



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS**

“Evaluación del efecto de la cocción del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre las propiedades reológicas, fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial del producto tipo hummus”

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PRESENTA:

IQ. KRISTELL EDEIFA SÁNCHEZ RIVERA

DIRIGIDO POR:

DRA. MA GUADALUPE FLAVIA LOARCA PIÑA

CENTRO UNIVERSITARIO, QUERÉTARO, QRO.

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2024.



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Evaluación del efecto de la cocción del frijol común
(Phaseolus vulgaris L.) sobre las propiedades
reológicas, fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial del
producto tipo hummus

por

Kristell Edeifa Sánchez Rivera

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: FQMAC-309135



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERETRO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Evaluación del efecto de la cocción del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre las propiedades reológicas, fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial del producto tipo hummus”

TESIS DE MAESTRÍA

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestro en Ciencias Y Tecnología De Alimentos

Presenta:

IQ. Kristell Edeifa Sánchez Rivera

Dirigido Por:

Dra. Ma Guadalupe Flavia Loarca Piña

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Presidente

Dra. Marcela Gaytán Martínez

Secretario

Dra. Sandra Olimpia Mendoza Díaz

Vocal

Dra. Rosalía Reynoso Camacho

Suplente

Dr. Iván Andrés Luzardo Ocampo

Suplente

CENTRO UNIVERSITARIO, QUERÉTARO, QRO. Enero 2024

DEDICATORIA

A mis padres Iris Rivera Leyva y Efrén Sánchez Sáenz, por ser las personas más importantes en mi vida, quienes con esfuerzo y amor han formado de mí una persona con educación y valores, los que me motivan a ser mejor cada día para lograr todos mis propósitos y que merecen cada uno de mis logros. Son mi todo y los amo.

A mis hermanos Imer y Alan, mis gordos, quienes han sido mi apoyo incondicional, mis cómplices, amigos, mi motivación para siempre seguir adelante, los seres que no dejan que me rinda, que me dan consejos y que quiero sin duda con todo mi ser. Gracias por todo familia.

A mi abuelita Natividad, mi mamanaty, quien sé que siempre me esta cuidando desde el cielo y esta feliz de verme seguir con mis sueños.

A mis amigas Diana y Raquel, los seres más increíbles con los que este posgrado me dio oportunidad de coincidir, siendo un apoyo importante durante este camino, al ser las personas que estuvieron en los momentos más difíciles y felices de la maestría, de las que recibí mucho amor, comprensión, consejos y sobre todo una amistad única y especial. Las adoro mis bebés.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a el CONAHCYT por la beca brindada durante la realización de mis estudios de posgrado.

A mi asesora, la Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña por su apoyo en la realización de este proyecto.

A mis padres y hermanos por su cariño, apoyo incondicional y el esfuerzo que han hicieron para que yo haya podido realizar este proyecto.

A mis amigos: Raquel, Diana, Karen, Atalia, Vane, Fer, Italia, Sofi, Claudio, Manuel, Yair, Josué y Javi quienes tuve fortuna de conocer durante el posgrado y me acompañaron durante este proceso apoyándome de distintas maneras.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD DE ESTUDIANTE:

Declaro que los datos propios obtenidos en esta investigación fueron generados durante el desarrollo de mi trabajo de tesis de forma ética y que reporto detalles necesarios para que los resultados de esta tesis sean reproducibles en eventuales investigaciones futuras. Finalmente, este manuscrito de tesis es un trabajo original en el cual se declaró y dio reconocimiento a cualquier colaboración o cita textual presentadas en el documento.



Kristell Edeifa Sánchez Rivera

Resumen

“Hummus” es una salsa tradicional para untar del Medio Oriente hecha de garbanzos, aceite de oliva, tahini, ajo y limón. El hummus se ha vuelto cada vez más popular debido a su contenido nutricional, versatilidad y fácil consumo, pero otras legumbres podrían reemplazar a los garbanzos según la región de cada consumidor. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la cocción del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) sobre las propiedades reológicas, fitoquímicas y la aceptabilidad sensorial de un producto similar al hummus. Se utilizaron métodos tradicionales de cocción y tecnología de extrusión para obtener harinas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Las harinas obtenidas se caracterizaron químicamente por los métodos de la AOAC y para la caracterización fitoquímica se cuantificaron compuestos fenólicos totales, flavonoides y taninos condensados, así como fibra dietética. Además, la capacidad antioxidante fue cuantificada por ABTS y DPPH. Se observó un bajo contenido de lípidos (1.07, 1.28, 1.29 % para harina de frijol cruda, cocción tradicional y cocción por extrusión respectivamente) sin diferencias significativas ($p > 0.05$) entre métodos de cocción. Los contenidos de proteínas, cenizas y carbohidratos estuvieron entre 14-33% para proteínas, 2.9--4.5% para cenizas y 52-76% para carbohidratos. Las harinas obtenidas mostraron una disminución ($p < 0.05$) en la absorción de agua y aceite en comparación con las harinas de frijol crudo, los valores están en un rango de 3.30-4.33 y 0.65-1.98 g absorbidos/g de muestra. En el contenido de fibra total no hubo diferencia apreciable entre ambos métodos de cocción y crudo, los valores obtenidos son similares a los reportados en la bibliografía y varían entre 25-55%. A pesar de que no se encontraron diferencias para los fenoles totales entre los tratamientos, las harinas cocidas presentaron valores más bajos ($p < 0.05$) de taninos condensados en comparación con las harinas crudas. Los resultados sugirieron que las harinas de frijol cocido tenían las características nutricionales y funcionales adecuadas para formular un producto tipo snack tipo hummus. Con las harinas obtenidas se elaboró el producto tipo humus optimizado, al cual se le realizó un análisis sensorial para obtener la más aceptable para el consumidor.

Palabras clave: Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), fibra dietética, hummus, compuestos fenólicos, desarrollo de productos.

Abstract

“Hummus” is a traditional spreadable Middle East dip made from chickpeas, olive oil, tahini, garlic, and lemon. Hummus has become increasingly popular due to its nutritional content, versatility, and easy intake, but other legumes could replace chickpeas according to each consumer’s region. This work aimed to evaluate the rheological and nutraceutical properties and sensory acceptability of a common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)-based hummus-like product as a snack alternative. The ~~raw~~ cooking and extrusion technology methods were used to obtain common ~~bean~~ flours. The obtained flours were chemical characterized by the AOAC methods and for nutraceutical characterization: total phenols, flavonoids, and condensed tannins; and dietary fiber as well. In addition, the antioxidant capacity was quantified by ABTS and DPPH. A low lipids content was observed (1.07, 1.28, 1.29 % for raw bean flour, traditional cooking and extrusion cooking respectively) without significant differences ($p > 0.05$) between cooking methods. Proteins, ashes, and carbohydrates contents were within those previously reported which ranged 14-33% for protein, 2.9-4.5% for ash, and 52-76% for carbohydrates. Obtained flours showed a decreased ($p < 0.05$) water and oil absorption compared to raw bean flours, the values are in a range of 3.30-4.33 and 0.65-1.98 g absorbed/g sample. In the total fiber content, there was no appreciable difference between both cooking methods and crude and the values were similar to ~~the~~ reported, varying from 25-55%. Despite no differences were found for the total phenols between the treatments, cooked flours displayed lower ($p < 0.05$) condensed tannins values compared to raw flours. Results suggested that the cooked bean flours had proper nutritional and functional characteristics to formulate a hummus-like snack product. With the resulting flours, an optimized humus-type product was elaborated, to which a sensory analysis was carried out to obtain the most acceptable for the consumer, the result of this analysis will be characterized physicochemically and nutraceutically, as well as its rheological properties.

Keywords: Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), dietary fiber, hummus, phenolic compounds, product development.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1 ANTECEDENTES.....	2
1.1 Alimentación en México.....	2
2.1. Hummus.....	11
1.3 Frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	4
2.3.1.1 Proteína	4
2.3.1.2 Lípidos	5
2.3.1.3 Carbohidratos	5
2.3.1.4. Fibra dietaria	6
2.3.1.5. Vitaminas y Minerales	6
2.3.1.5 Compuestos bioactivos	6
2.4 Extrusión	8
1.5 Propiedades reológicas	10
2 Justificación.....	12
3 Objetivos	13
3.1 Objetivo general:.....	13
3.2 Objetivos específicos:.....	14
5. Materiales y Métodos.....	14
5.1. Materiales.....	14
5.2. Métodos.....	15
5.2.2.1. Determinación de humedad	16
5.2.2.2. Determinación de cenizas	16
5.2.2.3. Determinación de lípidos.....	17
5.2.2.4. Determinación de proteínas	17
5.2.2.5. Determinación de carbohidratos	18
5.2.3.1. Determinación de fibra dietética	18
5.2.3.1.1. Determinación de fibra dietética insoluble	19
5.2.3.1.2. Determinación de fibra soluble	20
5.2.3.2. Determinación de almidón resistente	20
5.2.3.3. Extracción de compuestos fenólicos libres	21

5.2.3.4. Determinación de fenoles totales	21
5.2.3.5. Determinación de flavonoides	22
5.2.3.6. Determinación de taninos	22
5.2.3.7. Determinación de capacidad antioxidante	22
5.2.3.7.1. Capacidad antioxidante mediante DPPH	22
5.2.3.7.2. Capacidad antioxidante mediante ABTS	23
5.2.4.1. Digestibilidad <i>in vitro</i> de proteína	23
5.2.4.2. Digestibilidad <i>in vitro</i> de carbohidratos	24
5.2.4.2.1. Determinación de almidón total	24
5.2.4.2.2. Almidón disponible	25
5.2.5.1. Preparación del producto tipo hummus	25
5.2.6.1. Medición de color	26
5.2.6.2. Medición de pH	26
5.2.6.3. Análisis de perfil de dureza	26
5.2.6.4. Índice de absorción de agua de la harina extrudida	26
5.2.6.5. Índice de absorción de aceite de la harina extrudida	27
5.2.6.6. Análisis microbiológico	27
5.2.6.7. Análisis sensorial del hummus	27
6. Resultados y discusión	29
6.1. Caracterización de materia prima	29
6.1.2.1. Contenido de fibra	30
6.1.2.2. Compuestos fenólicos de harina de frijol común (<i>Phaseolus Vulgaris</i> L.) por cocción tradicional y extrusión.	32
6.1.2.3. Capacidad antioxidante de harina de frijol común (<i>Phaseolus Vulgaris</i> L.) por cocción tradicional y extrusión.	33
6.1.2.4. Digestibilidad <i>in vitro</i> de proteínas	34
6.1.3.1. Absorción de agua y aceite	35
6.2. Caracterización del producto tipo hummus.	36
6.2.2.1. Contenido de fibra total, soluble e insoluble.	37
6.2.2.2. Compuestos fenólicos del producto tipo hummus.	38
6.2.2.3. Capacidad antioxidante del producto tipo hummus.	39
6.2.3.1. Medición de olor	40
6.2.3.1. Análisis de perfil de dureza.	42
6.3. Análisis sensorial	43
7. Conclusiones	48

8. Anexos.....	57
Anexo 1	57
Anexo 2.....	60
Anexo 3.....	62
Anexo 4.....	64
Anexo 5.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1 Contenido de proteína, lípidos, cenizas y carbohidratos en harinas de frijol extrudido y cocido tradicional y tahina (Contreras Martínez, 2021).....	12
Cuadro 2 Composición fisicoquímica de diferentes variedades de frijol producidas y consumidas (FAO, 2016).	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 3 Diseño experimental.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Constitución interna de la semilla de frijol común (Debouck, 1984). ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 2 Estructuras químicas de compuestos fenólicos (PubChem, s. f.).	7
Figura 3 Diagrama esquemático de la extrusora monohusillo de CICATA-IPN (Cervantes-Ramírez et al., 2020).	10

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más importantes en el mundo dado que es un alimento casi completo hablando nutricionalmente. Del frijol común existen más de 100 especies, de las cuales al menos 70 se encuentran en México (Morales-Soto *et al.*, 2020). El frijol ha sido considerado como uno de los cultivos más antiguos, siendo cultivado en Mesoamérica hace 8,000 años siendo de las principales especies base de la dieta de las culturas indígenas (Agricultura y desarrollo rural, 2019).

Existen diversos cultivares o variedades de frijol y se han clasificado dependiendo de su color, por ejemplo: negros, amarillos, blancos, bayos, pintos, morados y moteados (Ulloa *et al.*, 2011).

El frijol es uno de los alimentos más importantes y universales, además de que formen parte de la dieta de distintas culturas en el mundo, y esto se debe a que es un alimento con muchas propiedades, dado su contenido en carbohidratos complejos y vitaminas (Ulloa *et al.*, 2011).

Por otro lado, el hummus es una preparación bastante común en el Medio Oriente. Es un alimento nutritivo, rico en fibra y proteínas. Originalmente es una mezcla que tiene como ingredientes: garbanzo (*Cicer arietinum*), aceite de oliva, tahina, ajo y limón (Wallace *et al.*, 2016). El tahina es una pasta de semilla de sésamo, utilizada normalmente en la cultura del medio oriente en diversos platillos. La pasta de sésamo tiene diferentes beneficios de acuerdo con su composición; la semilla, por ejemplo, contiene alrededor de un 25-35% de proteína, además de 55% de aceite, con un perfil de ácidos grasos dominado por ácido oleico, ácido linolénico, ácido palmítico, ácido esteárico y ácido araquídico, haciéndolo un producto altamente recomendable en la prevención de enfermedades como la hipertensión, el cáncer y la hipercolesterolemia (Labban & Sumainah, 2021). De la misma manera, el aceite de oliva tiene diversos efectos sobre la salud como propiedades anticancerígenas que se relacionan con la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos,

además de atribuirle una actividad quimiopreventiva (Gorzynik-Debicka et al., 2018).

El limón es otro de los ingredientes del hummus, que contiene compuestos bioactivos, los cuales se encuentran tanto en el fruto como en el jugo, tales como flavonoides (flavononas, flavonas, flavonoles y derivados) y los ácidos fenólicos (ácido ferúlico, el ácido sinapico y sus derivados), entre otros compuestos. El limón tiene una actividad antioxidante, antiinflamatoria, efectos sobre el sistema digestivo y efecto antialérgico, entre otros (Klimek-Szczykutowicz et al., 2020). Cada uno de estos ingredientes aporta diversas características al producto final, lo cual lo hace muy completo para consumir.

El consumo de refrigerios saludables se ha vuelto muy importantes en la sociedad dado que el realizarlos entre comidas, además de proporcionar energía, pueden evitar que las personas coman en exceso durante las comidas principales, y de esta manera ayudan a disminuir el riesgo a desarrollar ECNTs. Por lo que en este trabajo se tiene la propuesta de optimizar la formulación de un producto tipo hummus de frijol que permita ofrecer un refrigerio saludable y con componentes nutraceuticos.

1 ANTECEDENTES

1.1 Alimentación en México

México ha pasado por cambios en diversos aspectos debido a la interacción con otros países, provocando una mezcla de razas. Como consecuencia de ello, la alimentación ha presentado cambios, puesto que está sujeta a la cultura, tradiciones y costumbres que se tengan, ya que estos son determinantes en la selección, obtención y modo de preparación de los alimentos. De esta manera, es proporcional la calidad de la alimentación con la calidad de vida y salud que tenga cada individuo (Román et al., 2013).

La cocina mexicana es muy importante y una de las más variadas en el mundo. Ha sido catalogada como símbolo de la identidad nacional y forma parte del patrimonio cultural inmaterial de la humanidad. La cocina nacional se ha visto influenciada por la introducción de especies alimenticias no nativas y que originalmente no eran parte de la dieta diaria (Gómez-Delgado & Velázquez-Rodríguez, 2019).

