mobile phases. *Microchemical Journal*, 103, 49–61. <http://doi.org/10.1016/j.microc.2012.01.004>
- Lehtinen, P., Kaukovirta-Norja, A., Sibakov, J., Myllymäki, O., Puotanen, K., & Pihlava, J. M. (2009). Functional oat ingredients-opportunities and challenges for food technology. *Cereal Foods World*, 54(6), 267–271.
- López-Méndez, L. F., Meléndez-Coral, M., Cerda-Flores, R. M., de la Garza-Hernández, A. L., Ramírez-López, E., Ibarra-Salas, M. de J., & Garza-

- Juárez, A. de J. (2016). Standardization and Glycemic Index of a Traditional Oat (*Avena sativa*) Beverage. *Journal of Food and Nutrition Research*, 4(6), 388–393. <http://doi.org/10.12691/jfnr-4-6-7>
- Luther, W., Suter, D., & Brusewitz, G. (2005). *Food & Process Engineering Technology. Physical Properties of Food Materials*. Michigan: American Society of Agricultural Engineer.
- Lyly, M., Liukkonen, K. H., Salmenkallio-Marttila, M., Karhunen, L., Poutanen, K., & Lähteenmäki, L. (2009). Fibre in beverages can enhance perceived satiety. *European Journal of Nutrition*, 48(4), 251–258. <http://doi.org/10.1007/s00394-009-0009-y>
- Mohamed, S. (2014). Functional foods against metabolic syndrome (obesity, diabetes, hypertension and dyslipidemia) and cardiovascular disease. *Trends in Food Science and Technology*, 35(2), 114–128. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.11.001>
- Naumann, E., Van Rees, A. B., Önning, G., Öste, R., Wydra, M., & Mensink, R. P. (2006). β -Glucan incorporated into a fruit drink effectively lowers serum LDL-cholesterol concentrations. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83(3), 601–605.
- Noshad, S., Afarideh, M., Heidari, B., Mechanick, J., & Esteghamati, A. (2015). Diabetes Care in Iran: Where We Stand and Where We Are Headed. *Annals of Global Health*, 8(6), 839–850.
- Pandey, S., & Singh, R. (2014). Phytochemical Screening of Selected Medicinal Plant Cinnamon *Zeylanicum* bark extract , Area of research ; *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(6), 1–6.
- Pang, G., Xie, J., Chen, Q., & Hu, Z. (2012). How functional foods play critical roles in human health. *Food Science and Human Wellness*, 1(1), 26–60. <http://doi.org/10.1016/j.fshw.2012.10.001>
- Pizarro, S., Ronco, A. M., & Gotteland, M. (2014). betaglucanos que tipos existen y sus beneficios. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(3), 439–446.
- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S., & Shahabimajd, N. (2006). Characteristics and Antioxidant Effect of Garlic in the Fermentation of Cheonggukjang by *Bacillus amyloliquefaciens* MJ1-4. *African Journal of Biotechnology*, 5(11), 1142–1145.
- Rahar, S., Swami, G., Nagpal, N., Nagpal, M., & Singh, G. (2011). Preparation, characterization, and biological properties of β -glucans. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 2(2), 94. <http://doi.org/10.4103/2231-4040.82953>
- Ranasinghe, P., Pigera, S., Premakumara, G. S., Galappaththy, P., Constantine, G. R., & Katulanda, P. (2013). Medicinal properties of “true” cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review. *BMC Complementary and*

