

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS**



***HARINAS PARCIALMENTE DESGRASADAS DE CHIA Y  
ALBAHACA COMO NUEVAS FUENTES DE INGREDIENTES  
FUNCIONALES***

**Tesis presentada a la Universidad de Chile para optar al grado  
de Magíster en Ciencias de los Alimentos área de  
Especialización en Gestión, Calidad e Inocuidad de los  
Alimentos**

***HÉCTOR MATÍAS CALDERÓN BRAVO***

**Directora de Tesis: Dra. Loreto Muñoz Hernández  
Codirector de Tesis: Dr. Luis Puente Díaz**

**Santiago-CHILE**

**Julio 2022**

**“Y a mi padre, que me enseñó que, si tenía que hacer algo, debía tomarme  
mi tiempo y hacerlo bien.”  
Patrick Rothfuss**

## DEDICATORIA

*Este trabajo está dedicado a mi familia, en especial mi abuelita que es quien más alimento mi sed de curiosidad.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por ser el ejemplo del esfuerzo, perseverancia, amor y sacrificio que hay que tener para sortear la vida, pero más importante aún para ser feliz. A mi hermano, por sostenerme, por creer en mí, por ayudarme, por las risas, por las rabias, por las alegrías, por los cuidados, por las salvadas, los apaños y las aventuras. A mis abuelos, por estar ahí siempre pendiente de mi desarrollo tanto académico como personal, en especial a mi abuelita quien ha sido mi gran ejemplo de cómo debe ser vivida la vida. Muchas gracias querida familia, para mí lo son todo.

A mi familia escogida, Andrea, Toty y Nicole. Gracias por hacer que la vida y el mundo tengan más luz, gracias por la gran contención que son, por motivarme a ser mejor persona, por las risas y los momentos más lindos que atesoro en mi corazón.

A mi directora de tesis, la Dra. Loreto Muñoz, gracias por la infinita paciencia, comprensión y buen trato que ha tenido conmigo. No le podré agradecer lo suficiente todas las oportunidades que me dio, el apoyo y la guía que ha significado para mi desarrollo académico, profesional y personal.

A mi codirector de tesis el Dr. Luis Puente, gracias por mostrarme una ventana al mundo que estaba buscando, por ofrecerme este camino con el que me encontré todo lo que buscaba en cuanto a que hacer el resto de mi vida. Gracias por su constante apoyo y guía con todo lo que fue mi pasantía en el magister.

A Natalia, Liliana y Francisco, gracias por ayudarme a introducirme en el mundo de las ciencias de los alimentos, en los tips y procedimientos, pero por, sobre todo, por los excelentes compañeros de laboratorio que son, por las risas y las conversas que me sacaban del caos o me ayudaban a resolver problemas “sencillos”, gracias por mostrarme lo que es un equipo de trabajo con una calidad humana gigante y lo que la ayuda desinteresada significa.

A Tomás (A.K.A Charlie) y Tami, por ayudarme con el desarrollo de protocolos en el laboratorio, pero más importante aún por hacerlo mucho más ameno. Gracias por las risas y los recreos post laboratorio.

A Carlota y Claudia, las más regalonas y apañadoras de la vida, gracias por estar ahí cuando nadie más podría estar. Si pudiera le pondría unos pelitos suyos a la tesis (L).

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	X
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. SEMILLAS DE CHIA, UNA INTERESANTE FUENTE NUTRICIONAL .....	3
1.3. PROPIEDADES NUTRICIONALES DE SEMILLAS DE CHIA .....	4
1.4. BENEFICIOS DEL CONSUMO DE CHIA .....	6
1.5. ALBAHACA, UNA PLANTA MULTIFACÉTICA DE ORIENTE .....	6
1.6. CONTENIDO NUTRICIONAL DE LAS SEMILLAS DE ALBAHACA.....	7
1.7. BENEFICIOS DEL CONSUMO DE LAS SEMILLAS DE ALBAHACA .....	9
1.8. DIGESTIÓN IN VITRO .....	10
1.9. JUSTIFICACIÓN DE TRABAJO.....	12
1.10. REGULACIÓN Y PROTOCOLO DE CALIDAD .....	14
2. HIPÓTESIS .....	15
3. OBJETIVO GENERAL .....	15
3.1. OBJETIVO ESPECÍFICOS .....	15
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
4.1. MATERIALES.....	16
4.2. MÉTODOS .....	16
4.3. OBTENCIÓN DE HARINAS PARCIALMENTE DESGRASADAS .....	17
4.4. CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL .....	17
4.4.1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL.....	17
4.4.2. DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA TOTAL, SOLUBLE E INSOLUBLE .....	17
4.4.3. DETERMINACIÓN DE ÁCIDO FÍTICO .....	18
4.4.4. DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE AMINOÁCIDOS.....	18
4.4.5. DETERMINACIÓN DE PUNTUACIÓN DE AMINOÁCIDOS (AAS) .....	19
4.5. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA-FUNCIONAL DE LAS HARINAS PARCIALMENTE DESGRASADAS19	
4.5.1. COLOR.....	19
4.5.2. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (WABC).....	19
4.5.3. CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE AGUA (WADC) .....	20
4.5.4. SOLUBILIDAD .....	20