El cambio drástico de los hábitos alimenticios en los últimos años ha causado que hoy en día la cantidad disponible de alimentos sea mayor a la demanda. Aunado a estos cambios, se han desarrollado problemas que afectan la salud de las personas los cuales están ligados al consumo de alimentos poco saludables y a la falta de conocimiento sobre la nutrición.

La afección a la salud en la población se ha derivado en el incremento en la incidencia de sobrepeso y la obesidad, por el aumento del consumo de alimentos que contienen un exceso de kilocalorías, sumado a la falta de actividad física. Como consecuencia de la obesidad, existen varias enfermedades como: la enfermedad coronaria, hipertensión, dislipidemia (Gómez-Delgado & Velázquez-Rodríguez, 2019). Con el transcurso del tiempo, el modelo de nutrición ha cambiado, y por ello se necesita estudiar y analizar las características de la dieta para poder conocer los sistemas de alimentación y la seguridad alimentaria. Realizar este tipo de estudios es de gran beneficio dado que se genera conocimiento para la sociedad acerca de los alimentos que son menos nutritivos y permiten la elaboración de estrategias dietarias para la población de modo que se puedan introducir nuevos hábitos alimenticios y estilos de vida generando así beneficios a la salud (Rapallo y Rivera, 2019). Es necesario crear alimentos que ayuden a controlar y prevenir

enfermedades derivadas de una mala alimentación, así como productos más saludables y benéficos para la salud.

1.2 Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

La semilla de frijol común tiene una variación grande físicamente puesto que puede presentar diferentes tamaños, formas, así como colores; negro, café, blanco y combinaciones de éstos. De esta manera se conocen diferentes colores de; frijoles: negros, claros (bayos y canario), pintos, moteados, entre otros (Debouck, 1984).

El frijol común tiene un alto valor nutricional con un contenido importante de carbohidratos (destacando la fibra dietaria), minerales, proteína y compuestos antioxidantes (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017).

1.2.1 Composición química del frijol común

El frijol es una leguminosa que se conoce por ser fuente de proteína, energía, vitaminas, minerales (Aparicio-Fernández et al.,2006), además de ser rico en calcio, hierro, fosforo, zinc y ácido fólico (Guzmán-Maldonado et al.,2002). Sus componentes nutricionales tienen potencial de brindar un beneficio a la salud.

1.2.1.1 Proteína

Muchas de las propiedades que tiene el frijol se relacionan con su contenido proteico (Cuadro 1). El contenido de proteínas en el frijol varía según el tipo, y puede oscilar del 14 al 33 %. Respecto a sus aminoácidos, es rico en lisina y fenilalanina más tirosina. La proteína en el frijol cocido llega al 70 % en comparación con la proteína animal a la que se le asigna el 100 % (Ulloa *et al.*, 2011). De este modo, el frijol cumple con los requisitos que recomienda la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) dentro de los cuales esta que sea una legumbre con alto contenido en proteínas (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017).

Cuadro 1 Composición fisicoquímica y micronutrientes de diferentes variedades de frijol producidas y consumidas (FAO, 2016).

Variedad de frijol	Parámetros fisicoquímicos										
	Proteína (g)	Hierro (mg)	Magnesio (mg)	Fósforo (mg)	Potasio (mg)	Cinc (mg)	Cobre (mg)	Fibra (g)	Grasa (g)	Carbohidratos (g)	Energía (Kcal)
Pinto	21.4	5.07	176	411	1393	2.28	0.893	15.5	1.23	47.1	316
Negro	21.3	6.5	188	471	1416	2.9	0.83	21.8	1.2	37	288
Blanco	22.3	5.49	175	407	1185	3.65	0.834	15.3	1.5	45.5	315
Rojo	22.5	6.69	138	406	1359	2.79	0.699	15.2	1.06	46.1	314

1.2.1.2 Lípidos

El contenido de lípidos en el frijol depende de la especie, el origen y las condiciones en las que se cultivó. Los lípidos que predominan son los neutros, con un valor aproximado de 32-45% de los lípidos totales (Reyes-Moreno et al., 1993). La fracción correspondiente a lípidos en el frijol es una de las menores respecto del resto de los macronutrientes (1.5-6.2 g/100 g). Esta fracción la compone una mezcla de acilglicéridos, donde los ácidos grasos son mono y poliinsaturados (Ulloa *et al.*, 2011).

Dentro de los lípidos del frijol común existen ácidos grasos insaturados como el: oleico, linoleico y linolénico, los cuales forman del 65-87% de los lípidos totales (Reyes-Moreno & Paredes-López, 1993).

1.2.1.3 Carbohidratos

El aporte de carbohidratos depende de la variedad de frijol (52-76 g/100 g de frijol crudo). La mayor parte del contenido de carbohidratos la forma el almidón, aunque durante la cocción parte del almidón se transforma en almidón resistente en condiciones de suficiente temperatura e hidratación (Ulloa *et al.*, 2011).

Los frijoles tienen carbohidratos de digestión lenta. Una cantidad considerable de estos se encuentra como fibra dietaria, la cual tiene un papel importante en la disponibilidad de los carbohidratos, y ésta se puede definir como los carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, que llega intacta al intestino grueso donde puede ser metabolizada por el microbiota

asociado. Dentro de estos carbohidratos se encuentran los polisacáridos, oligosacáridos y lignina (Reyes-Moreno & Paredes-López, 1993).

1.2.1.4. Fibra dietaria

El frijol es fuente de fibra y su valor varía de 14-19 g/100 g del alimento crudo. De dicha ser fibra insoluble y soluble, las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina (Ulloa *et al.*, 2011).

La cantidad de fibra dietaria recomendada que se debe ingerir depende de la edad y el género. Para niños mayores de un año la cantidad recomendada con 5-10 gramos al día, para adultos y adolescentes la ingesta recomendada son 14 g por cada 1000 Kcal (Abreu *et al.*, 2021). Esta fibra es reconocida por sus propiedades contra el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, hiperlipidemia y varios tipos de cáncer, así como sus beneficios en la salud digestiva, ciertos trastornos gastrointestinales como el estreñimiento que es un problema que afecta tanto niños como adultos, el cual está relacionado con el consumo de alimentos con bajo fibra dietaria, así como el sobrepeso y la obesidad que la OMS considera como epidemia mundial (Vilcanqui-Pérez & Vílchez-Perales, 2017).

1.2.1.5. Vitaminas y minerales

El frijol común tiene una aportación importante de micronutrientes, como vitaminas y minerales, entre las que destacan: calcio, hierro, fósforo, magnesio y zinc (Ulloa *et al.*, 2011). Las vitaminas son compuestos que el ser humano debe ingerir para la prevención de trastornos metabólicos, de las fuentes principales de estos compuestos están los frijoles, (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017).

1.2.1.5 Compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos tienen un efecto benéfico al prevenir el riesgo a padecer ECNTs. Entre estos, se encuentran los compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides) (Campos-Vega *et al.*, 2010).

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios presentes en todas las plantas superiores. Estructuralmente, tienen uno o más grupos hidroxilo unidos al anillo aromático y pueden ser moléculas simples hasta polímeros altamente

complejos (Figura 2) (Singh et al., 2017). Estos compuestos son conocidos por las propiedades antioxidantes, dentro de las cuales está la capacidad de neutralizar los radicales libres que disminuyen la programación de los procesos oxidativos, siendo esto importante al incidir en el mecanismo de acción de las enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y algunos tipos de cáncer (Ulloa et al., 2011).

En relación con el beneficio a la salud, entre los ácidos fenólicos en el frijol común se encuentra el ácido gálico, el cual funciona como antioxidante y se ha utilizado en el tratamiento para tumores cerebrales; los ácidos: vainílico, cumárico, sinápico y ferúlico, que tienen aportes a la salud como antiinflamatorios e inmunoestimulantes, así como el ácido clorogénico (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017). Todos ellos se han relacionado con actividad antidiabética y acción antiobesidad y cardioprotectora (Rashmi & Negi, 2020).

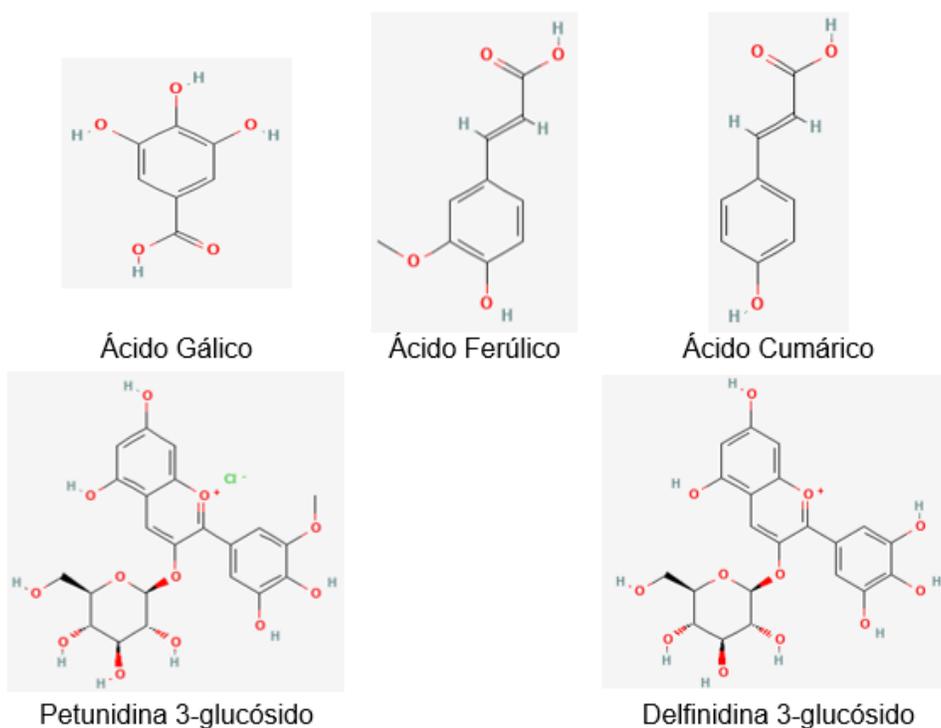


Figura 1 Estructuras químicas de compuestos fenólicos (PubChem, 2023).

El tipo más abundante de compuestos fenólicos son los taninos condensados y de éstos son las procianidinas, compuestas por unidades de epicatequina, los cuales pueden llegar a ser polímeros de hasta 50 unidades. Cuando los taninos están en contacto con las proteínas salivales, son responsables de la astringencia de los frutos (Valencia-Avilés *et al.*, 2017). Los taninos condensados tienen como función el dar protección contra los patógenos, además de tener propiedades antimutagénicas, anticancerígenas y antioxidantes (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2017). Estos compuestos se encuentran en mayor medida en la cubierta de la semilla y en menor proporción en los cotiledones.

Las antocianinas son pigmentos polifenólicos, responsables de diversos colores presentes en las plantas como; frutas, flores y hojas (Mattioli *et al.*, 2020). Por ejemplo la delfinidina 3-glucósido, petunidina 3-glucósido y la maldivina 3-glucósido, se encuentran en distintos vegetales como en la cubierta de la semilla del frijol que le dan el color dentro de las variedades del rojo, negro y rosa (Campos-Vega *et al.*, 2010). Esto indica que estos compuestos se pueden encontrar en mayor cantidad en frijoles de colores oscuros. Las antocianinas tienen diversas propiedades como: antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias y microbianas (Enaru *et al.*, 2021).

1.3 Extrusión

La extrusión es una técnica con diversas aplicaciones en la industria alimentaria, dentro de las cuales se encuentra la incorporación de ingredientes a base de frutas y verduras con la finalidad de mejorar sus propiedades. (Cervantes-Ramírez *et al.*, 2020). Esta tecnología de procesamiento incluye distintas operaciones unitarias dentro de una sola, ya que es un proceso continuo en el que se puede transportar, mezclar, cortar y cocinar (transformar) materiales alimenticios conforme pasan a través del equipo conocido como extrusor (Ek & Ganjyal, 2020).

Dentro de las operaciones unitarias que se pueden llevar a cabo mediante el proceso de extrusión está la cocción de alimentos, para la cual se necesita aplicar calor una cantidad de tiempo para realizar las reacciones deseadas, normalmente la gelatinización de almidones. Este calor se puede agregar por diversas formas

como: convección, conversión o conducción. Los factores más importantes en la cocción son la humedad, el corte, el tiempo y la temperatura. La humedad posee efectos de enfriamiento, es un reactor en gelatinización y fuerza motriz en la expansión. El corte aumenta conforme se aproxima la temperatura más alta, cuando se requiere realizar la cocción en un periodo de tiempo corto con una temperatura alta, el corte es el factor más eficiente para generar la temperatura. A temperaturas más altas, menor tiempo se necesita. La cocción de un producto se puede llevar a cabo en poco tiempo (10-60 s), por lo que se considera un proceso de alta temperatura y corto tiempo (HTST) (Justo-Torres & Pérez, 2006).

Durante el proceso de extrusión se genera una combinación de calor y esfuerzo mecánico, el cual puede producir gelatinización, solubilización y formación de complejos de almidones, polimerización y desdoblamiento de proteínas, inactivación parcial o total de enzimas, reducción de la carga microbiana, producción de formas particulares de textura y destrucción de algunos compuestos antinutricionales (Rosentrater & Evers, 2018). Aunque el frijol común proporciona diversos beneficios, también contienen factores antinutricionales los cuales afectan a otros nutrientes dentro del cuerpo humano, reduciendo su absorción en el tracto gastrointestinal. Algunos de los compuestos antinutricionales que se encuentran en mayor cantidad dentro este tipo de alimentos son: fitatos, taninos, lectinas, inhibidores enzimáticos (por ejemplo, inhibidores de tripsina), saponinas y oxalatos. El deterioro de la calidad nutricional llega a ser un problema en los procesos térmicos convencionales por lo que la extrusión es una mejor opción para lograr una retención de nutrientes en mayor proporción (Nikmaram et al., 2017).

En la Figura 3 se muestra un extrusor de un tornillo sencillo (Cervantes-Ramírez et al., 2020) que consta de una tolva por donde se alimenta la materia prima, para después ser transportada a una zona de cocción donde se comprimen y se cortan a temperaturas y presiones elevadas y así pasar por una transición de fusión, que forma un fluido viscoso. En esta zona está el tornillo que se encuentra dentro de un cilindro, el calentamiento puede darse con un revestimiento por donde circule vapor, agua caliente o por bobinas eléctricas alrededor del cilindro (Ek & Ganjyal, 2020).

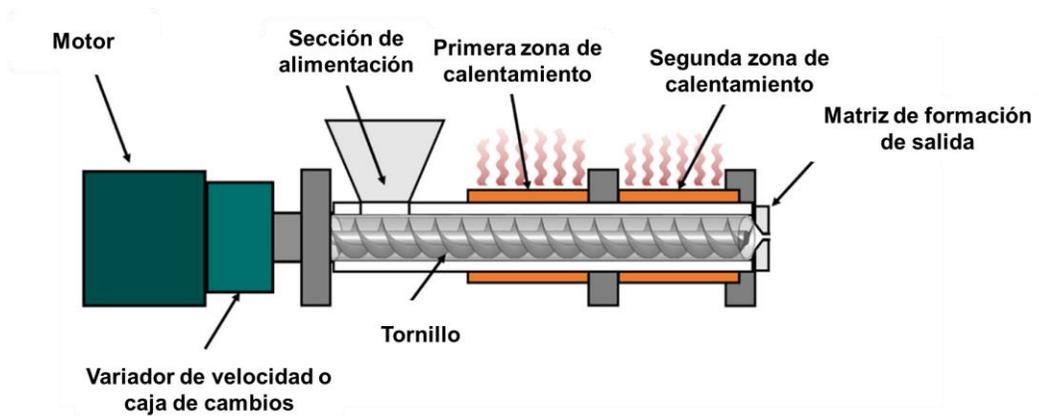


Figura 2 Diagrama esquemático de la extrusora monohusillo de CICATA-IPN (Cervantes-Ramírez et al., 2020).