- Alternative Medicine*, 13(1), 1. <http://doi.org/10.1186/1472-6882-13-275>
- Rao, P. V., & Gan, S. H. (2014). Cinnamon: A multifaceted medicinal plant. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 12. <http://doi.org/10.1155/2014/642942>
- Raz, C., Piper, D., Haller, R., Nicod, H., Dusart, N., & Giboreau, A. (2008). From sensory marketing to sensory design: How to drive formulation using consumers' input? *Food Quality and Preference*, 19(8), 719–726. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.04.003>
- Roberfroid, M. B. (2007). Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 1660e1664.
- Romero-Cerecero, O., Reyes-Morales, H., Aguilar-Santamaria, L., Huerta-Reyes, M., & Tortoriello-Garcia, J. (2009). Use of medicinal plants among patients with diabetes mellitus type 2 in Morelos , Mexico. *Bolletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, 8(5), 380–388.
- Shyamala, B. N., Madhava Naidu, M., Sulochanamma, G., & Srinivas, P. (2007). Studies on the antioxidant activities of natural vanilla extract and its constituent compounds through in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7738–7743. <http://doi.org/10.1021/jf071349+>
- Singh, R., De, S., & Belkheir, A. (2013). Avena sativa (Oat), A Potential Nutraceutical and Therapeutic Agent: An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 126–144. <http://doi.org/10.1080/10408398.2010.526725>
- Slavin, J. (2003). Why whole grains are protective: biological mechanisms. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), 129–134. <http://doi.org/10.1079/PNS2002221>
- Sterna, V., Zute, S., & Brunava, L. (2016). Oat grain composition and its nutrition benefice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 252–256. <http://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.100>
- Suhaj, M. (2006). Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 531–537. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.11.005>
- Wani Sajad, A., Shah Tajamul, R., Bindu, B., Nayik Gulzar, A., Gull, A., Muzaffar, K., & Kumar, P. (2014). Oats as a functional food: A review. *Universal Journal of Pharmacy*, 3(1), 14–20.
- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, . E., & Elías, L. G. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. *International Development Research Centre*. Montevideo.
- Yang, Y. X., Wang, H. W., Cui, H. M., Wang, Y., Yu, L. Da, Xiang, S. X., & Zhou, S. Y. (2006). Glycemic index of cereals and tubers produced in China. *World*

Journal of Gastroenterology, 12(21), 3430–3433.

Yiu, S. H., Wood, P. J., & Weisz, J. (1987). Effects of cooking on starch and beta-glucan of rolled oats. *Cereal Chemistry*.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

EUFIC. (2013). European Food Information Council. Retrieved from http://www.eufic.org/article/es/artid/La_vida_util_de_los_alimentos_y_su_importancia_para_los_consumidores/

EUROMONITOR INT. (2017). Soft Drinks in Mexico. Euromonitor.com. Disponible en: <http://www.euromonitor.com/soft-drinks-in-mexico/report>

FAO. (1989). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Santiago, Chile: FAO. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5056s/x5056S00.htm#Contents>

FDA. (2014). Algunos "extractos de vainilla" producidos en México no son una buena oferta. [En línea] Food and Drug Administration. Disponible en: <http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm161239.htm>

FDA, (2015). CFR - Code of Federal Regulations Title 21. [En línea] Disponible en: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=101.81>

FUNIBER. (2012). Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos. Avena. [En línea] Disponible en: <http://composicionnutricional.com/alimentos/AVENA-1>

GBIF. (2016). *Vanilla mexicana* P. Mil. - Checklist View. Global Biodiversity Information Facility. [En línea]. Disponible en: <http://www.gbif.org/species/102227546>

NOM-037-SSA2-2012, Para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias (2012). dof.gob.mx, [En línea] Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5259329&fecha=13/07/2012

NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. (1994). Secretaría de Salud. [En línea] Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>

NOM-111-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos (1994). Secretaría de Salud. [En línea] Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html>

NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa (1994). Secretaría de Salud. [En línea]. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/113ssa14.html>

NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógeno. dof.gob.mx, [En línea] Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015

Nordqvist, J. & Ware, M. (2015). Cinnamon: Health Benefits, Nutritional Information. Medical News today. [En línea]. Disponible en: <http://www.medicalnewstoday.com/articles/266069.php?page=2>

OMS. (2003). DIETA, NUTRICIÓN Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES CRÓNICAS (p. 14). Ginebra: Organización Mundial de la Salud. [En línea] Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ac911s.pdf>