4.5.5.	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y ACEITE (WHC/OHC) .....	21
4.6.	EVALUACIÓN DEL EFECTO HIPOGLICÉMICO A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE DIGESTIÓN <i>IN VITRO</i> ..	21
4.6.1.	DIGESTIÓN <i>IN VITRO</i> .....	21
4.6.2.	EFFECTO HIPOGLICÉMICO DE LA FIBRA DIETÉTICA .....	24
4.7.	ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS .....	25
4.8.	ELABORACIÓN DE FICHA TÉCNICA PARA CONTROL DE CALIDAD .....	25
4.9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	26
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
5.1.	CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL .....	27
5.1.1.	PERFIL AMINOACÍDICO.....	32
5.2.	CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA-FUNCIONAL DE LAS HARINAS.....	35
5.2.1.	COLOR.....	35
5.3.	CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS-FUNCIONALES. ....	36
5.4.	CAPACIDAD HIPOGLICÉMICA DE LAS HARINAS.....	39
5.5.	ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS .....	42
5.6.	CONFECCIÓN DE FICHA TÉCNICA. ....	43
	ANEXO 1 .....	44
	ANEXO 2 .....	47
	ANEXO 3 .....	50
	ANEXO 4 .....	51
6.	CONCLUSIONES.....	52
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CONSUMO DE FIBRA DIETÉTICA A NIVEL GLOBAL Y POR CONTINENTE.....	2
FIGURA 2. SEMILLAS DE CHIA.....	3
FIGURA 3. SEMILLAS DE ALBAHACA. ....	7
FIGURA 4. DIAGRAMA GENERAL. ....	16
FIGURA 6. REPRESENTACIÓN DE LOS VALORES CIELAB DE LAS HARINAS Y $\Delta E$ . ....	35
FIGURA 7. SOLUBILIDAD COMPARADA DE LAS HARINAS. ....	38
FIGURA 8. ESQUEMA DE TOMA DE MUESTRA PARA EVALUACIÓN DE EFECTO HIPOGLICÉMICO. ....	40
FIGURA 9. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS HARINAS EN LA BIOACCESIBILIDAD DE GLUCOSA. ....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CONTENIDO NUTRICIONAL DE SEMILLAS DE CHÍA.....	4
TABLA 2. CONTENIDO NUTRICIONAL DE SEMILLAS DE ALBAHACA. ....	8
TABLA 3. CONCENTRACIONES DE ELECTROLITOS. ....	22
TABLA 4. COMPOSICIÓN DE SOLUCIONES DE FLUIDOS DIGESTIVOS. ....	22
TABLA 5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LAS HARINAS. ....	28
TABLA 6. ANÁLISIS DE PERFIL DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES DE LAS HARINAS ....	34
TABLA 7. COLOR DE LAS HARINAS EN ESPACIO CIELAB. ....	35
TABLA 8. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS-FUNCIONALES DE LAS HARINAS. ....	36

## Resumen

Una de las principales motivaciones para los consumidores al momento de adquirir sus alimentos es que además de aportar nutrientes, su consumo debe estar relacionado con algún beneficio a la salud. La fibra dietética es uno de los ingredientes funcionales que ha tenido un aumento en su compra y aplicación en alimentos por los beneficios a la salud que provee su consumo como prevención de enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer colorrectal. Pese a este aumento, el consumo de fibra dietética a nivel mundial promedio no alcanza la mitad de la recomendación dicha por la OMS.

En la búsqueda de nuevas fuentes de fibra dietética, las semillas de chía y albahaca han sido descritas con un contenido nutricional rico en ácidos grasos polinsaturados, proteínas y fibra dietética. Tomando en cuenta la necesidad de alimentos ricos en fibra dietética, donde además se podría desarrollar una interesante materia prima, se propuso la evaluación nutricional y tecnológico-funcional de harinas parcialmente desgradas a partir de semillas de chía y albahaca (HPDC y HPDA) en comparación con harina de avena (HA). Se realizó análisis proximal correspondiente a la determinación de humedad, proteínas, fibra dietética, cenizas y ácido fólico. Además, se analizó el perfil aminoacídico de HPDC y HPDA. Por otro lado, se evaluaron las características tecnológico-funcionales de las harinas como: capacidad de retención de agua y aceite, capacidad de absorción de agua, capacidad de adsorción de agua y solubilidad. Finalmente, se evaluó el efecto hipoglucémico en un sistema de digestión *in vitro*, que incluyó las etapas oral, gástrica e intestinal con la posterior evaluación del efecto hipoglucémico en términos de bioaccesibilidad de glucosa.

HPDC y HPDA mostraron valores de humedad que sugieren estabilidad en condiciones de almacenamiento similares a las de harina de trigo. En cuanto a su contenido proteico HPDC destaca por sobre HPDA y en términos de fibra dietética total, HPDA, en ambos casos 100 g de las harinas aportan por sobre el requerimiento diario sugerido por la OMS. HPDC y HPDA presentan un elevado contenido de cenizas al ser comparadas con HA. Tanto HPDC como HPDA presentan elevados valores de ácido fólico, por lo que es necesario evaluar su influencia en la absorción de minerales. En relación con el contenido de aminoácidos, HPDC y HPDA, presentan un alto contenido de treonina y cisteína. En cuanto a sus propiedades tecnológico-funcionales, HPDC y HPDA presentan una alta capacidad de retención y

absorción de agua, destacando HPDC. La capacidad de adsorción de agua de ambas harinas sugiere estabilidad en almacenamiento fresco y seco. Por otra parte, ambas harinas presentaron una alta solubilidad con temperaturas superiores a 70 °C, destacando HPDC. Finalmente, al utilizar un 2% de las harinas, se observa una disminución de la bioaccesibilidad de glucosa, destacando HPDA.

Finalmente, debido a que se trata de un producto nuevo, se confeccionó una ficha técnica que reúne todas las características y propiedades descritas en este estudio, incluyendo sugerencias de manejo de las harinas para la preservación de la inocuidad alimentaria.