1.4 Propiedades reológicas

La reología estudia la relación del esfuerzo y la deformación de materiales que pueden fluir. La reología en la actualidad es aplicada a soluciones, emulsiones, suspensiones, espumas, geles y fundidos, además de alimentos semisólido (Gibson & Newsham, 2018). Las propiedades de interés dentro de la reología son; características sensoriales como la textura (definida como los atributos reológicos y estructurales en un producto alimenticio que pueden percibirse por receptores mecánicos, táctiles, visuales y auditivos), la estabilidad, aspectos prácticos y las características nutritivas (Day & Golding, 2016) (Gibson & Newsham, 2018).

Dentro de la caracterización reológica se cuantifican las relaciones entre la deformación, las tensiones y las propiedades como la viscosidad, elasticidad o viscoelasticidad y el comportamiento de flujo (Day & Golding, 2016). Donde la elasticidad puede definirse como la tendencia de los materiales de regresar a su forma original al retirar cualquier esfuerzo deformante, la viscosidad como la propiedad de un fluido al poner resistencia al flujo y la viscoelasticidad como una propiedad en la que soluciones, suspensiones o coloides tienen características tanto viscosas como elásticas (Gibson & Newsham, 2018). Otra de las propiedades es la untabilidad la cual puede definirse como la facilidad de aplicar y extender superficialmente una materia sobre algo. Algunos de los factores que intervienen en

la extensibilidad de un producto son la dureza, la suavidad y la fragilidad (RAE, 2022).

Existen diversos aditivos que pueden ayudar en la mejora de estas propiedades (texturizantes, estabilizantes, texturizantes, etc) como las gomas, geles y espesantes, los cuales tienen diversos beneficios en propiedades organolépticas y la textura. Cuando estos aditivos se agregan a los productos, estos pueden aumentar la viscosidad sin modificar otras propiedades como el sabor, además de brindar cuerpo y estabilidad en general (Gibson & Newsham, 2018).

1.5. Hummus

El hummus es un alimento muy popular que se consume en el Medio Oriente. Es una mezcla elaborada originalmente de garbanzo como ingrediente base, e incluso la etimología de la palabra significa “garbanzo”. Se cree que el origen de este producto es el Levante y el antiguo Egipto, además de que existen variantes de la receta para la preparación del hummus: cada lugar le agrega o le quita ingredientes, pero la base es siempre la misma (Wallace et al., 2016).

El garbanzo ha sido considerado una de las legumbres más importantes en el mundo. Su cultivo y consumo se extendió rápidamente, siendo un alimento rico en proteínas, carbohidratos, minerales, almidón y lípidos (López-Padrón et al., 2021). Por lo tanto, el hummus a base de éste tiene diversas propiedades y beneficios. Los ingredientes principales del hummus son: garbanzo, tahina, aceite de oliva y limón, todos ellos ricos en compuestos bioactivos a los que se les han demostrado propiedades biológicas como: antioxidante, hipocolesterolémico e hipotensivo (Hernández, 2020).

El hummus presenta propiedades reológicas, siendo una de ellas la untabilidad; un aditivo con la capacidad de favorecer esta propiedad es la inulina, un carbohidrato que se encuentra en distintos vegetales, frutas y cereales, e industrialmente se obtiene de la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*) (Madrigal & Sangronis, 2007). La inulina tiene la capacidad de formar geles y actuar como emulsificante, además de tener un sabor neutro suave, un bajo aporte calórico, ser moderadamente soluble, dar cuerpo al producto y palatabilidad (Castellanos et al., 2016).

En un estudio previo realizado dentro del equipo de trabajo se elaboró un producto tipo hummus a base de frijol común como alternativa de refrigerio bajo en calorías. Este estudio consistió en elaborar el producto tipo hummus a base de harina de frijol común variedad bayo Madero, como alternativa de consumo de frijol. Se llevó a cabo un análisis proximal de los componentes mayoritarios del hummus (frijol y tahina) como se muestra en el Cuadro 1. (Contreras Martínez, 2021).

Cuadro 2 Contenido de proteína, lípidos, cenizas y carbohidratos en harinas de frijol extrudido y cocido tradicional y tahina (Contreras, 2021).

Muestra	Proteínas	Lípidos	Cenizas	Carbohidratos
HFE	21.42 ± 0.15 ^a	1.81 ± 0.15 ^a	3.58 ± 0.04 ^a	73.19 ± 0.21 ^b
HFCT	21.30 ± 0.11 ^a	1.68 ± 0.23 ^b	2.50 ± 0.02 ^b	74.52 ± 0.211 ^a
Tahina	27.63 ± 0.09	67.68 ± 0.11	3.65 ± 0.05	1.04 ± 0.01

HFE=harina de frijol extrudido; HFCT=harina de frijol cocción tradicional. Los resultados están expresados en base seca y son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey.

2 Justificación

La evolución de las poblaciones humanas con el transcurso del tiempo ha conllevado a cambios en el estilo de vida y la alimentación.

Estos cambios han modificado los hábitos alimenticios por lo que se busca adoptar patrones alimentarios más saludables, propiciando investigaciones para mejorar la calidad de vida de las personas basándose en una dieta más saludable, con el consumo de productos elaborados a base de frutas, verduras y leguminosas, rescatando el consumo de una de las semillas más importantes en México; el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Este es uno de los alimentos que tienen mayor producción y forma parte de la dieta del mexicano, además de tener un aporte nutricional elevado. Es por ello por lo que en este trabajo se presenta como propuesta un producto tipo hummus a base de harina de frijol común como una alternativa de su consumo dadas sus propiedades benéficas, mediante dos métodos de cocción.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto de la cocción del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre las propiedades reológicas, fisicoquímicas aceptabilidad sensorial del producto tipo hummus.

3.2 Objetivos específicos:

1. Caracterizar física, química y fitoquímicamente las harinas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) obtenidas por los métodos de cocción tradicional y extrusión.
2. Elaborar un producto tipo hummus a partir de las harinas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) obtenidas por los métodos de cocción tradicional y extrusión.
3. Optimizar la formulación del producto tipo hummus de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) elaborado, mejorando sus propiedades reológicas con el uso de aditivos.
4. Caracterizar física, química y fitoquímicamente el producto tipo hummus de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado y su aceptabilidad.

5. Materiales y Métodos

5.1. Materiales

5.1.1. Compuestos químicos

Los reactivos de uso general que se emplearon en las determinaciones fueron adquiridos en Sigma-Aldrich o en JT Baker: acetonitrilo, ácido acético, acetona, ácido clorhídrico (HCl), ácido sulfúrico (H₂SO₄), ácido bórico (H₃BO₃) naranja de metilo; ácido 2,2-azino-(bis 3-(etilbenzotiazolina-6-sulfónico)) (ABTS); 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), etanol, éter de petróleo, reactivo de Folin-Ciocalteu, fosfato dibásico de potasio (K₂HPO₄), fosfato monobásico de potasio (KH₂PO₄), acetato de sodio (C₂H₃NaO₂), hidróxido de potasio (KOH), hidróxido de sodio (NaOH), metanol, persulfato de potasio (K₂S₂O₈), proteasa, α-amilasa, amiloglucosidasa, verde de bromocresol, sulfato de cobre (CuSO₄), sulfato de sodio (Na₂SO₄), carbonato de sodio (Na₂CO₃), agua destilada, agua grado HPLC, 2-aminoetilendifenilborato, agar triptona, agar papa/dextrosa, agar verde brillante y solución metanólica de vainillina al 1%.

Estándares comerciales de Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, Estados Unidos): tirosol, rutina, ácido clorogénico, ácido cumárico, ácido ferúlico, ácido gálico, ácido hidroxibenzóico, ácido quínico, (±)-catequina, diosgenina y Trolox.

5.1.2. Materia prima

Se trabajó con frijol comercial común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Bayo Madero comprado localmente.

5.2. Métodos

5.2.1. Cocción tradicional del frijol

Para llevar a cabo la cocción tradicional del frijol se siguió la metodología propuesta por Aparicio-Fernández et al., (2006). El frijol entero fue sometido a una hidratación previa hasta alcanzar una humedad mayor al 30%. Posteriormente, se trabajó una relación de 1:4 de frijol: agua a una temperatura de 95°C (temperatura de ebullición) durante 2.5 horas. Una vez terminada la cocción, el producto fue almacenado a una temperatura de 4°C hasta el momento de la preparación del hummus.

5.2.2. Cocción del frijol por extrusión

El frijol entero (cotiledones y testa) se hidrató hasta alcanzar una humedad superior al 30%. Posteriormente, se sometió a un extrusor de tornillo sencillo. El proceso se llevó a cabo usando una velocidad de tornillo de 20 revoluciones por minuto (rpm),

una temperatura de precalentamiento de 160 °C y una temperatura de cocción de 160 °C (Cervantes-Ramírez et al., 2020). El producto se secó en un horno de convección a 60 °C, después se molió y tamizó a un tamaño de partícula de 250 µm. El producto final se almacenó a 4 °C hasta la preparación del hummus (Contreras, 2021).

5.2.2. Caracterización Química

5.2.2.1. Determinación de humedad

La humedad se determinó por el método 925.10 de la AOAC (2002). En un crisol, a peso constante, se pesaron 3 g de muestra. El crisol junto con la muestra se colocó en una estufa a una temperatura de 130 °C durante tres horas. Posteriormente, se enfriaron en el desecador por 40 minutos. Se pesó el crisol junto con la muestra y se realizó el cálculo que corresponde:

$$\%Humedad = \frac{100[(W_1 + W_2) - W_3]}{W_2}$$

Donde:

W_1 = Peso del crisol a peso constante (g).

W_2 = Peso de la muestra (g).

W_3 = Peso final de la muestra con el crisol (g).

5.2.2.2. Determinación de cenizas

El contenido de cenizas se determinó mediante el método 923.03 de la AOAC (2002). La muestra fue calcinada en una mufla a 550°C hasta que aparecieron cenizas blancas. Después, se colocó en el desecador durante 40 minutos. La muestra se pesó y registro. Se utilizó la siguiente ecuación para calcular el porcentaje de cenizas:

$$\%Cenizas = \frac{100[(W_1 + W_2) - W_3]}{W_2}$$

Donde:

W_1 = Peso del crisol a peso constante (g).

W_2 = Peso de la muestra (g).

W_3 = Peso final de la muestra con el crisol (g).

5.2.2.3. Determinación de lípidos

El contenido de lípidos se determinó mediante el método 920.39 de la AOAC (2002). Se pesaron 3 g de muestra en un cartucho de celulosa. El cartucho se selló por la parte superior con un algodón, para después ser depositado dentro de un extractor Soxhlet. Se agregó éter de petróleo a un matraz, puesto previamente a peso constante, hasta que se cubrió la muestra. Se calentó suavemente el sistema hasta el primer reflujo. Después, la extracción se mantuvo a un flujo de 10 reflujos durante 4 horas. Transcurrido ese tiempo, el matraz se secó en la estufa a 100 °C durante 12 horas para retirar residuos de solvente. Posteriormente, el vaso se colocó en el desecador hasta alcanzar temperatura ambiente. Por último, el matraz se pesó y se realizaron los cálculos correspondientes:

$$\%Lípidos = \frac{100[(W_1 + W_2) - W_3]}{W_2}$$

Donde:

W_1 = Peso inicial del matraz a peso constante (g).

W_2 = Peso de la muestra (g).

W_3 = Peso final del matraz con los lípidos (g).

5.2.2.4. Determinación de proteínas

El contenido de proteína se determinó mediante el método 954.01 de la AOAC (2002). El procedimiento se llevó a cabo en dos partes: la digestión y la destilación. Para la digestión, se pesaron 1 g de muestra desgrasada junto con los catalizadores: 3.5 g de Na_2SO_4 y 0.4 g de $CuSO_4$. Tanto la muestra como los

catalizadores se depositaron en un tubo de digestión Kjéldahl junto con 15 mL de H₂SO₄ concentrado. En otro tubo, igual al anterior se preparó un blanco (1 mL de agua destilada). Los tubos se colocaron en el digestor en un ciclo hasta alcanzar 400 °C, siendo neutralizados con agua destilada. Para la parte de destilación, se adicionaron 50 mL de NaOH al 40% a los tubos Kjéldahl para después colocarlos en el destilador. El destilado fue recogido en un matraz Erlenmeyer de 250 mL con 25 ml de una solución de H₃BO₃ al 0.2 N y sus indicadores (rojo de metilo y verde de bromocresol) hasta obtener un volumen aproximado de 150 mL en el matraz. Posteriormente, el destilado fue titulado usando HCl al 0.1 N previamente valorado. El nitrógeno total se multiplico por 5.7, factor de conversión equivalente al porcentaje de proteína total del alimento. Los cálculos fueron los siguientes:

$$\%Nitrógeno = \frac{(A - B) * C * 1.401}{D}$$

$$\%Proteína = \%Nitrógeno * 5.7$$

Donde:

A = Volumen de HCl gastado para titular la muestra (mL).

B = Volumen de HCl gastado para titular la solución blanco (mL).

C = Concentración del HCl empleado en las titulaciones (mL).

D = Peso de la muestra (g).

5.2.2.5. Determinación de carbohidratos

Los carbohidratos fueron calculados por medio de la diferencia de los demás macronutrientes. El cálculo será el siguiente:

$$\%Carbohidratos = 100 - \%Humedad - \%Cenizas - \%Lípidos - \%Proteína$$

5.2.3. Caracterización nutracéutica

5.2.3.1. Determinación de fibra dietética

La fibra dietética total se determinó mediante la suma de la cantidad de fibra soluble e insoluble. El cálculo es el siguiente:

$$\%Fibra\ dietética\ total = \%Fibra\ dietética\ soluble + \%Fibra\ dietética\ insoluble$$

5.2.3.1.1. Determinación de fibra dietética insoluble

La determinación de fibra dietética insoluble se realizó mediante la metodología propuesta por Shiga *et al* (2003). Se colocó 1 g de muestra previamente desgrasada y tamizada (Malla número 60) en un matraz Erlenmeyer y se añadieron 50 mL de amortiguador de fosfatos 0.08 M a un pH de 6. Posteriormente, se agregó 100 μ L de α -amilasa, se tapó el matraz de la luz, para posteriormente incubar el matraz en baño María a 95 °C durante 30 minutos, con agitación cada 5 minutos. Al terminar, el matraz se enfrió a temperatura ambiente y se añadió una solución de NaOH 0.275 N hasta alcanzar un pH de 7.5. A continuación, se agregaron 100 μ L de la enzima proteasa a 5 mg/mL de concentración y se incubó a 60 °C, con agitación constante durante 30 minutos. Transcurrido ese tiempo, el matraz se dejó enfriar hasta temperatura ambiente y se ajustó a un pH de 4 utilizando HCl 0.275 N, para luego adicionar 300 μ L de amilogucosidasa. El matraz fue incubado a 60 °C, en agitación constante durante 30 minutos. Al terminar, el contenido del matraz se filtró usando un papel Whatman no. 4, y se realizaron 2 lavados con 15 mL de agua destilada caliente (60 °C) y 2 lavados usando 15 mL de etanol al 80 % v/v. La solución filtrada se conservó la determinación de fibra soluble. El papel filtro se secó durante 24 horas a 60 °C. El sólido atrapado en el filtro fue la fibra insoluble y se calculó mediante la siguiente formula:

$$\%Fibra\ dietética\ insoluble = \frac{100(W_2 - W_1)}{W_3}$$

Donde:

W_1 = Peso del papel filtro (g).