OMS. (2015). Enfermedades no transmisibles. WHO. [En línea] Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/es/>

OMS. (2015). Enfermedades no transmisibles: perfiles de países 2014. Organización Mundial de la Salud. Disponible en <http://www.who.int/nmh/countries/es/>

Anexo 1. Análisis estadístico: ANOVA de un factor para pruebas de evaluación sensorial.

a) Análisis descriptivo de los resultados de la escala hedónica:

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
muestra 581	30	4.93	1.799	.328	4.26	5.61
muestra 946	30	4.77	1.331	.243	4.27	5.26
muestra 370	30	5.33	1.647	.301	4.72	5.95
muestra 620	30	5.77	1.331	.243	5.27	6.26
muestra 461	30	4.73	1.388	.253	4.22	5.25
muestra 793	30	5.37	1.351	.247	4.86	5.87
muestra 836	30	4.87	1.548	.283	4.29	5.44
muestra 519	30	5.17	1.510	.276	4.60	5.73
muestra 274	30	5.57	1.135	.207	5.14	5.99
Total	270	5.17	1.480	.090	4.99	5.34

Puntajes máximos y mínimos obtenidos		
	Mínimo	Máximo
muestra 581	1	9
muestra 946	2	8
muestra 370	1	8
muestra 620	3	8
muestra 461	1	8
muestra 793	2	9
muestra 836	2	8
muestra 519	2	9
muestra 274	4	8
Total	1	9

b) Prueba de homogeneidad de varianzas

Puntajes obtenidos			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
.729	8	261	.666