## Abstract

One of the main motivations for consumers when buying their food is that in addition to providing nutrients, their consumption must be related to some health benefit. Dietary fiber is one of the functional ingredients that has had an increase in its purchase and application in foods for the health benefits provided by its consumption as prevention of cardiovascular diseases, diabetes, and colorectal cancer. Despite this increase, the average global dietary fiber consumption does not reach half of the WHO recommendation.

In the search for new sources of dietary fiber, chia and basil seeds have been described with a nutritional content rich in polyunsaturated fatty acids, proteins, and dietary fiber. Considering the need for foods with high dietary fiber content, where a novel raw material could also be developed, the nutritional and technological-functional evaluation of flours partially defatted from chia and basil seeds (HPDC and HPDA) was proposed which were compared to whole oat flour (HA). Proximal analyses were performed for moisture, protein, dietary fiber, ash and phytic acid. In addition, the aminoacidic profile of HPDC and HPDA was analyzed. Then, the technological-functional characteristics of the flours were evaluated such as: water and oil retention capacity, water absorption capacity, water adsorption capacity and solubility. Finally, the hypoglycemic effect of these flours on a static *in vitro* digestion system was evaluated, which includes the oral, gastric, and intestinal stages with subsequent dialysis for the evaluation of the bioaccessibility of glucose.

HPDC and HPDA showed moisture values suggesting stability under storage conditions similar to wheat flour. In terms of its protein content HPDC stands out above HPDA. HPDA has the highest value of dietary fiber, in both cases 100 g of HPDC and HPDA provide above the daily requirement of dietary fiber designated by the WHO. HPDC and HPDA have a high ash content when compared with HA. Both HPDC and HPDA have high phytic acid values, so it is necessary to evaluate their influence on the absorption of minerals. As for the aminoacidic content of HPDC and HPDA, both have a rich content of threonine and cysteine. In terms of their technological-functional properties, HPDC and HPDA have a high capacity of water retention and absorption, highlighting HPDC. The water adsorption capacity presented by HPDC and HPDA suggest stability in fresh and dry storage. HPDC and HPDA showed high solubility values, in both cases increasing in correlation with temperature from

70 °C, highlighting HPDC. Finally, when using 2% of the flours, all showed a decrease in glucose absorption, highlighting HPDA.

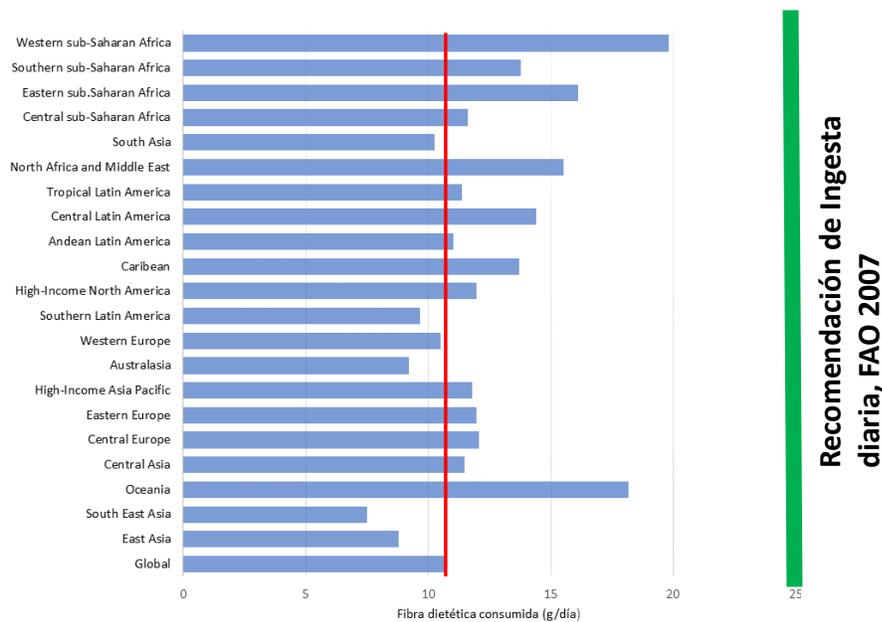
Finally, since it is a new product, a technical data sheet was prepared that gathers all the characteristics and properties described in this study, including suggestions for the management of flours for the preservation of food safety.

## 1.1.Introducción

Hoy en día, se observan dos principales motivaciones en consumidores respecto de qué alimentos escoger; la sustentabilidad ecológica de la producción de los alimentos y los beneficios de salud por su consumo (Tuorila & Hartmann, 2020). Esta conducta, que se relaciona con las preferencias de los consumidores abre una opción de mercado para el desarrollo de alimentos e ingredientes funcionales. En este contexto, existen diferentes definiciones de alimentos funcionales, pero una de las más aceptadas es que estos alimentos proveen beneficios a la salud además de la nutrición básica (Gray et al., 2003).

Dentro de los diferentes componentes de alimentos funcionales, uno que destaca en particular es la fibra dietética, a la cual se le ha encontrado diversos beneficios en cuanto a su consumo, por ejemplo su rol como factor de protección frente al desarrollo de diabetes mellitus tipo 2, además de poder llegar a reducir los niveles de colesterol entre un 10 y un 20%, disminución del riesgo cardiovascular y prevención de cáncer de colon (Vilaplana, 2001).