W_2 = Peso final del papel filtrado (g).

W_3 = Peso de la muestra (g).

5.2.3.1.2. Determinación de fibra soluble

A la solución obtenida en la determinación de fibra insoluble se le añadió un volumen igual de etanol al 80% v/v y se mantuvo en reposo durante 24 horas. Pasado ese tiempo, la solución se filtró usando un papel Whatman no. 42. Se realizaron 2 lavados usando 15 mL de etanol al 80% y 2 lavados con 15 mL de acetona. Por último, el papel filtrado se secó durante 24 horas a 60 °C y se registró su peso final. El porcentaje de fibra soluble se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%Fibra\ dietética\ insoluble = \frac{100(W_2 - W_1)}{W_3}$$

Donde:

W_1 = Peso del papel filtro (g).

W_2 = Peso final del papel filtrado (g).

W_3 = Peso de la muestra (g).

5.2.3.2. Determinación de almidón resistente

La determinación de almidón resistente se realizó mediante la metodología descrita por Saura-Calixto *et al.*, (1993), con algunas modificaciones. En un matraz Erlenmeyer se pesaron 100 mg de los sólidos obtenidos en la determinación de fibra dietética insoluble. Al matraz se le adicionaron 6 mL de KOH a una concentración de 2 M, para después ser incubado a 25 °C por 30 minutos con agitación continua. Pasado ese tiempo, al matraz se le agregaron 3 mL de amortiguador de acetato de sodio 0.4 M (pH 4.75) junto con 60 µL de la enzima amiloglucosidasa, para después ser incubado a 60 °C durante 30 minutos con agitación continua. Al terminar, el contenido se enfrió a temperatura ambiente y se centrifugó a 1000 rpm durante 15 minutos utilizando una centrifuga marca Hermle modelo Z326K, recuperando el sobrenadante. Se hicieron dos lavados al precipitado con 10 mL de agua grado HPLC y se centrifugó a las mismas condiciones. El sobrenadante recuperado se rotoevaporó hasta quedar aproximadamente 5 mL, después con un matraz aforado se aforará a 10 mL. La muestra se cuantificó utilizando un kit de glucosa oxidasa/peroxidasa, para la cual se colocaron en una placa 50 µL de la muestra o

estándar y 100 µL del reactivo del ensayo (incluido en el kit). La microplaca se incubó a 37 °C por 30 min, para posteriormente agregar 100 µL de ácido sulfúrico 12 N con el objetivo de detener la reacción. La detección se realizó a una longitud de onda de 540 nm. La curva de medición se realizó usando diferentes concentraciones de glucosa provenientes de una solución patrón incluida en el kit

$$\%Almidón\ resistente = \frac{90 * A * B * C}{D}$$

Donde:

A = Cantidad de glucosa (µg/mL).

B = Volumen de aforo (mL).

C = Factor de dilución.

D = cantidad de muestra (mg).

5.2.3.3. Extracción de compuestos fenólicos libres

La extracción de compuestos fenólicos se realizó con la metodología propuesta por Cardador-Martínez, Castaño-Tostado y Loarca-Piña (2002). Se colocó 1 g de muestra previamente desgrasada y tamizada (malla número 60) en un matraz Erlenmeyer protegido de la luz. Al matraz se le adicionaron 10 mL de metanol, se agitó con una barra magnética durante 24 h (150-180 rpm), y posteriormente se centrifugó a 2166x g a 4 °C. El sobrenadante se recuperó y almacenó a -20 °C, protegiéndolo de la luz hasta el momento de análisis.

5.2.3.4. Determinación de fenoles totales

La determinación de fenoles totales se realizó con la metodología propuesta por Singleton et al. (1999). En viales ámbar se mezclarán 50 µL de muestra, 250 µL de agua grado HPLC y 125 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu (1:1). Los viales se sometieron a agitación constante en vórtex durante 5 minutos. Al terminar, se agregaron 625 µL de Na₂CO₃ (70 g/L) y los viales se incubaron en la oscuridad por 2 horas. El blanco se preparó usando 50 µL del solvente usado en la muestra. El

contenido de fenoles totales se expresó como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra., utilizando una curva de calibración de ácido gálico.

5.2.3.5. Determinación de flavonoides

La determinación de flavonoides se realizó de acuerdo con la metodología sugerida por Oomah, Cardador-Martínez y Loarca-Piña (2005). Se mezclaron 50 μ L del extracto metanólico con 180 μ L de metanol y 20 μ L de solución de 2-aminoetilendifenilborato (10 mg/mL), los cuales se depositarán en una placa de 96 pozos. La reacción se leyó a una longitud de onda de 404 nm y los resultados se compararon con una curva de calibración elaborada con rutina (0-500 μ g/mL) como estándar. Los resultados se expresaron en microgramos equivalentes de rutina por g de muestra.

5.2.3.6. Determinación de taninos

La determinación de taninos se realizó mediante la metodología sugerida por Deshpande y Cheryan (1985) adaptada en microplaca por Feregrino-Pérez *et al.* (2008). En una placa de 96 pozos se mezclaron 50 μ L de extracto metanólico junto con 200 μ L de vainillina (0.5% vainillina y 4% HCl en metanol). Se preparó un blanco con 50 μ L de metanol y 200 μ L de HCl (4%). La reacción se leyó a una longitud de onda de 492 nm y los resultados se compararon contra una curva de calibración elaborada con (+)-catequina (0.1-0.8 μ g/mL) como estándar. Los resultados se expresaron en miligramos de equivalentes de (+)-catequina por g de muestra.

5.2.3.7. Determinación de capacidad antioxidante

5.2.3.7.1. Capacidad antioxidante mediante DPPH

La determinación de la capacidad antioxidante se realizó mediante la metodología propuesta por Fukumoto y Mazza (2000), con una adaptación de lectura en microplaca. En una microplaca de 96 pozos se agregaron 20 μ L del extracto metanólico previamente obtenido y se mezclaron con 200 μ L de solución DPPH. El control fue preparado usando 20 μ L de metanol y 200 μ L de solución DPPH. Las lecturas se obtuvieron a 0, 4, 10, 30, 60 y 90 minutos a una longitud de onda de 520 nm. Los resultados se compararon con una curva de calibración elaborada con

trolox (0-800 μM) como estándar. Los resultados se expresaron como μmol equivalente de trolox/g de muestra.

5.2.3.7.2. Capacidad antioxidante mediante ABTS

La determinación de la capacidad antioxidante mediante ABTS en microplaca se realizó usando la metodología descrita por Nenadis *et al.*, (2004). Se preparó una solución acuosa 7 mM de ABTS y una solución de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 140 mM, con las cuales se hará una mezcla usando 5 mL y 88 μL , respectivamente. La mezcla anterior, se protegerá de la luz y se dejará en reposo durante 12 horas con el fin de generar el radical positivo. Transcurrido el tiempo, a la solución se le adicionaron de 20 a 25 mL de etanol hasta bajar la absorbancia a valores entre 0.7 y 1.0, en una longitud de onda de 734 nm. Posteriormente, en una placa de 96 pozos se agregaron 20 μL de muestra y en otro pozo se agregó un control con 20 μL de metanol. A cada pozo se le colocaron 230 μL de la solución de ABTS antes de realizar las lecturas. Los resultados se compararon contra una curva de calibración elaborada con trolox (0-800 μM) como estándar. Los resultados se expresaron como μmol equivalente de trolox/g de muestra.

5.2.4. Digestibilidad *in vitro*

5.2.4.1. Digestibilidad *in vitro* de proteína

La determinación de la digestibilidad de proteína *in vitro* se realizó mediante la metodología propuesta por Hsu *et al.*, (1977). En un matraz Erlenmeyer, se depositaron 50 mL de una solución acuosa de las proteínas de la muestra a una concentración de 6.25 mg de proteína/mL. Se ajustará el pH de la solución a 8, mediante HCl o NaOH 0.1 N. Posteriormente se calentó en baño María a 37 °C y agitación constante. Una vez que se llegó a la temperatura, se adicionaron 5 mL de una solución multienzimática ajustada a pH 8, previamente preparada a concentraciones de 1.6 mg de tripsina, 3.1 mg de quimiotripsina y 1.3 mg de peptidasa por mL de solución. Se midió el descenso en el pH después de 10 minutos. Los resultados se expresaron como porcentajes respecto a la proteína total digerida.

5.2.4.2. Digestibilidad *in vitro* de carbohidratos

La determinación de digestibilidad de carbohidratos *in vitro* se realizó mediante la determinación de almidón resistente del apartado 5.2.2.2., almidón total y almidón disponible.

5.2.4.2.1. Determinación de almidón total

La determinación de almidón total se realizó mediante la técnica descrita por Goñi, García-Alonso y Saura-Calixto (1993). En tubos de centrifuga de 50 mL, se pesaron 50 mg de muestra, los cuales se mezclaron con 3 mL de agua destilada y 3 mL de KOH 4 M. Posteriormente, los tubos se agitaron constantemente a temperatura ambiente por 30 minutos, para después se agregaron 3 mL de una solución amortiguadora de acetato de sodio pH 4.7 (0.4 M) y 5.5 mL de HCl 2.0 M. el pH de la solución se ajustó a 4.75 usando soluciones de HCl o NaOH 0.1 M. Posteriormente, se agregaron 60 µL de la enzima amiloglucosidasa, para después pasar el contenido a tubos de incubación. Las condiciones de la incubación fueron a 60°C con agitación constante por 45 minutos. Al término de la incubación, las muestras se centrifugarán a 3000× g durante 15 minutos, para recuperar el sobrenadante en un matraz. Se llevaron a cabo dos lavados más al precipitado, usando agua destilada y repitiendo el proceso de centrifugado para cada lavado. La medición del contenido de glucosa se hizo mediante el reactivo de glucosa oxidasa/peroxidasa, midiendo la absorbancia a 510 nm. Los resultados se compararon con una curva de glucosa y se calculó el contenido de almidón total mediante la siguiente formula:

$$\%Almidón\ resistente = \frac{90 * A * B}{D}$$

Donde:

A = Cantidad de glucosa (µg/mL).

B = Factor de dilución.

C = cantidad de muestra (mg).

5.2.4.2.2. Almidón disponible

La determinación de almidón disponible se realizó mediante la técnica de Goñi, García-Alonso y Saura-Calixto (1993). Se pesaron 50 mg de muestra, los cuales se mezclaron con 20 mL de agua destilada en un matraz, después se sometió a agitación constante a temperatura ambiente por 10 minutos. Pasado ese tiempo, el matraz fue cubierto por papel aluminio y se adicionaron 100 μ L de α -amilasa termoestable. El matraz se sometió a agitación constante por 20 minutos a 95°C. Al terminar, el matraz se dejó enfriar a temperatura ambiente, para luego aforar su contenido hasta los 100 mL. Posteriormente se tomaron 300 μ L del matraz y dentro de un tubo de microcentrífuga color ámbar, se mezclaron junto con 1 mL de solución amortiguadora de acetato (0.4 M y pH 4.75) y 25 μ L de amiloglucosidasa. La mezcla fue incubada a 60°C y agitación constante durante 30 minutos. Al terminar el periodo de incubación, se dejó enfriar el tubo a temperatura ambiente y luego se centrifugó a 5400x g durante 5 minutos, para posteriormente recuperar el sobrenadante. Se realizaron 2 lavados al precipitado, usando 1 mL de agua destilada y repitiendo el proceso de centrifugación con cada uno. Se recuperaron los sobrenadantes y se aforaron a 10 mL usando agua destilada. La cuantificación de almidón disponible se realizó mediante un kit de glucosa oxidasa/peroxidasa, según se indica en el apartado 6.2.2.2. para la determinación de almidón resistente.

5.2.5.1. Preparación del producto tipo hummus

El producto tipo hummus de frijol fue elaborado en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro, en la Planta piloto del Programa del Posgrado en Alimentos (PROPAC), siguiendo las buenas prácticas de manufactura que marca la NOM-120-SSA1-1994.

La cocción del frijol se llevó a cabo por extrusión, como la descrita en el apartado 5.2.1.2. El frijol obtenido del proceso se molió por separado en una licuadora comercial como lo recomienda por Jenkins *et al.* (2020), junto con la tahina (previamente molida), la sal, el ácido ascórbico y agua para suavizar la textura del producto final. El hummus obtenido se almacenó a 4°C hasta el momento de su

análisis. Se utilizó como aditivo la inulina en polvo como texturizante para mejorar su untabilidad.

5.2.6. Análisis fisicoquímico

5.2.6.1. Medición de color

La medición del color se hizo según lo recomendado por la Comisión Internacional de Iluminación, (2004). Se usó un colorímetro KONICA MINOLTA, Modelo CM-600d utilizando un iluminante D65 y observador a 10°, los resultados se expresaron de acuerdo con el sistema CIEL*a*b*, midiendo los valores de L* (luminosidad), a* (tonalidades verdes a tonalidades rojas) y b* (tonalidades azules a tonalidades amarillas), a partir de los datos se determinó los valores de croma, ángulo de matiz o Hue.

5.2.6.2. Medición de pH

El pH se determinó a temperatura ambiente, mediante un potenciómetro (Orion 3 Star, Thermo Scientific) previamente calibrado con estándares de 4, 7 y 10.

5.2.6.3 Análisis de perfil de dureza

El análisis de perfil de textura se realizó mediante la metodología descrita por Glicerina *et al.*, (2013) con modificaciones. A 30 g del producto tipo hummus de frijol común colocado en un contenedor cilíndrico de 5 cm de altura y 4 cm de diámetro interno, se le aplicó un 50% de deformación con una sonda TA10 (cilindro de 35 mm de diámetro y 12.7 mm de largo) a una velocidad de ensayo de 1.0 mm/ s, hasta lograr 20 mm de penetración en la muestra, la dureza se determinó en N mediante el texturómetro (BROOKFIELD®, Modelo CT3 25K).

5.2.6.4. Índice de absorción de agua de la harina extrudida

El análisis de índice de absorción de agua se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Bhat *et al.* (2016). La muestra (2.5 g en base seca) se mezcló con 20 ml de agua destilada en un tubo de centrifuga y luego se agito durante 30 min a 25

°C. Luego, la suspensión se centrifugó a 5000x g durante 15 min y se decantó el sobrenadante. Se midió el peso del residuo. La ganancia de peso se expresó como porcentaje de la capacidad de absorción de agua.

5.2.6.5. Índice de absorción de aceite de la harina extrudida

El análisis de índice de absorción de agua se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Bhat *et al.* (2016), con ligeras modificaciones. La muestra (2.5 g en base seca) se mezcló con 20 mL de aceite de oliva en un tubo de centrifuga y luego se agitará durante 30 min a 25 °C. Luego, la suspensión se centrifugó a 5000x g durante 15 min y se decantó el sobrenadante. Se midió el peso del residuo. La ganancia de peso se expresó como porcentaje de la capacidad de absorción de aceite.

5.2.6.6. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó por lo dicho según la Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009 que establece las especificaciones sanitarias que se deben cumplir. Se hizo determinación de coliformes totales por la NOM-113-SSA1-1994, así como la cuantificación de mesófilos por NOM-092-SSA1-1994. Del mismo modo, se hizo determinación de mohos y levaduras según la NOM-111-SSA1-1994.

5.2.6.7. Análisis sensorial del hummus

Se realizó una evaluación sensorial a la formulación resultante de esta investigación, el panel estuvo conformado conformada por 60 individuos sanos no entrenados, con edades de 18 y 60 años, consumidores habituales de legumbres, sin exclusión de género y con aptitud para comunicarse y describir sensaciones percibidas, el número de panelistas se estableció de acuerdo con la Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos (Reyna & Domínguez, 2007). Después de leerseles el consentimiento informado (Anexo 1), se evaluaron 2 pruebas preferencia y agrado (Anexo 3), existió una revocación del consentimiento informado (Anexo 2). Para invitar a los panelistas se colocaron carteles (Anexo 4) en la facultad de Química y de igual manera, se invitó por redes sociales.