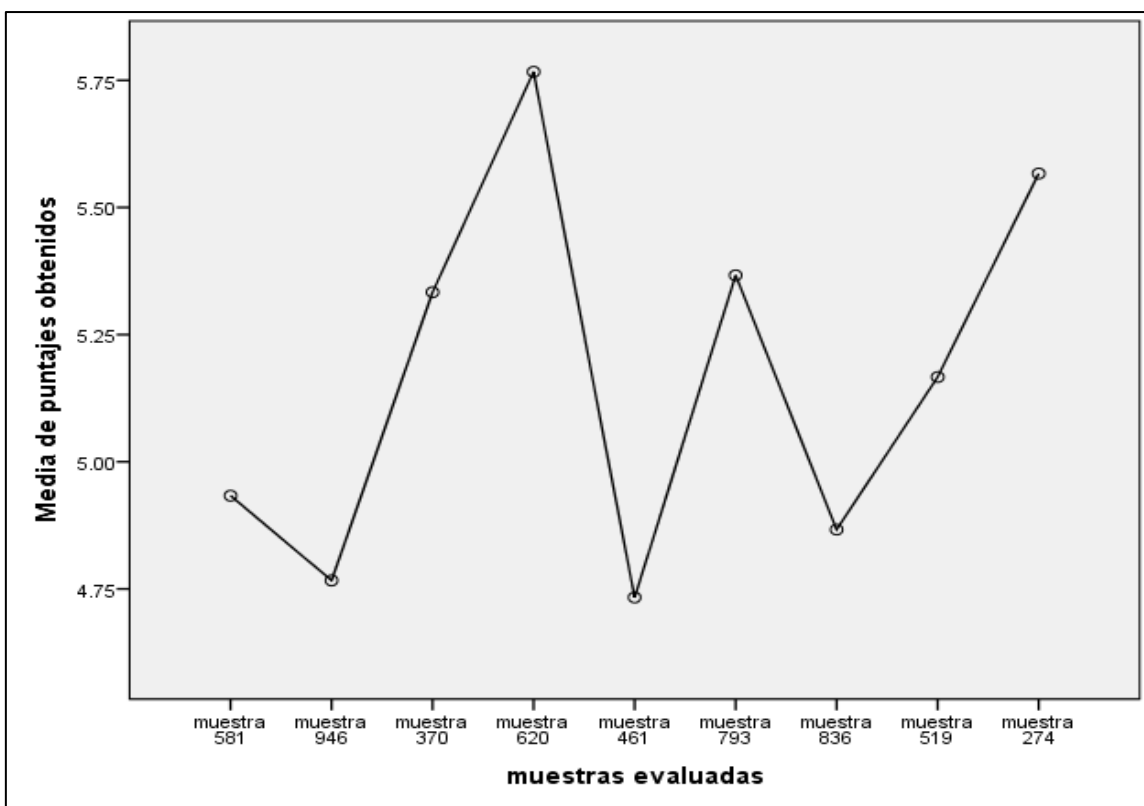
c) Análisis de varianza de un factor

ANOVA					
Puntajes obtenidos					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	32.400	8	4.050	1.897	.061
Dentro de grupos	557.100	261	2.134		
Total	589.500	269			

Pruebas robustas de igualdad de medias				
puntajes obtenidos				
	Estadístico ^a	gl1	gl2	Sig.
Welch	2.140	8	108.636	.038

a. F distribuida de forma asintótica

d) Gráficos de comparación de medias



Codificación de muestras de la serie de evaluaciones sensoriales.

BFE	Canela (g/300 mL de agua)	Extracto de vainilla (mL)
581	1	2
946	3	3
370	5	5
620	5	3
461	1	5
793	3	2
836	1	5
519	3	2
274	5	3

Anexo 2. Consentimiento informado



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Salud Pública y Nutrición



Título del Estudio	Determinación del índice glucémico de una bebida de avena, canela y vainilla
Nombre del Investigador Principal	María Guadalupe Rodríguez Acosta
Teléfono de Contacto	
Persona de Contacto	Dra. en C. Aurora de Jesús Garza Juárez
Fecha de Documento	22.02.17

Usted ha sido invitado(a) a participar en un estudio de investigación. Este documento contiene información importante acerca del propósito del estudio, lo que Usted hará si decide participar, y la forma en que nos gustaría utilizar su información personal y la de su salud.

Puede contener palabras que Usted no entienda. Por favor solicite a su médico o al personal del estudio que le explique cualquier palabra o información que no le quede clara.

¿CUÁL ES EL PROPÓSITO DEL ESTUDIO?

Evaluar el índice glicémico de una bebida formulada a base de avena, canela y vainilla en comparación con un estándar (pan) después de un ayuno mínimo de 8 horas.

¿CUÁL SERÁ LA DURACIÓN DEL ESTUDIO Y CUÁNTOS PARTICIPANTES HABRÁ EN ESTE ESTUDIO?

La duración del estudio es en total de cinco días. Se incluirán 22 sujetos de investigación, los cuales serán divididos en 2 grupos de 11 personas

¿CUÁLES SON LOS REQUISITOS QUE SE TOMARÁN EN CUENTA PARA MI PARTICIPACIÓN?

Los criterios de inclusión y de exclusión son los siguientes: hombres y mujeres sanos, sin alergias hacia alguno de los ingredientes que componen la bebida (avena, canela y extracto de vainilla) o el blanco de la investigación (pan blanco); edad entre 18 a 30 años; Índice de Masa Corporal (IMC) $<25 \text{ kg/m}^2$; glucosa en sangre en ayunas en 70 a 100 mg/dL; hemoglobina glucosilada de 4.0 a 6.0%; colesterol total ($\leq 200 \text{ mg/dL}$); valores de triglicéridos totales $\leq 150 \text{ mg/dL}$; sin alguna prescripción médica; no fumadores, sin enfermedades genéticas, neoplásica, metabólicas o autoinmunes; sin haber padecido recientemente alguna infección. Se excluirán personas que no cumplan con las características anteriores, así como mujeres embarazadas.

¿CUÁL ES EL TRATAMIENTO DEL ESTUDIO?