Desde 2018, en Estados Unidos, los productos ricos en fibra presentan un aumento de un 63% en la preferencia por parte de los consumidores, además, los suplementos de fibra son los más utilizados por *millenials* (por las generaciones entre el 80 y el 94), seguidos por probióticos, enzimas digestivas, colágeno y queratina (Sloan, 2018). Como se puede observar en la figura 1, pese al aumento de consumo de productos con fibra dietética, estudios recientes indican que el consumo global de fibra dietética es alrededor de 11 g por día. En particular, en UK se consumen alrededor de 18 g/día y en USA 16 g/día, muy por debajo de la recomendación de 30 g/día recomendado por el Servicio Nacional de Salud del Reino Unido y los 25 g por día que recomienda la FAO (EFSA, 2017; O'Keefe, 2019). En cuanto a Chile, existe una única encuesta nacional de consumo alimentario (ENCA) realizada entre los años 2010 y 2011, dentro de la cual se detalla que el consumo de fibra dietética promedio de 12,5 y 11,5 g/día para hombres y mujeres correspondientemente (Amigo et al., 2018).

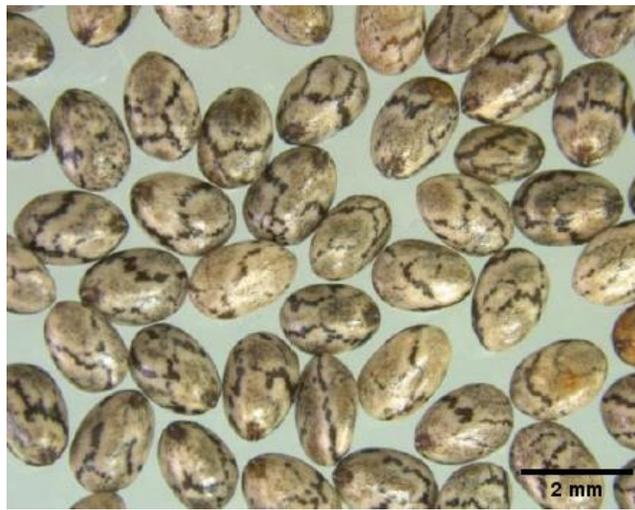


**Figura 1. Consumo de fibra dietética a nivel global y por continente.** Figura adaptada de Afshin et al. (2019) . La línea continua roja corresponde al consumo promedio global de fibra dietética en g/día. Línea verde continua corresponde a valor de referencia promedio de consumo diario de fibra dietética sugerido por la OMS y EFSA (American Dietetic Association, 2008; EFSA, 2017).

Como se puede observar en la figura 1, el consumo global promedio, indicado por la línea roja no alcanza el 50% de la recomendación de FAO/OMS (línea verde). En este mismo estudio, se destaca que los países que consumen fibra dietética por sobre el promedio global, son los que tienen poblaciones con un menor consumo de alimentos procesados (Afshin et al., 2019). En este sentido, y dado el gran interés en la fibra dietética por parte de los consumidores, es necesario investigar desde el punto de vista científico, industrial y agronómico, nuevas fuentes para la obtención de este componente. En la búsqueda de estas nuevas materias primas, encontramos las semillas de chía y albahaca como una interesante fuente de fibra dietética, capaz de complementar dietas con un alto aporte de fibra, libres de gluten y que además entreguen beneficios a la salud del consumidor (Salehi, 2019).

## 1.2.Semillas de chia, una interesante fuente nutricional

La *Salvia hispánica L.*, es una planta de la familia de las Lamiaceae que crece originariamente en zonas tropicales y subtropicales de Mesoamérica (Ayerza & Coates, 2006). Sus semillas, conocidas como chia (figura 2), tienen forma oval aplanada ( $1,87 \pm 0,1$  mm de largo,  $1,21 \pm 0,8$  mm de ancho y  $0,88 \pm 0,04$  mm de espesor), suaves, brillantes y sus colores varían desde el café oscuro al beige con pequeñas manchas negras (Muñoz et al., 2013). Estas semillas han sido utilizadas como ingredientes desde alrededor del 3500 A.C por los aborígenes americanos de la zona de México y norte de Guatemala (Bushway et al., 1981).



**Figura 2. Semillas de Chia.**

En el año 1991, a través de un proyecto realizado por la Agropecuaria El Valle S.A. (Argentina), se estudió la viabilidad de la siembra de chia. Este estudio fue realizado por Ayerza y cols. en siete localidades, lo cual reactivó su siembra y producción en el norte de Argentina (Ayerza, 1995; Coates & Ayerza, 1996). De este estudio, se evidenció diversas propiedades nutricionales, por lo que a partir de esos años se empezó a utilizar para la fabricación de distintos alimentos tales como barras de cereal, en galletas, pasta, pan, snacks, yogurt y como suplemento alimenticio en países como E.E.U.U, Australia y en Latinoamérica (Muñoz, 2012). A partir de estos estudios, la semilla de chia se empezó a cultivar en diferentes partes del mundo y creció el interés por parte de los consumidores para incluirla en su dieta. A raíz de esto, varias empresas presentaron una solicitud de “Novel Food”, la cual fue aprobada en el año 2009 por el parlamento y el concilio europeo (EFSA Panel on Nutrition et al., 2019).

### 1.3. Propiedades nutricionales de semillas de chia

La chia es una semilla que presenta interesantes propiedades nutricionales, la cual se encuentran resumidas en la tabla 1. Posee un alto contenido ácidos grasos insaturados (n-3) como el ácido  $\alpha$ -linolénico, el cual representa alrededor del 75% del contenido total del aceite en la semilla siendo la mayor fuente de omega-3 de origen vegetal (Ayerza & Coates, 2011; Muñoz et al., 2013).