Para el primer análisis se les proporcionó a los panelistas 1 muestra de cada formulación con un código aleatorio conformado con 3 letras. Se aseguro la

inocuidad de dichas formulaciones mediante estudios microbiológicos que se realizaron previo a las pruebas.

Para el segundo análisis que fue la prueba sensorial de agrado, se utilizó una escala hedónica de 7 puntos:

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

Los parámetros por evaluar fueron: color, olor, sabor, textura, untabilidad y agrado en general.

5.2.7. Diseño experimental

Para identificar las mejores formulaciones del producto tipo hummus a base de frijol común, se propuso un diseño factorial 2^2 , es decir, dos factores de interés en dos niveles cada uno. Los factores fueron la cantidad de inulina añadida con dos niveles (I1 e I2) y el proceso de cocción (F1 y F2) como se muestra en el Cuadro 2. La variable respuesta fueron la untabilidad del producto tipo hummus de frijol común.

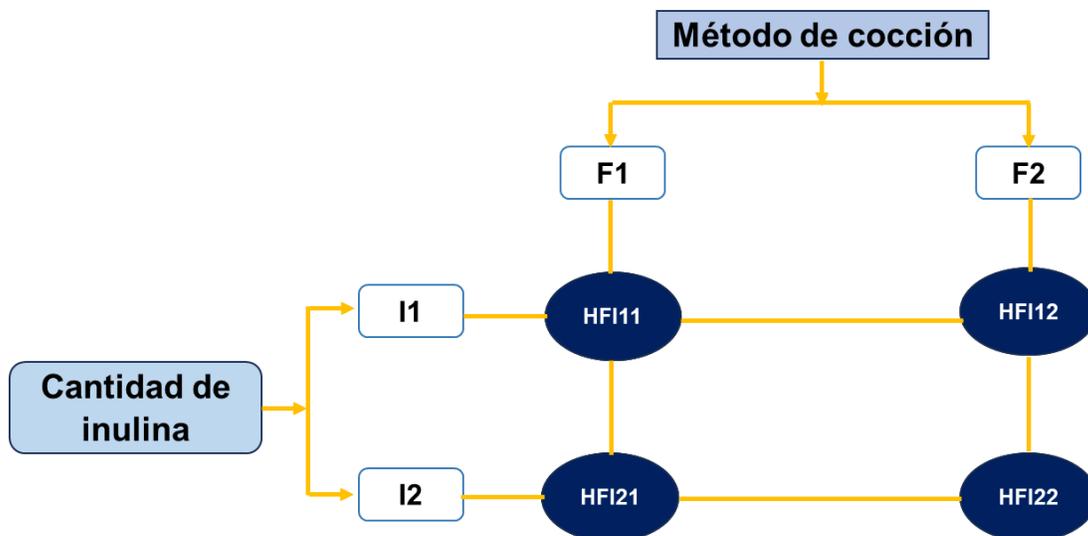


Figura 3 Diseño experimental del producto tipo hummus de frijol común.

5.2.8. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos del análisis estadístico se expresaron como la media \pm desviación estándar como medida de dispersión de los datos. Las diferencias entre las medias para los diferentes tratamientos se analizarán por el método de Tukey-Kramer con $\alpha=0.05$, usando el programa Minitab. Para los datos de evaluación sensorial, se utilizó la prueba no paramétrica de Chi-Cuadrado.

6. Resultados y discusión

6.1. Caracterización de materia prima

6.1.1. Composición química.

En el Cuadro 3 se muestra el contenido de proteína, lípidos, humedad y carbohidratos de las harinas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) crudo, con cocción tradicional y extrusión. Estos valores se encuentran dentro de los valores reportados en la bibliografía los cuales oscilan entre 14-33% para proteína, 2.9-4.5 % para cenizas y 52-76% para carbohidratos (Maldonado *et al.*, 2002). En proteínas se observa una diferencia significativa entre la harina de frijol crudo y las harinas por cocción tradicional junto con la harina de frijol extrudido, en las cuales el valor

disminuyó, esta disminución puede ser explicada al acomplejamiento de estas moléculas con otras macromoléculas como lípidos o carbohidratos o la desnaturalización de las proteínas durante el tratamiento térmico (Escobedo *et al.*, 2020). En cuanto al contenido de lípidos estos presentan valores mayores en las harinas tratadas por ambos métodos de cocción, lo cual se puede atribuir a que estos forman complejos con otras moléculas, en este caso con proteínas donde el valor de estas decreció. Los valores de lípidos y humedad se encuentran entre los valores reportados por Campos-Vega et al. (2009) que van de 0.4 a 2.0 % y de 1 a 11 % respectivamente para diferentes variedades de frijol (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos de harinas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) por cocción tradicional y extrusión.

Harina	Humedad (%)	Proteínas(%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
HFC	8.46 ± 0.34 ^a	20.71 ± 0.25 ^a	1.07 ± 0.01 ^b	3.74 ± 0.04 ^c	66.01 ± 0.40 ^c
HFCT	5.67 ± 0.08 ^b	19.11 ± 0.06 ^c	1.28 ± 0.03 ^a	4.09 ± 0.02 ^b	69.80 ± 0.15 ^b
HFE	3.05 ± 0.11 ^c	19.70 ± 0.12 ^b	1.29 ± 0.05 ^a	4.22 ± 0.03 ^a	71.75 ± 0.25 ^a

HFC= harina de frijol crudo; HFCT=harina de frijol cocción tradicional; HFE=harina de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey-Kramer. Los resultados se muestran en base seca.

6.1.2. Contenido de fibra dietaria y compuestos fenólicos de la harina de frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L.) cocido por el método tradicional y extrusión.

6.1.2.1. Contenido de fibra.

La fibra dietética son carbohidratos resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, la fermentación puede ser parcial o completa (Escudero Álvarez & González Sánchez, 2006). La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos,

lignina y sustancias asociadas de la planta. La fibra es conocida por aumentar los efectos benéficos como laxante, bajar el nivel de colesterol y glucosa en sangre (Escudero Álvarez & González Sánchez, 2006). Los resultados obtenidos de la fibra total, la fibra insoluble y soluble se muestran en el Cuadro 4.

No existe una diferencia significativa de la fibra entre ambos métodos de cocción, pero sí entre la harina de frijol crudo y las harinas cocidas por ambos métodos, donde el valor de fibra aumentó respecto al crudo, esto atribuible a que en condiciones severas el contenido de fibra tiende a aumentar debido a que solubilizan algunos de sus componentes (Singh *et al.*, 2007), además de generar la interacción y enlace de estos componentes con algunas macromoléculas como proteínas y lípidos (Alfonzo González, 2000). Los valores obtenidos para fibra total son similares a los reportados en estudios anteriores por Campos-Vega *et al.* (2009) estos varían entre 36-55% para frijol cocido y entre 25-37% para el crudo. Respecto a la fibra soluble e insoluble los valores obtenidos dentro del mismo estudio para diversas variedades de frijol se encuentran en un rango de 5.0 a 14% y 31 a 41% respectivamente para frijol cocido, siendo los valores obtenidos en este trabajo similares a los reportados.

Cuadro 4. Fibra dietaria de harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido.

Harina	Fibra total	Fibra dietaria insoluble	Fibra dietaria soluble
HFC	34.69 ± 0.91	27.28 ± 0.42 ^b	7.41 ± 0.49
HFCT	37.13 ± 0.24	29.54 ± 0.11 ^a	7.59 ± 0.13
HFE	36.05 ± 0.46	28.89 ± 0.51 ^a	7.16 ± 0.05

HFC= harina de frijol crudo; HFCT=harina de frijol cocción tradicional; HFE=harina de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey-Kramer.

6.1.2.2. Compuestos fenólicos

El contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y taninos condensados de las harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido se muestra en el Cuadro 5. Para los compuestos fenólicos totales no hay una diferencia significativa entre los métodos de cocción, pero sí la hay entre la harina de frijol crudo, lo cual puede atribuirse a que durante el proceso de cocción se reduce el contenido de polifenoles debido a un incremento de lixiviación en función del aumento de temperatura (Pérez-Pérez *et al.*, 2020). Respecto a los valores obtenidos de flavonoides, existe una diferencia significativa entre todas las muestras de harinas de frijol, Además, se presentó un aumento de estos respecto al crudo, lo cual puede atribuirse a que se ha reportado que la cocción puede aumentar el contenido de los flavonoides debido a que son liberados de proteínas o lípidos por el tratamiento, así como la hidrólisis de taninos condensados, aumentando su y de esta manera poder cuantificarse (Pérez-Pérez *et al.*, 2020). En cuanto a los valores de taninos condensados, existe una diferencia significativa en las harinas de frijol, donde la harina obtenida por cocción tradicional es la de menor valor, dado que por este método el grano permanece mayor tiempo a altas temperaturas por un largo tiempo, por lo que la disminución se atribuye a la hidrólisis de estos, estos valores se encuentran dentro de los valores reportados en la bibliografía los cuales van de 9.6-131.4 (Maldonado *et al.*, 2002).

Cuadro 5. Contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y taninos en harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido.

Harina	Fenoles totales libres	Flavonoides	Taninos condensados
HFC	54.65 ± 0.16 ^a	36.79 ± 2.19 ^b	87.15 ± 3.78 ^a
HFCT	37.28 ± 1.69 ^b	81.05 ± 0.84 ^a	25.97 ± 0.36 ^c
HFE	32.92 ± 2.92 ^b	75.81 ± 1.48 ^a	59.25 ± 1.30 ^b

HFC= harina de frijol crudo; HFCT=harina de frijol cocción tradicional; HFE=harina de frijol extrudido. Fenoles Totales Libres se expresan como mg equivalentes de Ácido Gálico/g muestra. Flavonoides se expresan como µg equivalentes de Rutina/g muestra. Taninos Condensados se expresan como

mg equivalentes de Catequina/g muestra. Los resultados son la media de tres réplicas \pm la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey-Kramer.

6.1.3 Capacidad antioxidante y digestibilidad proteica de la harina de frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L.) cocido por método tradicional y extrusión.

6.1.3.1. Capacidad antioxidante de harina de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cocido por el método tradicional y extrusión.

En el Cuadro 6 se muestran los resultados de la capacidad antioxidante de las harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido. La determinación de la capacidad antioxidante es útil para valorar la calidad de un alimento esta depende de la actividad antioxidante de sus diferentes compuestos como los compuestos fenólicos, carotenos, antocianinas, ácido ascórbico, entre otros.

Cuadro 6. Capacidad antioxidante de harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido

Harina	DPPH	ABTS	FRAP
HFC	49.11 \pm 2.58 ^{ab}	3521.66 \pm 113.51 ^a	3321.77 \pm 174.87 ^b
HFCT	45.55 \pm 0.50 ^b	3024.58 \pm 13.25 ^b	4063.07 \pm 24.50 ^a
HFE	49.81 \pm 0.34 ^a	2229.94 \pm 79.93 ^c	3135.94 \pm 20.34 ^c

HFC= harina de frijol crudo; HFCT=harina de frijol cocción tradicional; HFE=harina de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas \pm la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey. Capacidad antioxidante se expresa como μ moles equivalentes de Trolox/g muestra.

Los valores son mayores a los reportados por Pérez-Pérez et al., 2020, en donde se reportan valores que oscilan de 0.60 a 3.01 μ M ET/g para frijol crudo; 0.58 a 2.90 μ M ET/g para frijol cocido en DPPH; 0.68 a 2.18 μ M ET/g para frijol crudo; 0.52 a 1.94 μ M ET/g para frijol cocido en ABTS; y 5.24 a 36.99 μ M ET/g en frijol crudo y 5.22 a 17.80 mg EAG/g para frijol cocido en FRAP. Dado que la capacidad antioxidante está directamente relacionada con los compuestos fenólicos, al tener

un mayor valor de estos en las harinas obtenidas de frijol común reportados en estudios anteriores, existe una mayor capacidad antioxidante. Esta diferencia de valores de la capacidad antioxidante entre los estudios puede deberse a las condiciones de almacenamiento del frijol, a la variedad, la cosecha, a las condiciones del procesamiento térmico, el remojo, entre otros (Mederos, 2006).

6.1.3.2. Digestibilidad *in vitro* de proteínas.

La digestibilidad *in vitro* de proteínas se muestra en el Cuadro 6. Se observa que no existe una diferencia entre muestras crudas y por ambos métodos de cocción, así como con la caseína, la cual es la proteína de referencia.

Cuadro 6. Digestibilidad *in vitro* de proteínas de harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudas, cocidas y extrudidas.

Muestra	Digestibilidad
HFC	79.16 ± 1.43 ^a
HFCT	80.78 ± 1.27 ^a
HFE	82.98 ± 0.53 ^a
CASEÍNA	96.30 ± 0.63 ^a

HFC= harina de frijol crudo; HFCT=harina de frijol cocción tradicional; HFE=harina de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey-Kramer.

Los resultados obtenidos son similares a los reportados en otros estudios con valores de 81.4 (Azeneth Vergara-Castañeda *et al.*, 2010) y valores de 71.05 a 75.14 para diferentes variedades de frijol crudo y valores de 81.48 a 83.74 para cocido (Granito *et al.*, 2009). Lo que sugiere una fácil digestión de las proteínas del frijol común.

6.1.4. Caracterización fisicoquímica.

6.1.4.1. Absorción de agua y aceite.

Un indicador que determina la calidad en las harinas de granos de leguminosas es la capacidad de absorción de agua, la cual permite evaluar la capacidad de rehidratación de estas. En el Cuadro 7 se presentan los resultados de absorción de agua y aceite de las harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido.

La absorción de agua es una medida de la funcionalidad, ya que algunos nutrientes y compuestos bioactivos interactúan con el agua, como las proteínas, los carbohidratos y la fibra dietética de la matriz alimentaria y en este caso de los frijoles Mederos, Y. (2006). Los valores obtenidos de absorción de agua tanto para las harinas de frijol crudo y extrudido presentan diferencias mínimas entre ellas, sin embargo, estos son cercanos a los valores reportados en estudios anteriores por Granito *et al.* (2009), quienes reportan valores para distintas variedades de frijol que se encuentran en el rango de 1.7 a 2.82 g agua/ g de muestra en crudo y 2.73 a 4.41 g agua/ g de muestra para cocido. Lo anterior indica que las harinas obtenidas podrían emplearse en la elaboración de diversos productos donde es importante la capacidad de absorción de agua (panes, pastas y masas) que influye en sus propiedades organolépticas, así como en el costo final de los productos. En cuanto a la absorción de aceite, existe una notable diferencia entre las harinas crudas y por ambos métodos de cocción. Los valores son cercanos al intervalo reportado por Granito *et al.* (2009) que van de 1.11 a 1.72 g aceite/g de muestra para crudo y 0.95 a 1.31 g aceite/g de muestra para cocido. Una baja absorción de aceite podría ser favorable en la elaboración de productos más saludables.

Cuadro 7. Absorción de agua y de aceite de harinas de frijol, frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, por cocción tradicional y extrudido.

Harina	Absorción de agua	Absorción de aceite
HFC	4.33 ± 0.28 ^a	1.98 ± 0.06 ^a
HFCT	3.33 ± 0.03 ^c	0.65 ± 0.02 ^c
HFE	3.83 ± 0.11 ^b	0.88 ± 0.05 ^b

HFC= harina de frijol crudo; HFCT=harina de frijol cocción tradicional; HFE=harina de frijol extrudido. Los valores se expresan como gramos absorbidos por gramos de muestra. Los resultados son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey-Kramer.