Si Usted decide participar en este estudio de investigación la intervención consistirá en:

1. Primera sesión: después de un ayuno de 8 a 10 horas, se les dará a consumir una cantidad determinada de pan blanco y se le realizarán tomas de glucosa en sangre vía capilar.
2. Segunda sesión: después de un ayuno mínimo de 8 a 10 horas, se les dará a consumir una cantidad determinada de bebida de avena, infusión de canela y extracto natural de vainilla y se le realizarán tomas de glucosa en sangre vía capilar

¿CUÁLES SON LOS PROCEDIMIENTOS QUE SE ME REALIZARÁN?

Los procedimientos que se le realizarán serán los siguientes:

- Se le realizará una toma sanguínea intravenosa para determinar glucosa en sangre en ayunas, hemoglobina glucosilada, colesterol total y triglicéridos totales.
- Se le medirá su Índice de Masa Corporal tomando las mediciones de su estatura y peso.
- Para la determinación del índice glucémico de la bebida de avena se realizarán dos sesiones:
 1. En estado de ayunas se consumirá una cantidad determinada de pan blanco y se realizarán siete tomas de sangre vía capilar para registrar su contenido de glucosa en sangre. El tiempo aproximado de duración de la prueba será de dos horas y media.
 2. En estado de ayunas se consumirá una cantidad determinada de bebida de avena, canela y extracto de vainilla, se realizarán siete tomas de sangre vía capilar para registrar su contenido de glucosa en sangre. El tiempo aproximado de duración de la prueba será de dos horas y media.

¿QUÉ VA A HACER SI USTED DECIDE PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO?

Si Usted da su consentimiento para participar, se le pedirá que acuda en estado de ayunas de 8 a 10 horas y que consuma los alimentos mencionados permaneciendo el tiempo necesario de la intervención (dos horas y media aproximadamente).

¿CUÁLES SON LOS POSIBLES RIESGOS O MOLESTIAS?

Los riesgos de los procedimientos del estudio incluyen posible dolor por los pinchazos en los dedos y posibilidad de formación de hematomas.

¿CUÁLES SON LOS POSIBLES BENEFICIOS PARA USTED O PARA OTROS?

Es probable que Usted no tenga un beneficio directo por participar en este estudio de investigación. Los posibles beneficios para Usted de este estudio incluyen la entrega de resultados de los análisis bioquímicos que se le realizarán.

¿SU PARTICIPACIÓN EN ESTE ESTUDIO LE GENERARÁ ALGÚN COSTO?

No habrá costos para Usted por participar en este estudio.

Se realizarán pruebas o procedimientos que son parte de este estudio, los cuales serán pagados por la Institución responsable del estudio, y otros exámenes y procedimientos que son parte de su cuidado médico habitual que no serán pagados. Si Usted no cuenta con un seguro médico o su seguro no cubre los gastos de atención médica habitual, Usted será el responsable de cubrir esos gastos.

¿SE LE PROPORCIONARÁ ALGUNA COMPENSACIÓN ECONÓMICA PARA GASTOS DE TRANSPORTACIÓN?

A Usted no se le proporcionará ninguna compensación para sus gastos de transportación.

¿RECIBIRÁ ALGÚN PAGO POR SU PARTICIPACIÓN EN ESTE ESTUDIO?

Usted no recibirá ningún pago por la participación en este estudio.

¿SE ALMACENARÁN MUESTRAS DE SANGRE O TEJIDOS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES?

Autorizar el almacenamiento de sus muestras de sangre o tejidos para futuras investigaciones de su enfermedad no le generará un costo a Usted. Sus muestras serán utilizadas sólo para esta investigación y no se comercializarán ni serán usadas para crear líneas celulares inmortales. La investigación que se realice con ellas puede llevar al desarrollo de nuevos productos o medicamentos en un futuro. Usted no recibirá ninguna compensación ahora o en el futuro por el uso de estas muestras. Las muestras podrán ser almacenadas en el Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública por un lapso de 2 años.