**Tabla 1. Contenido nutricional de semillas de chíá**

<b>Componentes nutricionales</b>	<b>Chia</b>
<b>Contenido energético (kcal/100g)</b>	486
<b>Proteína (%)</b>	16,5-24,2
<b>Lípidos (%)</b>	30,7-40,2
<b>Cenizas (%)</b>	4,77 - 4,8
<b>Carbohidratos (%) *</b>	26,9 - 42,1
<b>Fibra total dietética (%)</b>	33.37 – 37.18
<b>Capacidad Antioxidante (mg GAE/g)</b>	194,06 -359,4

Fuente: da Silva et al. (2017); EFSA Panel on Nutrition et al. (2019); Laczkowski et al. (2018); Mirhosseini and Amid (2012); USDA (2018)

\* Valor por diferencia.

Las proteínas contenidas en las semillas de chia presentan todos los aminoácidos esenciales para la dieta en humanos y su contenido es entre un 15 a un 25 %, dichos porcentajes son mayores que los proporcionados por distintas fuentes vegetales como trigo, maíz, arroz, amaranto o quinua (Ayerza & Coates, 2001; Muñoz et al., 2013; Vázquez-Ovando et al., 2010). Las proteínas contenidas en las semillas de chia son una potencial fuente de péptidos bioactivos que podrían favorecer algunos procesos fisiológicos importantes como el crecimiento, el reemplazo de tejido dañado y/o proporcionar los requerimientos nutricionales necesarios en la lactancia, siendo una promisoría alternativa para utilizar en la mejora de alimentos funcionales (Muñoz et al., 2013; Segura-Campos et al., 2013).

Además, contiene minerales como calcio 631 mg/100 g (6 veces más que la leche), fósforo (860 mg/100g), hierro 7,72 (6 veces más que en la espinaca y 2,4 veces más que en hígado), manganeso 2,72 mg/100 g, entre otros, y vitaminas como niacina 8,83 mg/100g, riboflavina, vitamina A y tiamina (Ayerza, 1995; Ayerza & Coates, 2005; Bushway et al., 1981; USDA, 2018).

Por otra parte, estas semillas son también conocidas por su alto contenido en fibra dietética, que corresponde entre un 30-40% del contenido de la semilla; 12 g de semillas de chía aportan 5 g de fibra dietética (Jiménez et al., 2013). Esta cantidad de fibra es mayor que la presente en quinoa, linaza y amaranto, incluso aún más que otros productos secos como el higo y la manzana (Muñoz et al., 2013). Al ser sumergidas en agua, las semillas exudan un polímero compuesto por fibras solubles llamado mucílago. Esta fibra soluble cuenta con una importante característica a la hora de hacer desarrollos tecnológicos, ya que es capaz de modular el contenido de agua en los alimentos y por ende la textura de estos (Segura-Campos et al., 2014). La capacidad de absorción de agua del mucílago ha sido estudiada por diferentes autores, reportando valores de absorción cercanos a 27 veces su peso (Muñoz, 2012). Como materia prima, puede reemplazar el 25% de aceites o huevos en queques y se puede utilizar en conjunto con proteínas concentradas de suero para fabricar películas comestibles (Borneo et al., 2010; Muñoz et al., 2012). Sirve también como espesante, espumante y agente emulsionante (Muñoz et al., 2013). En cuanto a la incorporación de chia en alimentos, estudios de evaluación sensorial indican un aumento de preferencia cuando se incluye harina o semillas de chía (Katunzi-Kilewela & Fortunatus, 2022; Sharma et al., 2020)

No se han encontrado evidencias de efectos adversos o alergenidad causada por la semilla completa o molida, son libres de gluten (siendo ideal para dietas de personas celiacas) y libres componentes tóxicos, lo que la hace una fuente prometedora de alimentos (EFSA Panel on Nutrition et al., 2019).

#### **1.4. Beneficios del consumo de chia**

La EFSA (European Food Safety Authority) y la Organización Mundial de la Salud (WHO), indica que el consumo de fibras beneficia la salud y contribuye a la prevención de algunas enfermedades no transmisibles (EFSA Panel on Dietetic Products, 2010). Dicho consumo reduce el riesgo de enfermedades coronarias, el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2, disminuyendo además el tiempo de digestión de carbohidratos, propiciando una liberación gradual de la insulina y reduce el desarrollo cáncer colorrectal (Kaczmarczyk et al., 2012). Las semillas de chia contienen entre 34 - 40 g de fibra cada 100 g, lo cual supera con creces el requerimiento diario de fibra recomendado de 20 - 35 g en adultos (Ullah et al., 2016). Se ha reportado que agregar mucílago de chia a la dieta favorece la digestión y proporciona sensación de saciedad (Seraglio et al., 2017). Estudios clínicos de dietas ricas en fibra que incluyen harina de chia, muestran una mejoría en los pacientes con diabetes, disminuyendo su presión sistólica y la capacidad coagulante de la sangre; además de observar menores niveles de glucosa en sangre e inflamación (Ho et al., 2013; Vuksan et al., 2007).

#### **1.5. Albahaca, una planta multifacética de Oriente**

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.), también conocida como “Reina de las hierbas” es una planta que crece en regiones tropicales de Asia, África, en el centro y el sur del continente americano (Farwa et al., 2019; Razavi et al., 2009). Lleva este nombre debido a la gran variedad de utilidades que tiene en industrias cosmetológicas, farmacéuticas y alimenticias (Bilal et al., 2012). Países como Irán produce albahaca y es utilizada como uno de los principales cultivos anuales del tipo comercial, ornamental y aromáticos (Razavi et al., 2009). *O. basilicum* es comercialmente cultivada en varios países de climas tropicales y templados incluyendo Francia, Hungría, Grecia así como otros países en el sur europeo, como también en América del norte y del sur (Peter, 2006). Esta planta produce semillas (figura 3), las cuales son pequeñas, alargadas y ovales (de 2,31 a 3,11 mm de largo, 1,3 a 1,82 mm de ancho y 0,99 a 1,34 mm de espesor), además han sido descritas con un color de marrón oscuro a negro (Hosseini-Parvar et al., 2010; Kişgeci et al., 2011; Mathews et al., 1993; Razavi et al., 2010).