6.2. Caracterización del producto tipo hummus.

6.2.1. Composición química del producto tipo hummus.

La composición química del producto tipo humus de frijol común (*P. vulgaris* L.) se muestran en el Cuadro 11. Dentro de la composición química del producto tipo hummus se observa que no existen diferencias entre las formulaciones evaluadas respecto a proteínas, cenizas y carbohidratos. Los datos obtenidos son similares a los reportados en un estudio anterior por Contreras (2021) para un producto tipo hummus a base de harina de frijol común. Algunos de los productos comerciales de hummus de garbanzo de la marca “Libanius” reporta como proteínas (8 g/ 100 g), grasas (18.5 g/100 g) y carbohidratos (4.6 g/100 g); así mismo la marca “Obela” reporta un contenido de proteínas (7.66 g/ 100 g), grasas (17.33 g/ 100 g) y carbohidratos (12.66), estos valores son cercanos a los obtenidos en las formulaciones del producto tipos hummus a base de frijol , las variaciones en el contenido de proteínas y lípidos pueden atribuirse al cambio de la leguminosa.

Cuadro 11. Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos del producto tipo hummus de harinas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) por cocción tradicional y extrusión.

Muestra	Humedad(%)	Proteínas(%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
HFCT (0.5)	50.94 ± 0.02 ^b	6.80 ± 0.47 ^a	15.22 ± 0.34 ^a	2.36 ± 0.01 ^a	24.68 ± 0.82 ^a
HFCT (1.0)	52.16 ± 0.04 ^a	6.56 ± 0.55 ^a	14.26 ± 0.09 ^b	2.29 ± 0.01 ^a	24.74 ± 0.69 ^a
HFE	51.89 ± 0.16 ^a	7.03 ± 0.51 ^a	15.37 ± 0.06 ^a	2.18 ± 0.06 ^a	23.53 ± 0.34 ^a

HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT=Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey. Los cálculos se encuentran en base húmeda.

6.2.2. Contenido de fibra y compuestos fenólicos del producto tipo hummus.

6.2.2.1. Contenido de fibra total, soluble e insoluble.

En el Cuadro 12 se muestra el contenido de fibra del producto final. Los valores obtenidos de fibra total son cercanos a los reportados por Contreras (2021) con valores de 9.62 a 11.23 g/100g para productos tipo hummus con harinas de frijol por ambos métodos de cocción, los cuales no tienen incorporado la inulina como aditivo.

Cuadro 12. Fibra dietaria del producto tipo hummus de frijol común (*P. vulgaris* L.) cocido y extrudido.

Harina	Fibra total	Fibra dietaria insoluble	Fibra dietaria soluble
HFCT (0.5)	11.28 ± 0.14 ^{ab}	8.10 ± 0.15 ^b	3.18 ± 0.01 ^a
HFCT (1.0)	10.64 ± 0.34 ^b	7.92 ± 0.05 ^b	2.72 ± 0.29 ^a
HFE	11.62 ± 0.02 ^a	8.69 ± 0.06 ^a	2.93 ± 0.08 ^a

HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT=Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas \pm la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey-Kramer.

Lo anterior sugiere que la incorporación de la inulina no incrementó el contenido de fibra total en el producto final, además de que las muestras evaluadas presentan valores similares entre ellas (12). Y, en comparación con productos comerciales de hummus a base de garbanzo como “Libanius” que presenta 10 g/ 100 g y un hummus comercial de España que presenta 8.4g /100g (Álvarez et al., 2017).

6.2.2.2. Compuestos fenólicos libres del producto tipo hummus.

En el Cuadro 13 se muestra los resultados obtenidos para compuestos fenólicos, flavonoides y taninos condensados, estos son similares para todas las formulaciones, lo cual demuestra que el tipo de tratamiento térmico y la incorporación del aditivo como la inulina no produce cambios entre los productos.

Cuadro 13. Contenido de fenoles totales, flavonoides y taninos libres del producto tipo hummus de harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido.

Muestra	Fenoles totales libres	Flavonoides	Taninos condensados
HFCT (0.5)	426.95 \pm 12.15 ^a	779.89 \pm 46.58 ^a	550.90 \pm 44.21 ^a
HFCT (1.0)	479.27 \pm 19.34 ^a	892.90 \pm 51.26 ^a	551.76 \pm 8.73 ^a
HFE	454.80 \pm 4.40 ^a	795.59 \pm 12.00 ^a	533.40 \pm 20.66 ^a

HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT=Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido. Fenoles Totales Libres se expresan como mg equivalentes de Ácido Gálico/g muestra. Flavonoides se expresan como μ g equivalentes de Rutina/g muestra. Taninos Condensados se expresan como mg equivalentes de Catequina/g muestra. Los resultados son la media de tres réplicas \pm la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey-Kramer.

No se han encontrado reportes en la literatura en cuanto a compuestos fenólicos en hummus a base de frijol, sin embargo, los datos obtenidos en este proyecto son significativamente más altos a los reportados por Contreras (2021). Esto podría ser atribuido al año de cosecha del frijol, a condiciones ambientales entre otras.

6.2.2.3. Capacidad antioxidante del producto tipo hummus.

En el Cuadro 14 se muestra la capacidad antioxidante del producto tipo hummus donde es posible observar que mediante el método DPPH no hay una diferencia entre muestras, mientras que por el método de ABTS se muestra un menor porcentaje para HFCT (0.5% aditivo), hasta del 39.5%. Mientras que para FRAP se presentó un incremento del 12.8% en el hummus de frijol extrudido. Los valores obtenidos en los productos tipo hummus a base de frijol común son mayores a los reportados por Contreras (2021) al comparar entre un hummus comercial y hummus de frijol, este incremento se atribuye a su mayor contenido de compuestos fenólicos que están directamente relacionados con la capacidad antioxidante.

Cuadro 14. Capacidad antioxidante del producto tipo hummus de harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido.

Muestra	DPPH	ABTS	FRAP
HFCT (0.5)	27.95 ± 2.39 ^a	44711.69 ± 478 ^a	29750.00 ± 641.23 ^b
HFCT (1.0)	23.36 ± 0.72 ^a	27023.35 ± 1213 ^b	28706.15 ± 143.12 ^b
HFE	27.92 ± 0.06 ^a	26690.62 ± 475 ^b	34102.19 ± 500.24 ^a

HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT=Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey-Kramer. Capacidad antioxidante se expresa como $\mu\text{moles equivalentes de Trolox/g muestra}$.

6.2.4. Digestibilidad *in vitro* de proteínas del producto tipo hummus.

La digestibilidad de las proteínas muestra que todos los hummus tienen un porcentaje de digestibilidad similar. Solo la formulación con 5% de aditivo tiene una mayor digestibilidad. Los resultados reportados son similares a los obtenidos en un estudio anterior para un producto tipo hummus a base de frijol con valores de 81.39 a 84.61 para ambos métodos de cocción (Contreras. 2021).

Cuadro 15. Digestibilidad *in vitro* de proteínas del producto tipo hummus de harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido.

Muestra	Digestibilidad
HFCT (0.5)	85.34 ± 0.14 ^b
HFCT (1.0)	82.37 ± 0.43 ^c
HFE	83.36 ± 0.21 ^c
CASEÍNA	96.30 ± 0.63 ^a

HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT=Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey. Digestibilidad *in vitro* de proteína se expresa como porcentaje (%).

6.2.3. Análisis fisicoquímico.

6.2.3.1. Medición de olor.

Como se sabe, el ojo humano puede percibir millones de colores, además de que cada individuo percibe estos colores de manera diferente, lo cual se relaciona con la fabricación de diversos productos y la aceptabilidad de estos Konica Minolta (2014). De acuerdo con el Cuadro 16, se observa un cambio significativo entre las muestras en los valores de a^* (coordenadas rojo/verde) y b^* (coordenadas amarillo/azul) en productos tipo hummus con harina de frijol cocido por el método tradicional, donde ambos valores son mayores respecto al hummus de harina extrudida. Esto se debe al método de cocción de las muestras, además se presenta un valor más alto para

L* (luminosidad), el cual es más claro o brillante debido al método de cocción. Asimismo, esta muestra (HFE) tiene los valores más bajos de tono y matiz.

Cuadro 16. Análisis de color del producto tipo hummus de harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido.

Muestra	a*	b*	L*	C*	H°
HFCT (0.5)	8.92 ± 0.15 ^b	17.41 ± 0.36 ^b	54.83 ± 0.15 ^b	19.56 ± 0.35 ^b	0.47 ± 0.008 ^b
HFCT (1.0)	9.37 ± 0.06 ^a	18.23 ± 0.19 ^a	53.26 ± 0.63 ^{bc}	20.50 ± 0.18 ^a	0.48 ± 0.004 ^b
HFE	5.03 ± 0.12 ^c	16.35 ± 0.29 ^c	63.06 ± 0.69 ^a	17.11 ± 0.31 ^c	0.30 ± 0.002 ^a

HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT (1.0) =Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey.

Esta diferencia entre las muestras por el tipo de cocción de las harinas tiene una mejor representación en la Figura 4, donde es posible notar el color más claro y brillante de la muestra HFE, la cual tiende a ser la mas cercana visualmente a *HCE que es una muestra comercial de un hummus de garbanzo español (Álvarez et al., 2017), teniendo como valores 75.3 ± 0.12 , 0.29 ± 0.04 y 14.3 ± 0.09 para L*, a* y b* respectivamente.

En cuanto a los valores de croma, se puede notar una pequeña diferencia entre las muestras elaboradas con harina de frijol por el mismo método de cocción donde el valor aumenta respecto al aumento del aditivo, lo cual indica un tono más intenso de estas, por el contrario, para la muestra HFE donde su valor de croma disminuye respecto a HFCT (0.5) y HFCT (1.0), esto nos indica un color más suave u opaco.

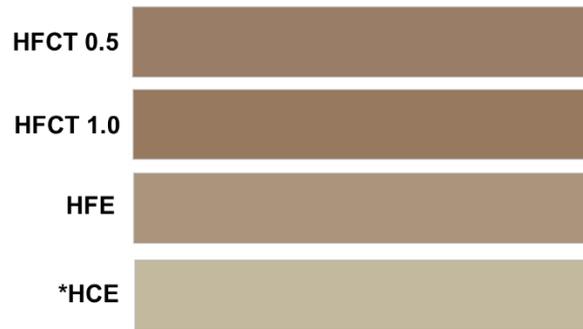


Figura 4.- Sistema de color CIELAB donde HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT (1.0) =Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido; *HCE = Hummus comercial español.

6.2.3.1. Análisis de perfil de dureza.

La dureza es uno de los parámetros relacionados con la textura, siendo esta una de las principales características para el consumidor y es la fuerza necesaria para aplastar un producto entre la lengua y el paladar (González et al., 2015).

De acuerdo con el Cuadro 17, donde se muestran los resultados de la medición de la dureza de las diferentes muestras, se observa como las muestras del producto tipo hummus con harinas por cocción tradicional adicionadas con inulina (HFCT 0.5 Y HFCT 1.0), no tienen una diferencia entre ellas. Sin embargo, al ser comparadas con la muestra HFCT que no contiene este aditivo la dureza es menor, lo cual es relevante dado que la adición de este aditivo nos indica una mejora del producto al ser mas consistente. Ahora bien, respecto a la muestra HFE, su valor es dos veces mayor comparado con las muestras. Esto indica que el proceso de extrusión para la obtención de las harinas afecta la textura del producto final haciendo a este más denso sin necesidad de incorporar ningún tipo de aditivo.

Cuadro 17. Análisis de dureza del producto tipo hummus de harinas de frijol común (*P. vulgaris* L.) crudo, cocido y extrudido.

Muestra	Dureza (N)
HFCT	0.77 ± 0.02 ^c
HFCT (0.5)	0.86 ± 0.00 ^b
HFCT (1.0)	0.83 ± 0.01 ^b
HFE	1.60 ± 0.01 ^a

HFCT= Hummus de frijol cocción tradicional; HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT (1.0) =Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido. Los resultados son la media de tres réplicas ± la desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la prueba de Tukey-Kramer.

6.3. Análisis sensorial

6.3.1 Encuesta general de información acerca del producto

Se realizó una encuesta general donde el 64% de los participantes dijeron que conocían y habían consumido el producto a evaluar (Figura 5). Lo cual permite tener una mejor evaluación del producto a evaluar.

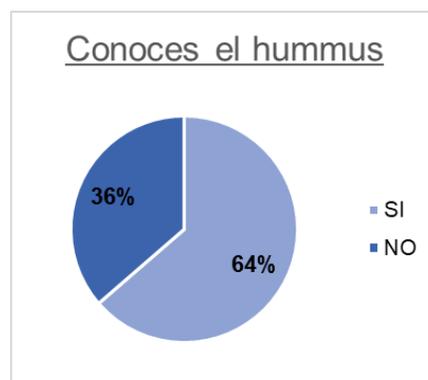


Figura 5.- Conocimiento acerca del producto

6.3.2 Evaluación de las muestras tipo hummus mediante escala hedónica

Se realizó un análisis sensorial discriminativa para evaluar color, olor, sabor, textura y untabilidad mediante una escala hedónica de 7 puntos los cuales fueron:

1. ME DISGUSTA EXTREMADAMENTE
2. ME DISGUSTA MUCHO
3. ME DISGUSTA LIGERAMENTE
4. NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA
5. ME GUSTA POCO
6. ME GUSTA MUCHO
7. ME GUSTA EXTREMADAMENTE

Los resultados fueron representados mediante un mapa de calor para cada uno de los parámetros evaluados en las muestras como se muestra en la Figura 5, donde MDE es “me disgusta extremadamente”, MDM es “me disgusta mucho”, MDG es “me disgusta ligeramente”, NMGNMD es “ni me gusta ni me disgusta”, MDP es “me gusta poco”, MGM es “me gusta mucho”, MGE es “me gusta extremadamente”.

Como se puede observar para el parámetro de color (a) la tendencia de las muestras es de “ni me gusta de me disgusta” a “me gusta mucho”, por lo que el resultado sugiere que el color no es un factor de gran interés entre los panelistas, la figura 5 b) muestra que el parámetro de olor les es indiferente a los panelistas, puesto que los resultados se concentran entre “ni me gusta ni me disgusta” y “me gusta poco”, siendo para las muestras HFCT y HFE las que tienden a tener un menor agrado que el resto. Para el sabor (Figura 5c) hay una mayor diferencia entre las muestras al gustarles y disgustarles estas por igual, sin embargo, una mayor homogeneidad del color se presenta en las tres primeras muestras (HFCT, HFCT0.5 y HFCT1.0) que son los productos elaborados mediante harinas por cocción tradicional, en cuanto la Figura 5d) donde se evaluó la textura, todas las muestras en general tuvieron una aceptación favorable donde se observa una mayor concentración en “me gusta poco” y “me gusta mucho” para las muestras en general, y por último se pidió evaluar la untabilidad de los productos obtenidos y se observan en la Figura 5e), donde en general las muestras tuvieron aceptación por los panelistas, sin embargo las muestras HFCT, HFCT0.5, HFCT1.0 Y HFE tienden a ser más untables de acuerdo a los panelistas.