¿QUÉ DEBE HACER SI LE PASA ALGO COMO RESULTADO DE PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO?

Si Usted sufre una lesión o enfermedad durante su participación en el estudio, debe buscar tratamiento a través de su médico de cabecera o centro de atención médica de elección y debe informárselo inmediatamente al responsable del estudio.

Los gastos que genere dicha lesión o enfermedad sólo le serán pagados si el responsable del estudio ha decidido que la lesión/enfermedad está directamente relacionada con los procedimientos del estudio, y no es el resultado de una condición pre-existente de la progresión

normal de su enfermedad, o porque no se han seguido las indicaciones que el médico de estudio ha recomendado.

¿CUÁLES SON SUS DERECHOS COMO SUJETO DE INVESTIGACIÓN?

Si decide participar en este estudio, Usted tiene derecho a ser tratado con respeto, incluyendo la decisión de continuar o no en el estudio. Usted es libre de terminar su participación en este estudio en cualquier momento.

¿PUEDE TERMINAR SU PARTICIPACIÓN EN CUALQUIER MOMENTO DEL ESTUDIO?

Su participación es estrictamente voluntaria. Si desea suspender su participación, puede hacerlo con libertad en cualquier momento. Si elige no participar o retirarse del estudio, su atención médica presente y/o futura no se verá afectada y no incurrirá en sanciones ni perderá los beneficios a los que usted tendría derecho de algún otro modo.

Su participación también podrá ser suspendida o terminada por el responsable del estudio, sin su consentimiento, por cualquiera de las siguientes circunstancias:

- Que el estudio haya sido cancelado.
- Que el profesional considere que es lo mejor para Usted.
- Que necesita algún procedimiento o medicamento que interfiere con esta investigación.
- Que no ha seguido las indicaciones del médico lo que pudiera traer como consecuencias problemas en su salud.

Si Usted decide retirarse de este estudio, deberá realizar lo siguiente:

- Notificar al profesional tratante del estudio
- Deberá de regresar todo el material que su médico le solicite.

Si su participación en el estudio se da por terminada, por cualquier razón, por su seguridad, el responsable del estudio continuará con seguimientos clínicos. Además, su información médica recabada hasta ese momento podrá ser utilizada para fines de la investigación.

¿CÓMO SE PROTEGERÁ LA CONFIDENCIALIDAD DE SUS DATOS PERSONALES Y LA INFORMACIÓN DE SU EXPEDIENTE CLÍNICO?

Si acepta participar en la investigación, el responsable del estudio recabará y registrará información personal confidencial acerca de su salud y de su tratamiento. Esta información no contendrá su nombre completo ni su domicilio, pero podrá contener otra información acerca de Usted, tal como iniciales y su fecha de nacimiento. Toda esta información tiene como finalidad garantizar la integridad científica de la investigación. Su nombre no será conocido fuera de la Institución al menos que lo requiera nuestra Ley.

Usted tiene el derecho de controlar el uso de sus datos personales de acuerdo a la Ley Federal de Protección de datos Personales en Posición de Particulares, así mismo de solicitar el acceso, corrección y oposición de su información personal. La solicitud será procesada de acuerdo a las

regulaciones de protección de datos vigentes. Sin embargo, cierta información no podrá estar disponible hasta que el estudio sea completado, esto con la finalidad de proteger la integridad del Estudio.

La Facultad de Salud Pública y Nutrición, así como el Investigador serán los responsables de salvaguardar la información de acuerdo con las regulaciones locales.

Usted tiene el derecho de solicitar por escrito al responsable del estudio un resumen de su expediente clínico.

La información personal acerca de su salud y de su tratamiento del estudio podrá procesarse o transferirse a terceros en otros países para fines de investigación y de reportes de seguridad, incluyendo agencias reguladoras locales (Secretaría de Salud SSA), así como al Comité de Ética en Investigación y al Comité de Investigación de nuestra Institución.