**Figura 3. Semillas de albahaca.**

En algunas regiones de Asia, las semillas son incorporadas a alimentos, como postres (Faloodeh) y brebajes (Sharbat) para suplementar la ingesta de fibra dietética (Hosseini-Parvar et al., 2010). Sumado a esto, en una investigación realizada por Munir et al. (2017) donde se adicionaron hasta 0,3 % de semillas de albahaca a bebidas, los resultados indicaron que, estas semillas, no solo aportan buenas propiedades organolépticas, como sabor, textura y aceptabilidad, sino que además aportan fibra dietética, proteínas y una importante cantidad de minerales al compararlo con la bebida control.

Finalmente, al igual que la chía, el uso de la albahaca es ancestral y no sólo se restringe al uso alimenticio y medicinal, sino que también ha sido utilizada en rituales religiosos, teniendo influencia en diferentes culturas (Farwa et al., 2019).

### **1.6. Contenido nutricional de las semillas de albahaca**

Las semillas de albahaca contienen entre 9,7% y 33% de lípidos, los que son principalmente ácidos grasos insaturados (n-3) como el ácido linoleico (LA, 12 – 85,6%), el ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA, 0,3 - 66%), seguido por ácido oleico (8,5-13,3%) (Calderón Bravo et al., 2021).

En la tabla 2, se presenta el resumen de la composición nutricional de semillas de albahaca de diferentes países.

**Tabla 2. Contenido nutricional de semillas de albahaca.**

<b>Componentes nutricionales</b>	<b>Albahaca</b>
<b>Contenido energético (kcal/100g)</b>	442,4
<b>Humedad (%)</b>	4 - 9,6
<b>Proteína (%)</b>	10 - 22,5
<b>Lípidos (%)</b>	9,7 - 33
<b>Cenizas (%)</b>	4,72 - 8,9
<b>Carbohidratos (%) *</b>	40,1 - 63,8
<b>Fibra total dietética (%)</b>	7,11 - 26,2
<b>Capacidad Antioxidante (mg GAE/g)</b>	1,51 - 1,68

Fuente: Calderón Bravo et al. (2021); Hajmohammadi et al. (2016); Mathews et al. (1993); Munir et al. (2017); Nazir et al. (2017); Rezapour et al. (2016)

Valores expresados en base seca.

\* Valor por diferencia.

Por otro lado, las semillas de albahaca también son buena fuente de proteínas, con valores que van desde el 10 al 22,5 % (tabla 2). En cuanto al perfil de aminoácidos, la semillas de origen asiático y europeo analizadas por (Aphichart Karnchanatat et al., 2014) contienen todos los aminoácidos esenciales excepto los azufrados (metionina y cisteína) y triptófano. Estas semillas además, contienen una cantidad de fibra dietética total que va desde 7,11 a 26,2 g/100g de semillas, mostrando su potencial como fuente de fibra dietética (Munir et al., 2017; Rezapour et al., 2016). La fibra total de esta semilla, está compuesta por fibra soluble e insoluble, la cual está constituida principalmente por dos fracciones, una con un núcleo de glucomanano estable en ácido (43%), y otra fracción compuesta por (1→4) xylano (24.29%) (Razavi et al., 2009). La fibra soluble de esta semilla está representada principalmente, por su mucílago. Dicho mucílago se encuentra en la testa o cascarilla, el cual es exudado cuando la semilla se sumerge completamente en agua, similar a lo observado con la semilla de chía. El contenido de mucílago en semillas de albahaca es de aproximadamente un 22% en base seca (Nazir et al., 2017). Dicho mucílago, es un polisacárido de carácter aniónico (Naji-Tabasi et al., 2016). Este mucílago presenta una capacidad de absorción de agua de aproximadamente 34-35 mL por gramo de mucílago (Razavi et al., 2009). Por otra parte,

productos que incluyen dentro de su elaboración a las semillas de albahaca, presentan buena aceptación sensorial en escala hedónica (Akshatha et al., 2019). Esto implica una ventaja en cuanto a la calidad buscada, en productos donde se busca reemplazar, reducir o suplementar alguna materia prima (Naji-Tabasi et al., 2016).

Las diferencias observadas en las descripciones nutricionales de las semillas pueden deberse factores climáticos y ubicación geográfica donde fueron cultivadas (Guerrero et al., 1998; Özcan & Akgül, 1998), por lo que aportar información de semillas producidas en Latinoamérica podría presentar un precedente en el desarrollo de nuevos productos. Las semillas de albahaca han sido escasamente estudiadas en cuanto a su composición mineral. En uno de los pocos estudios que detallan la composición de los minerales, estos varían dependiendo de su origen. Las semillas de albahaca provenientes de Pakistán presentan valores de hierro, magnesio, manganeso y zinc correspondientes a 2,27; 31.55; 1 y 1.58 mg/100g de semillas, mientras que las provenientes de India, presentan valores de 40.08, 40.5 y 8.71 mg/100g para calcio, hierro y zinc respectivamente (Akshatha et al., 2019; Munir et al., 2017).