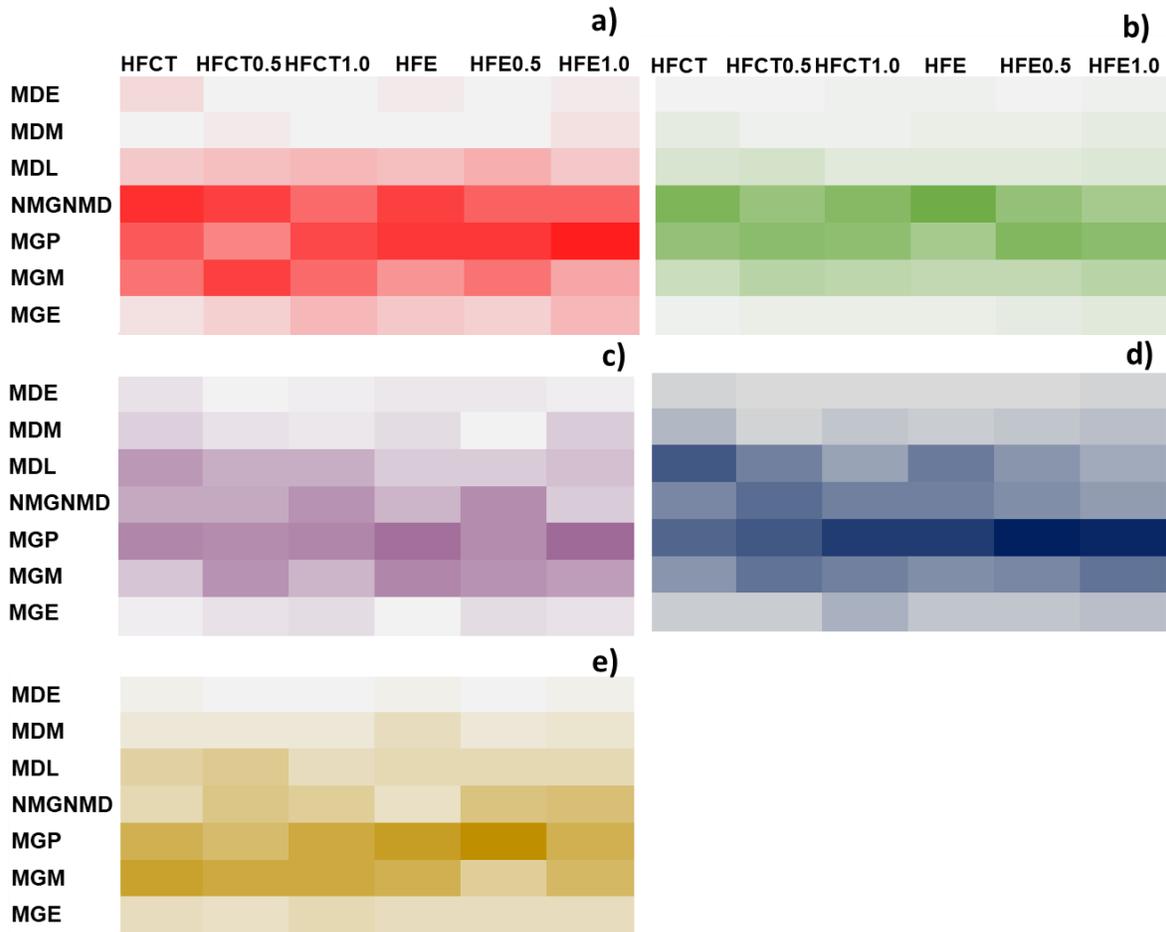


Figura 5.- Mapa de calor del análisis de agrado en general del producto tipo hummus de frijol común (*P. vulgaris* L.) de a) Color; b) Olor; c) Sabor; d) Textura; e) Untabilidad, donde HFCT= Hummus de frijol cocción tradicional; HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT=Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido; HFE 0.5=Hummus de frijol extrudido (0.5% aditivo); HFE 1.0=Hummus de frijol extrudido (1.0% aditivo).

6.3.3 Orden de preferencia

En la Figura 6 se observa de acuerdo con los panelistas el orden en que prefieren cada una de las muestras, y de acuerdo con sus propiedades organolépticas fue HFCT0.5, HFCT1.0, HFE, HFE0.5, HFCT y HFE1.0, de tal manera que las que presentaron una mayor aceptación fueron las tres primeras muestras (HFCT0.5, HFCT1.0 y HFE)

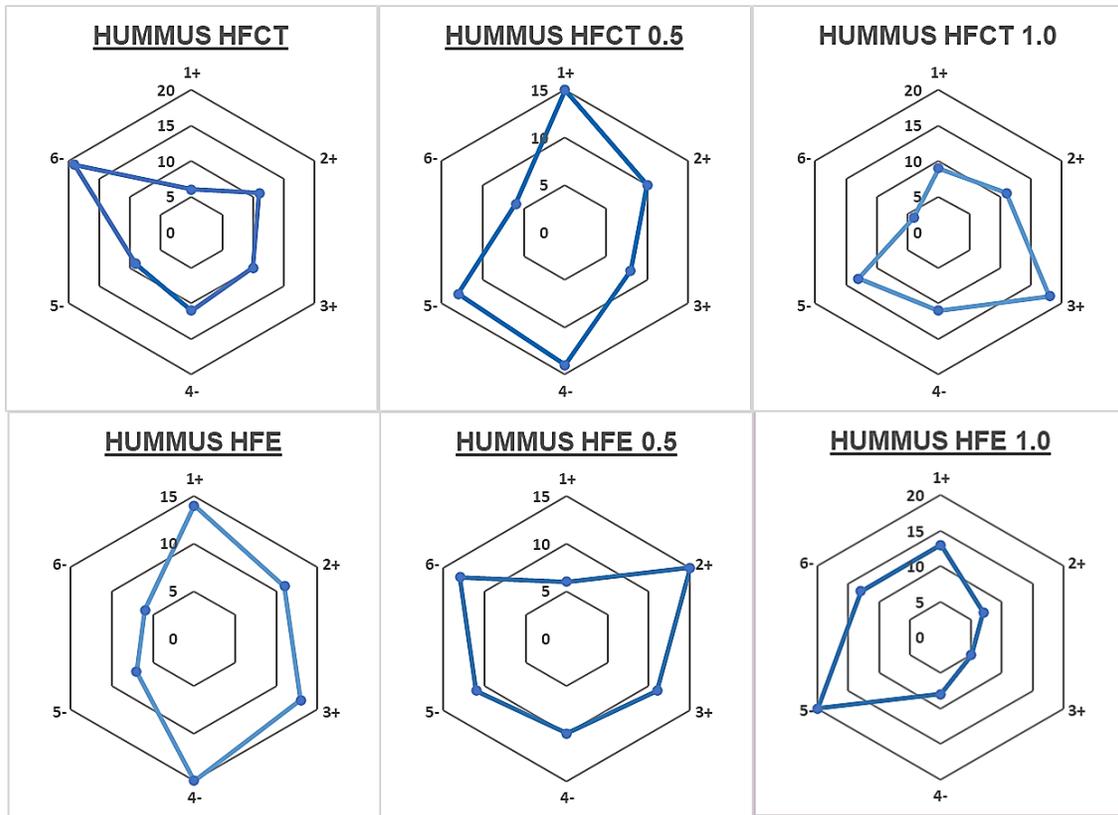


Figura 6.- Orden de preferencia del producto tipo hummus de harina de frijol común, donde HFCT= Hummus de frijol cocción tradicional; HFCT 0.5 = Hummus de frijol cocción tradicional (0.5% aditivo); HFCT=Hummus de frijol cocción tradicional (1.0% aditivo); HFE=Hummus de frijol extrudido; HFE 0.5=Hummus de frijol extrudido (0.5% aditivo); HFE 1.0=Hummus de frijol extrudido (1.0% aditivo).

Dentro de la misma encuesta realizada se determinó cuál de las características del producto había sido la que los llevo a elegir la muestra que más les agrado, donde el 80% de los panelistas eligieron la muestra por su sabor como se muestra en la Figura 7.

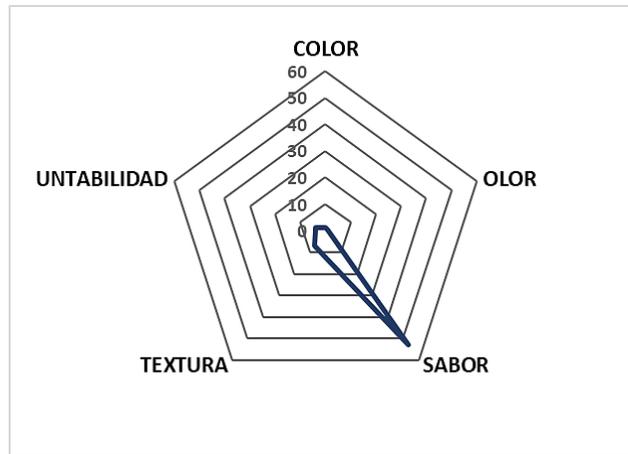


Figura 7.- Orden de preferencia del producto tipo hummus de harina de frijol común.

7. Conclusiones

Se concluye que las harinas de frijol común (*P. vulgaris* L) obtenidas mediante cocción tradicional y por extrusión tienen propiedades químicas, fitoquímica y fisicoquímicas similares, por lo que ambas pueden ser utilizadas en la elaboración del producto tipo hummus y en algunos otros productos como pan y pasta. Los productos finales evaluados mediante un análisis sensorial tuvieron de manera general una aceptación por los consumidores en todos los parámetros evaluados como el color, olor, sabor, textura y untabilidad, siendo estos similares entre las muestras.

Las muestras con mayor aceptación (HFCT0.5, HFCT 1.0, HFE) de acuerdo con sus propiedades organolépticas presentaron propiedades químicas y fitoquímicas similares entre ellas, al no existir una diferencia significativa.

Respecto al color, estas tienen una pequeña diferencia debido al método de cocción de las harinas, donde hay una notable diferencia respecto a la de harina por extrusión, siendo la más parecida a un hummus comercial de garbanzo en cuanto a color.

El uso de aditivo en las muestras no modifica sus propiedades químicas y fitoquímicas, sin embargo, mejora la textura y la dureza de estas, mientras que los productos a base de harina extrudida no requieren del uso de aditivos para mejorar sus propiedades.

Las muestras HFCT0.5, HFCT1.0, HFE, por sus propiedades químicas, fitoquímicas y fisicoquímicas, tienen potencial para competir en el mercado con un producto comercial.

Bibliografía

- Abreu y Abreu, A. T., Milke-García, M. P., Argüello-Arévalo, G. A., Calderón-de la Barca, A. M., Carmona-Sánchez, R. I., Consuelo-Sánchez, A., Coss-Adame, E., García-Cedillo, M. F., Hernández-Rosiles, V., Icaza-Chávez, M. E., Martínez-Medina, J. N., Morán-Ramos, S., Ochoa-Ortiz, E., Reyes-Apodaca, M., Rivera-Flores, R. L., Zamarripa-Dorsey, F., Zárate-Mondragón, F., & Vázquez-Frias, R. (2021). Dietary fiber and the microbiota: A narrative review by a group of experts from the Asociación Mexicana de Gastroenterología. *Revista de Gastroenterología de México (English Edition)*, 86(3), 287-304. <https://doi.org/10.1016/j.rgmxen.2021.02.002>
- AOAC. (2002). Official methods of analysis (Vol. 222). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Análisis de Textura y Analizadores de Textura: 2014*. Recuperado 18 de abril de 2022, de <http://analisisdetextura.blogspot.com/2014/>
- Aparicio-Fernández, X., García-Gasca, T., Yousef, G. G., Lila, M. A., González de Mejía, E., & Loarca-Pina, G. (2006). Chemopreventive activity of polyphenolics from black Jamapa bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on HeLa and HaCaT cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6), 2116–2122.
- Vergara-Castañeda, A H., Gerardo Guevara-González, R., Ramos-Gómez, M., Reynoso-Camacho, R., Guzmán-Maldonado, H., Angélica Feregrino-Pérez, A., Dave Oomah, B., & Loarca-Piña, G. (2010). Non-digestible fraction of cooked bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Bayo Madero suppresses colonic aberrant crypt foci in azoxymethane -induced rats. *Food & Function*, 1(3), 294-300. <https://doi.org/10.1039/C0FO00130A>

- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., & Oomah, B. D. (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International*, 43(2), 461-482. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.004>
- Castellanos, L., Murillo, K., Ortega, D., Velasquez Orozco, I., & Ramírez-Navas, J. (2016). Empleo de inulina en matrices alimentarias. *La Alimentación Latinoamericana*, 325, 62-68.
- Cervantes-Ramírez, J. E., Cabrera-Ramirez, A. H., Morales-Sánchez, E., Rodríguez-García, M. E., Reyes-Vega, M. de la L., Ramírez-Jiménez, A. K., Contreras-Jiménez, B. L., & Gaytán-Martínez, M. (2020). Amylose-lipid complex formation from extruded maize starch mixed with fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 246, 116555. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116555>
- Chávez-Mendoza, C., & Sánchez, E. (2017). Bioactive compounds from Mexican varieties of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications for health. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(8), 1360. <https://doi.org/10.3390/molecules22081360>
- Contreras Martínez, C. (2021). *Desarrollo y caracterización química y nutracéutica de un producto tipo hummus a base de frijol común (Phaseolus Vulgaris L.) como alternativa de refrigerio reducido en calorías* [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Day, L., & Golding, M. (2016). Food Structure, Rheology, and Texture. En L. Melton, F. Shahidi, & P. Varelis (Eds.), *Encyclopedia of Food Chemistry* (pp. 125-129). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03412-0>
- Debouck, D. G. (1984). *Morfología de la Planta de frijol Común*. CIAT.
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/antiox10121967>

- Ek, P., & Ganjyal, G. M. (2020). Chapter 1—Basics of extrusion processing. En G. M. Ganjyal (Ed.), *Extrusion Cooking* (pp. 1-28). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815360-4.00001-8>
- Escobedo, A., Marcela, G., Orozco-Avila, I., & Mojica, L. (2020). Autoclaving and extrusion improve the functional properties and chemical composition of black bean carbohydrate extracts. *Journal of Food Science*, 85. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15356>
- Escudero Álvarez, E., & González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 61-72.
- Extrusora para grancear plástico ¿Qué es y cómo funciona? - Plástico.* (s. f.). Recuperado 7 de abril de 2022, de <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/260036-Extrusora-para-grancear-plastico-Que-es-y-como-funciona.html>
- FAO. (2016). *Legumbres: Semillas nutritivas para un futuro sostenible*. FAO. <https://doi.org/10.4060/i5528s>
- Gibson, M., & Newsham, P. (2018). Chapter 7—Rheology. En M. Gibson & P. Newsham (Eds.), *Food Science and the Culinary Arts* (pp. 89-103). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811816-0.00007-5>
- Glicerina, V., Balestra, F., Pinnavaia, G. G., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2013). Rheological Characteristics of Nut Creams Realized with Different Types and Amounts of Fats. *Journal of Food Quality*, 36(5), 342-350. <https://doi.org/10.1111/jfq.12054>
- Gómez-Delgado, Y., & Velázquez-Rodríguez, E. B. (2019). Salud y cultura alimentaria en México. *Revista Digital Universitaria*, 20(1), 1-11. <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a6>
- Gorzynik-Debicka, M., Przychodzen, P., Cappello, F., Kuban-Jankowska, A., Marino Gammazza, A., Knap, N., Wozniak, M., & Gorska-Ponikowska, M. (2018). Potential Health Benefits of Olive Oil and Plant Polyphenols. *International*

Journal of Molecular Sciences, 19(3), 686.
<https://doi.org/10.3390/ijms19030686>

Guzmán-Maldonado, S. (2002). Food quality and nutraceutical potential of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Técnica en México*, 28, 159.

Hernández, H. (2020). *Hummus: qué es, origen e historia y propiedades*. Bon Viveur. <https://www.bonviveur.es/gastroteca/el-hummus-el-plato-oriental-que-ha-conquistado-el-mundo>

Justo-Torres, O., & Perez W, (2006). Tecnología de extrusión en alimentos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol. 16, No.3.