Para los propósitos de este estudio, autoridades sanitarias como la Secretaría de Salud y el Comité de Ética en Investigación y/o el Comité de Investigación de nuestra Institución, podrán inspeccionar su expediente clínico, incluso los datos que fueron recabados antes del inicio de su participación, los cuales pueden incluir su nombre, domicilio u otra información personal.

En caso necesario estas auditorías o inspecciones podrán hacer fotocopias de parte o de todo su expediente clínico. La razón de esto es asegurar que el estudio se está llevando a cabo apropiadamente con la finalidad de salvaguardar sus derechos como sujeto en investigación.

Los resultados de este estudio de investigación podrán presentarse en reuniones o en publicaciones.

La información recabada durante este estudio será recopilada en bases de datos del investigador, los cuales podrán ser usados en otros estudios en el futuro. Estos datos no incluirán información médica personal confidencial. Se mantendrá el anonimato.

Al firmar este documento, Usted autoriza el uso y revelaciones de la información acerca de su estado de salud y tratamiento identificado en esta forma de consentimiento. No perderá ninguno de sus derechos legales como sujeto de investigación. Si hay cambios en el uso de su información, el responsable del estudio le informará.

**SI TIENE PREGUNTAS O INQUIETUDES ACERCA DE ESTE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN,
¿A QUIÉN PUEDE LLAMAR?**

En caso de tener alguna pregunta relacionada a sus derechos como sujeto de investigación de la Facultad de Salud Pública y Nutrición podrá contactar al **Dra. Ana Elisa Castro Sánchez**, Presidente del Comité de Ética en Investigación de nuestra Institución.

Facultad de Salud Pública y Nutrición

Dirección: Dr. Eduardo Aguirre Pequeño, Mitras Centro, 64460 Monterrey, N.L.

Teléfono: 13404890

Correo electrónico: ana.castros@uanl.mx

RESUMEN CONSENTIMIENTO

PARA LLENAR POR EL SUJETO DE INVESTIGACIÓN

- Mi participación es completamente voluntaria.
- Confirmando que he leído y entendido este documento y la información proporcionada del estudio.
- Confirmando que se me ha explicado el estudio, que he tenido la oportunidad de hacer preguntas y que se me ha dado el tiempo suficiente para decidir sobre mi participación. Sé con quién debo comunicarme si tengo más preguntas.
- Entiendo que las secciones de mis anotaciones médicas serán revisadas cuando sea pertinente por el Comité de Ética en Investigación o cualquier otra autoridad regulatoria para proteger mi participación en el estudio.
- Acepto que mis datos personales se archiven bajo códigos que permitan mi identificación.
- Acepto que mis materiales biológicos (sangre, orina, tejidos) recolectados puedan usarse para los fines que convengan a este estudio.
- Acepto que mi médico general sea informado de mi participación en este estudio.
- Acepto que la información acerca de este estudio y los resultados de cualquier examen o procedimiento pueden ser incluidos en mi expediente clínico.
- Confirmando que se me ha entregado una copia de este documento de consentimiento firmado.

Nombre del Sujeto de Investigación _____

Firma _____

Fecha _____

PRIMER TESTIGO

Nombre del Primer Testigo _____ Firma

Dirección _____

Fecha _____ Relación con el Sujeto de Investigación _____

SEGUNDO TESTIGO

Nombre del Segundo Testigo _____ Firma

Dirección _____

Fecha _____ Relación con el Sujeto de Investigación _____

PERSONA QUE OBTIENE CONSENTIMIENTO

He discutido lo anterior y he aclarado las dudas. A mi más leal saber y entender, el sujeto está proporcionando su consentimiento tanto voluntariamente como de una manera informada, y él/ella posee el derecho legal y la capacidad mental suficiente para otorgar este consentimiento.

Nombre de la Persona que obtiene el Consentimiento

Firma _____

Fecha _____