### **1.7. Beneficios del consumo de las semillas de albahaca**

Dentro de los usos que se le da a esta semilla, aparte del uso culinario debido a sus principios saborizantes, es el medicinal, y tradicionalmente se ocupa en zonas de India e Irán para el tratamiento de indigestión, úlceras, diarrea, desordenes del riñón e incluso en el tratamiento de mordidas de serpientes (Bilal et al., 2012; Razavi et al., 2009). Dentro de los muchos efectos beneficiosos a la salud relacionados con el consumo de semillas de albahaca, se destacan, el poseer entre sus proteínas, péptidos que al ser o no hidrolizados poseen actividad antioxidante e inhibitoria para la  $\alpha$ -amilasa, dándoles un posible uso como protección frente a estrés oxidativo y como tratamiento preventivo para la diabetes tipo 2 (Afifah & Gan, 2016). También los polisacáridos solubles en agua provenientes de estas semillas tienen efecto inhibitorio en la enzimas tirosinas fosfatasas 1B (Imam et al., 2012).

Por otro lado, la principal forma de consumo de la albahaca corresponde a sus hojas y tallos los cuales contienen elementos que proporciona beneficios a la salud, por ejemplo, en extracciones de las hojas de la planta de albahaca se ha demostrado una actividad inhibitoria de la tirosina fosfatasa 1B, lo que deriva en propiedades antidiabéticas (Ezeani et al., 2017;

Imam et al., 2012). Otros estudios de la actividad antioxidante del aceite presente en las semillas de albahaca sugieren efectos en el organismo como estimulación el sistema nervioso, protección contra la radiación, contra el daño oxidativo en DNA y mutagénesis (Mabood et al., 2017). En este mismo sentido, se han realizado diversos estudios de los extractos de aceites de semillas de albahaca dentro de los cuales se han encontrado interesantes efectos biológicos como antiasmático, antipirético, analgésico, antimicrobiano entre otros (Prakash & Gupta, 2000; Singh & Agrawal, 1991; Singh & Majumdar, 1995a, 1995b).

### **1.8. Digestión in vitro**

La digestión es un proceso de alta complejidad por el cual se obtienen los nutrientes y es realizado por el conjunto de órganos que componen el sistema digestivo (Verhoeckx et al., 2015). Debido a su alta complejidad, es que se han propuesto modelos de estudio para simular la digestión y dar paso a la experimentación y evaluación de la digestibilidad de productos alimenticios y fármacos, entregando una oportunidad libre de restricciones éticas en cuanto al uso de animales o humanos y de un costo accesible. Los estudios realizados con digestión *in vitro* son ampliamente usados con el objetivo de predecir el comportamiento de los componentes de los alimentos en el tracto digestivo, incluyendo la resistencia de proteínas a proteasas para evaluar su alergenicidad y la evaluación de la bioaccesibilidad, que se define como la disponibilidad de nutrientes y compuestos bioactivos liberados desde la matriz para ser absorbidos a nivel de intestino delgado (Astwood et al., 1996; Minekus et al., 2014; Verhoeckx et al., 2015).

Los modelos de representación del sistema digestivo se pueden agrupar en dos grandes tipos en cuanto a la complejidad, los modelos estáticos y los modelos dinámicos. Los modelos estáticos corresponden a sistemas en que la digestión se hace por pasos y en compartimientos separados, mientras que los modelos dinámicos incluyen variables de la digestión *in vivo* como la molienda de la masticación, el paso controlado del bolo alimenticio o quimo en las diferentes digestiones, emulando el ingreso de comida al estómago y el vaciado estomacal respectivamente e incluso llegando a emular la fermentación en intestino grueso (Verhoeckx et al., 2015).

Se han propuesto varios modelos de estudio, del tipo estático o dinámico, con diferentes grados de complejidad. Algunos emplean la gama completa de las enzimas digestivas,

regulan el pH, utilizan tampones de fuerza iónica y minerales que funcionan como cofactores. Los modelos dinámicos utilizan vaciamiento desde la etapa gástrica a la intestinal, diferenciando esta última en intestino delgado y grueso (colon ascendente, transverso y descendente) y además pueden incluir o no microbiota, entre otros. Otras alternativas son estudiar una etapa de la digestión en particular, por ejemplo, estudio exclusivo del comportamiento del alimento en la etapa gástrica, el estudio de la absorción de nutrientes en la etapa intestinal o la estimación del efecto fisiológico del consumo de algún alimento. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la metodología “*gold standart*” siempre será el uso de sistemas vivos, obteniendo resultados “más reales” pero difícilmente reproducibles dada la variedad que existe entre los diferentes sistemas vivos, además de requerir una mayor cantidad de tiempo y altos costos (Marcano et al., 2015).

Por otro lado, los modelos estáticos contemplan elementos básicos necesarios para la simulación representativa del proceso digestivo que tienen los alimentos al ser ingeridos. Están enfocados en representar las 3 principales fases de la digestión: oral, gástrica e intestinal.

**Fase Oral:** En el sistema digestivo, la fase oral se desarrolla en la cavidad oral, la cual altera significativamente la textura de alimentos sólidos mediante la masticación y la salivación, lubricando el bolo alimenticio y reduciendo el tamaño de las partículas (Minekus et al., 2014). Para emular esta parte de la digestión, se emplean fuerzas mecánicas, como por ejemplo trituradores o bocas artificiales, para luego agregar fluidos simulados de saliva (que incluyen la  $\alpha$ -amilasa), cuya función es lubricar y digerir en el caso de los carbohidratos.