Klimek-Szczykutowicz, M., Szopa, A., & Ekiert, H. (2020). Citrus limon (Lemon) Phenomenon—A Review of the Chemistry, Pharmacological Properties, Applications in the Modern Pharmaceutical, Food, and Cosmetics Industries, and Biotechnological Studies. *Plants*, 9(1), 119.
<https://doi.org/10.3390/plants9010119>

Labban, L., & Sumainah, G. (2021). The Nutritive and Medicinal Properties of Tahini: A Review. *International Journal of Nutrition Sciences*, 6(4), 172-179.
<https://doi.org/10.30476/ijns.2021.90294.1123>

López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., Cabrera-Rodríguez, J. A., López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2021). Uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo. *Cultivos Tropicales*, 42(4).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362021000400013&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(4), 387-396.

- Maldonado, S. H. G., Gallegos, J. A. A., Muñoz, M. D. L. Á. Á., Delgado, S. G., & Piña, G. L. (2002). Calidad alimentaria y potencial nutraceutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Técnica en México*, 28(2), 159-173.
- Mattioli, R., Francioso, A., Mosca, L., & Silva, P. (2020). Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*, 25(17), 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>
- Morales-Soto, A., Lamz-Piedra, A., Morales-Soto, A., & Lamz-Piedra, A. (2020). Métodos de mejora genética en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) frente al Virus del Mosaico Dorado Amarillo del Frijol (BGYMV). *Cultivos Tropicales*, 41(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362020000400010&lng=es&nrm=iso&tlng=pt
- Nikmaram, N., Leong, S. Y., Koubaa, M., Zhu, Z., Barba, F. J., Greiner, R., Oey, I., & Roohinejad, S. (2017). Effect of extrusion on the anti-nutritional factors of food products: An overview. *Food Control*, 79, 62-73. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.03.027>
- Oomah, B. D., Cardador-Martínez, A., & Loarca-Piña, G. (2005). Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Food Science and Agriculture*. 85, 935-942. doi:10.1002/jsfa.2019.
- Alfonzo González, G. C. (2000). Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(3), 281-285.
- Azeneth Vergara-Castañeda, H., Gerardo Guevara-González, R., Ramos-Gómez, M., Reynoso-Camacho, R., Guzmán-Maldonado, H., Angélica Feregrino-Pérez, A., Dave Oomah, B., & Loarca-Piña, G. (2010). Non-digestible fraction of cooked bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Bayo Madero

- suppresses colonic aberrant crypt foci in azoxymethane -induced rats. *Food & Function*, 1(3), 294-300. <https://doi.org/10.1039/C0FO00130A>
- Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho, R., Pedraza-Aboytes, G., Acosta-Gallegos, J. a., Guzman-Maldonado, S. h., Paredes-Lopez, O., Oomah, B. d., & Loarca-Piña, G. (2009). Chemical Composition and In Vitro Polysaccharide Fermentation of Different Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 74(7), T59-T65. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01292.x>
- Chávez-Mendoza, C., & Sánchez, E. (2017). Bioactive Compounds from Mexican Varieties of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications for Health. *Molecules : A Journal of Synthetic Chemistry and Natural Product Chemistry*, 22(8), 1360. <https://doi.org/10.3390/molecules22081360>
- Escobedo, A., Marcela, G., Orozco-Avila, I., & Mojica, L. (2020). Autoclaving and extrusion improve the functional properties and chemical composition of black bean carbohydrate extracts. *Journal of Food Science*, 85. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15356>
- Escudero Álvarez, E., & González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 61-72.
- Granito, M., Guinand, J., Pérez, D., & Suhey, P. (2009). Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus Vulgaris* procesada: Un ingrediente potencial para alimentos. *Interciencia*, 34(1), 064-070.
- Mederos, Y. (s. f.). *INDICADORES DE LA CALIDAD EN EL GRANO DE FRIJOL*. Obela. (s. f.). Obela. Recuperado 23 de octubre de 2023, de <http://obela.com.mx/>
- Pérez-Perez, L. M., Toro Sánchez, C. L. D., Sánchez Chavez, E., González Vega, R. I., Reyes Díaz, A., Borboa Flores, J., Soto Parra, J. M., Flores-Cordova, M. A., Pérez-Perez, L. M., Toro Sánchez, C. L. D., Sánchez Chavez, E., González Vega, R. I., Reyes Díaz, A., Borboa Flores, J., Soto Parra, J. M., & Flores-Cordova, M. A. (2020). Bioaccesibilidad de compuestos antioxidantes de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México, mediante un sistema gastrointestinal in vitro. *Biotechnia*, 22(1), 117-125. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v22i1.1159>
- PubChem. (s. f.). *PubChem*. Recuperado 22 de mayo de 2022, de

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

- Rapallo, R. y Rivera, R. 2019. Nuevos patrones alimentarios, más desafíos para los sistemas alimentarios. 2030 - Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe, No. 11. Santiago de Chile. FAO. 25 p.
- Rashmi, H. B., & Negi, P. S. (2020). Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits. *Food Research International*, 136, 109298. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109298>
- Reyes-Moreno, C., Paredes-López, O., & Gonzalez, E. (1993). Hard-to-cook phenomenon in common beans—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(3), 227-286. <https://doi.org/10.1080/10408399309527621>
- Reyna, M., & Domínguez, L. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. <https://www.semanticscholar.org/paper/Gu%C3%ADaparalaEvaluaci%C3%B3nSensorialdeAlimentosReynaDom%C3%ADnguez/faeec49e086428333bcee23b7900ececa4b16b9a>.
- Rodríguez, L., Mendez, D., Montecino, H., Carrasco, B., Arevalo, B., Palomo, I., & Fuentes, E. (2022). Role of *Phaseolus vulgaris* L. in the Prevention of Cardiovascular Diseases—Cardioprotective Potential of Bioactive Compounds. *Plants*, 11(2), 186. <https://doi.org/10.3390/plants11020186>
- Román, S., Ojeda-Granados, C., & Panduro, A. (2013). Genética y evolución de la alimentación de la población en México. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 21(1), 42-51.
- Rosentrater, K. A., & Evers, A. D. (2018). Chapter 10—Extrusion processing of pasta and other products. En K. A. Rosentrater & A. D. Evers (Eds.), *Kent's Technology of Cereals (Fifth Edition)* (pp. 657-698). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100529-3.00010-4>

- Saura-Calixto, F., Goñi, I., Bravo, L., & Mañas, E. (1993). Resistant Starch in Foods: Modified Method for Dietary Fiber Residues. *Journal of food science*, 58(3), 642- 643. doi:10.1111/j.1365-2621. 1993.tb04346. x.
- Shiga, T. M., Lajolo, F. M., & Filisetti, T. M. C. C. (2003). Cell wall polysaccharides of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23(2), 141–148.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2017). Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. *Food Research International*, 101, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.026>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. En *Methods in Enzymology* (Vol. 299, pp. 152-178). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M. C., Martínez-Flores, H. E., & García-Pérez, M.-E. (2017). Polifenoles: Propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 16, 15-29.
- Vilcanqui-Pérez, F., & Vílchez-Perales, C. (2017). Fibra dietaria: Nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(2), 146-156.
- Wallace, T. C., Murray, R., & Zelman, K. M. (2016). The Nutritional Value and Health Benefits of Chickpeas and Hummus. *Nutrients*, 8(12), 766. <https://doi.org/10.3390/nu8120766>

8. Anexos

Anexo 1. Consentimiento informado.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

COMITÉ DE BIOÉTICA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

Título de estudio: “Optimización de las propiedades reológicas y aceptabilidad sensorial del producto tipo hummus de harina de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) como alternativa de un refrigerio”

Investigador Responsable: Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Responsable del estudio: IQ. Kristell Edeifa Sánchez Rivera

Introducción

En el presente estudio se evaluará el nivel de agrado de un nuevo producto que consiste en un refrigerio tipo hummus de frijol, mediante una prueba sensorial hedónica. La muestra que usted probará contiene los siguientes ingredientes: frijol bayo madero, sal, tahina, Ac. ascorbico, inulina, aceite de oliva.

Si usted decide participar en el estudio, es importante que considere la siguiente información. Sientase libre de preguntar cualquier asunto que no le quede claro.

Objetivo del estudio

Evaluar las propiedades reológicas y aceptabilidad sensorial del producto tipo hummus de harina de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) como alternativa de un refrigerio.

Selección de participantes

A este estudio serán invitadas a participar a 120 panelistas, personas sanas no entrenadas, consumidores habituales de legumbres, sin exclusión de género en un rango de 18-60 años y con aptitud para comunicarse y describir sensaciones percibidas.

Criterios de inclusión: Personas entre 18-60 años ambos sexos. Sin ninguna intolerancia o alergia a ninguno de los ingredientes de la formulación en ensayo (ver datos de composición).

Criterios de exclusión: Personas que presenten alguna intolerancia o alergia a alguno de los ingredientes de la formulación en ensayo (ver datos de composición).

Procedimiento

Al inicio del estudio, se le leerá al panelista el consentimiento informado, antes de brindar los alimentos a probar.

En caso de que acepte se procederá a realizar los siguientes pasos:

Llenar los datos correspondientes en el documento entregado tales como; fecha, nombre del participante y firma del consentimiento informado. Seguido del llenado de estos datos personales, se tendrá que llenar los Formatos 1 y 2 en donde se encontrará una prueba de agrado, y una de escala hedónica, en esta seleccionará las escalas de acuerdo con su preferencia por la formulación del hummus de frijol.

Duración de estudio

La prueba sensorial tiene una duración de entre 15 a 30 minutos, que transcurren desde que se da a conocer el consentimiento informado hasta que el panelista termina de llenar los formatos de agrado y/o preferencia.

Resumen del estudio

Se darán muestras del producto tipo hummus de frijol. Se solicitará que contesten la prueba sensorial que se evaluará mediante una escala de prueba hedónica, la cual indicará el nivel de agrado del producto.

Riesgos del estudio

Dada la naturaleza del estudio, los productos serán elaborados siguiendo las buenas prácticas de manufactura y se realizará un análisis microbiológico previo para asegurar su inocuidad, de tal manera disminuir cualquier riesgo que atente contra la seguridad o salud del participante. Sin embargo, no es recomendable que

participen personas que tengan alguna alérgica o intolerancia a los ingredientes que se mencionan a continuación: frijol, aceite de oliva, tahina, agua y ácido ascórbico.

Es importante resaltar que la presente propuesta es revisada y aprobada por el comité de bioética de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro.

En caso de requerir atención médica como consecuencia de la participación en el estudio, esta se brindará en la unidad médica FarmaUAQ.

Confidencialidad

La información recabada del estudio es estrictamente confidencial de acuerdo con los lineamientos estipulados por el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud (Artículos 13 y 16), Ley de Información Estadística y Geográfica (Artículos 38 y 42) y los del comité de bioética de la UAQ.

Es importante mencionar que no existe ningún tipo de compensación económica, ni de ninguna índole por su participación.

Participación voluntaria

Su participación en este estudio es absolutamente voluntaria. Usted esta en la libertad de negarse a participar o de retirar su participación del mismo en cualquier momento.

Beneficios del estudio

1. La información que se reúna será utilizada para fines del conocimiento del nivel de agrado del estudio.
2. Agradecemos de antemano su autorización y consentimiento. Se le proporcionara una copia del presente documento para posibles futuras aclaraciones

Al firmar este documento acepto y manifiesto bajo la protesta de decir la verdad y estar en condiciones de participar en la totalidad de las etapas del estudio.

Firma: _____

Fecha: _____

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

IQ. Kristell Edeifa Sánchez Rivera

Investigador Responsable

Estudiante Responsable

Email: loarca@uaq.mx

ksanchez@alumnos.uaq.mx

Testigo 1

Testigo 2

Anexo 2. Revocación del consentimiento informado

Santiago de Querétaro; Querétaro a _____ de _____ del _____.

Mediante la presente, el(la) que suscribe
C. _____

_____ declara la revocación del consentimiento informado de estudio
“Evaluación de las propiedades reológicas y aceptabilidad sensorial del producto

tipo hummus de harina de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) como alternativa de un refrigerio”, lo anterior por así convenir a mis intereses, firmado el día _____ en el que consentí mi participación.

Firma del participante: _____.

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Investigador Responsable
loarca@uaq.mx

IQ. Kristell Edeifa Sánchez Rivera

Estudiante Responsable
ksanchez@alumnos.uaq.mx

Testigo 1

Testigo 2

Anexo 3. Boletas del análisis sensorial (Formato 1 y 2).

Formato 1

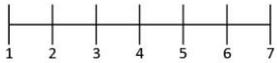
	Universidad Autónoma de Querétaro <i>Facultad de Ciencias Químicas</i> Maestría en Ciencia y Tecnología en Alimentos	Evaluación Sensorial Formato 1																		
Fecha: _____	<table border="1"><thead><tr><th>Código de la muestra:</th><th>Orden de preferencia</th></tr></thead><tbody><tr><td>1.</td><td></td></tr><tr><td>2.</td><td></td></tr><tr><td>3.</td><td></td></tr><tr><td>4.</td><td></td></tr><tr><td>5.</td><td></td></tr><tr><td>6.</td><td></td></tr><tr><td>7.</td><td></td></tr><tr><td>8.</td><td></td></tr></tbody></table>	Código de la muestra:	Orden de preferencia	1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.		8.		
Código de la muestra:		Orden de preferencia																		
1.																				
2.																				
3.																				
4.																				
5.																				
6.																				
7.																				
8.																				
Edad: _____																				
Sexo: () Femenino () Masculino																				
<p>1. ¿Por el sabor, Puedes identificar con qué ingredientes está elaborado el producto? () No () Sí. Enlistelos: _____.</p> <p>2. ¿Compraría algunos de los productos que ha probado? () Sí () No</p> <p>3. ¿Hay alguna cosa que mejorarías del producto? Descríbela: _____ _____.</p>																				
Folio:																				

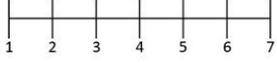


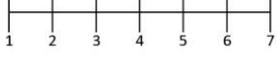
Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Químicas
Maestría en Ciencia y Tecnología en Alimentos

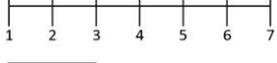
Evaluación Sensorial
Formato 2

Identificador de la muestra

Sabor: 

Color: 

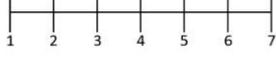
Olor: 

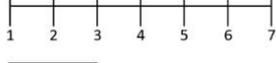
Textura: 

Identificador de la muestra

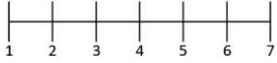
Sabor: 

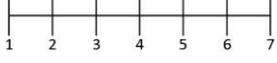
Color: 

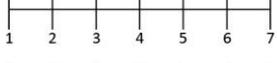
Olor: 

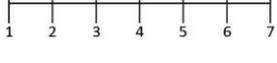
Textura: 

Identificador de la muestra

Sabor: 

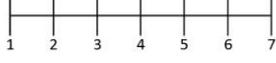
Color: 

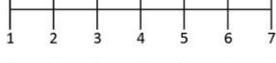
Olor: 

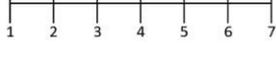
Textura: 

Identificador de la muestra

Sabor: 

Color: 

Olor: 

Textura: 

Fecha: _____.

Instrucciones:
Anota en la casilla el identificador de la letra que costa de la etiqueta de 3 letras
Marca con una **X** la escala de agrado siendo:

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

Folio:

Anexo 4. Cartel de invitación

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE QUERETARO**



**El posgrado de alimentos de la Facultad de
Química te invita a participar en la**

**Evaluación sensorial de un
producto tipo hummus a
base de frijol**



Fecha: Martes 04 de
julio

Lugar: Planta piloto
de leguminosas y
cereales

Horario: 10:00 h a
13:00 h

Requisitos:

Ser mayor de 18 años
No presentar alergia o
intolerancia a alguno
de los ingredientes de
la formulación.