**Fase Gástrica:** En el estómago, se desarrolla lo que corresponde a la fase gástrica, cuyas funciones principales en los sistemas vivos corresponde a la dilución e hidrólisis del alimento por los jugos gástricos y el paso controlado de los alimentos al duodeno para optimizar la digestión intestinal (Minekus et al., 2014). Esta característica es irreproducible en un modelo estático, donde la digestión se lleva a cabo por compartimentos. En cambio, el modelo estático si permite mantener un pH constante en los fluidos simulados, a diferencia de lo que sucede con los estudios *in vivo*, donde existe mucha variación entre e intra- individuos (Carrière et al., 2001). Además, entrega la

posibilidad de homogeneidad de muestreo, ya que a diferencia de la degradación *in vivo*, donde el alimento sólido tiene exposiciones a diferentes pH, el modelo *in vitro* permite un acceso homogéneo de pH y enzimas al bolo alimenticio (Minekus et al., 2014).

**Fase Intestinal:** Corresponde a la digestión que se lleva a cabo a nivel de intestino delgado, donde el quimo pasa a ser neutralizado por la excreción de bicarbonato, y mezclado con la bilis y el jugo pancreático (Verhoeckx et al., 2015). Por lo que en el modelo estático, se mezcla la solución gástrica y su digestión con la solución correspondiente a la fase intestinal, para lograr un pH de alrededor de 7 (Minekus et al., 2014). Los principales componentes de esta fase son las enzimas pancreáticas y las sales biliares, por lo que, al fluido simulado de esta fase, se le debe agregar enzimas como la tripsina, quimotripsina y sales biliares.

Los sistemas estáticos permiten ventajas sencillas pero importantes frente a los modelos *in vivo* como la evaluación de la digestibilidad en alguna sección específica del sistema digestivo, facilitando a su vez, la estandarización de la toma de muestras, entregando datos con baja variabilidad. Por otra parte, la especificidad que se puede lograr en el análisis de analitos individuales es otra gran ventaja, por ejemplo, si el analito corresponde a proteínas, es posible omitir el resto de enzimas y analizar la digestión desde el punto exclusivo de la degradación proteosomal (Minekus et al., 2014).

Otra de las ventajas que ofrece el uso de modelos *in vitro* es la facilidad con la que se puede llevar la estandarización de condiciones y reactivos que pudieran tener diferencias de uso, como es en el caso de las enzimas utilizadas para emular las condiciones fisiológicas de degradación en el sistema, las cuales pueden variar en su actividad degradante dependiendo de la especie de la que deriven (porcino, humano, vacuno, fúngicos, entre otros)(Chu & Nakagawa, 1982).

## **1.9. Justificación de trabajo**

Las deficiencias alimentarias han generado un impacto tan grande, que en el año 2017 se calculó que el 22% de las muertes en adultos a nivel mundial fueron consecuencia de estas

deficiencias. La segunda mayor causa fue una dieta baja en granos integrales y la séptima mayor causa fue por dietas bajas en fibras dietéticas; esta última está por sobre las muertes provocadas por dietas altas en grasas saturadas, o bajas en ácidos grasos polinsaturados (Afshin et al., 2019). No debe ser subestimado el impacto del rol que cumplen las fibras dietéticas como “super alimentos” en el control y prevención de muchas enfermedades derivadas de la alimentación (Madgulkar et al., 2015).

Dada la diversidad de tecnologías disponibles para el desarrollo de alimentos funcionales, el consumo de fibra dietética puede encontrarse en una gran variedad de formatos, desde suspensiones líquidas hasta harinas o polvos. En este trabajo se enmarca en la búsqueda de nuevas fuentes de fibra dietética con propiedades funcionales que beneficien la salud del consumidor. Se ha reportado que el consumo de harina de chia está relacionada con una mayor bioaccesibilidad de nutrientes y compuestos funcionales conforme el tamaño de la partícula disminuye (Labanca et al., 2019). Tomando en consideración lo descrito anteriormente, es que se busca desarrollar una materia prima con mejores propiedades funcionales y nutricionales. Para lograr este objetivo, se propuso un formato de harina parcialmente desgrasada producida a partir de las semillas de chia y albahaca.

Cabe mencionar, que la caracterización química y funcional resulta de vital importancia, debido a que, en ambos casos, las semillas de chia y albahaca presentan diferentes perfiles nutricionales dependiendo de las condiciones de siembra como temperatura, pH, riego, genotipo, entre otros (Sahar; Mostafavi et al., 2019). Para la realización de este trabajo las materias primas se produjeron en Chile a diferencia de las que se encuentran en la literatura. La producción de semillas oleoginosas como chia y albahaca enfocan su producción a la obtención de aceites ricos en ácidos grasos polinsaturados y antioxidantes, como se describió anteriormente. En el proceso productivo y luego del prensado en frío de estas semillas se genera un “pellet” o “expeller”, que corresponde a los residuos luego de este prensado. En esta investigación, se propuso revalorizar este residuo y para ello en primera instancia se produjo harinas parcialmente desgrasadas de chia y albahaca, las cuales fueron caracterizadas en función de sus propiedades nutricionales y funcionales, utilizando harina de avena como control. La harina de avena ha sido estudiada desde los 80s, donde se le atribuyó efectos preventivos para enfermedades cardiovasculares, lo cual posteriormente fue atribuido a su fibra dietética, esto motivó a diferentes autores a estudiarlo en profundidad, hoy en día es una

de las fuentes de fibra dietética más populares en consumo humano (Butt et al., 2008; Mälkki & Virtanen, 2001; Rasane et al., 2015).

Finalmente, en esta investigación se evaluó efecto hipoglicémico de las fibras dietéticas de las harinas parcialmente desgrasadas de chia y albahaca a través de un modelo validado de digestión *in vitro* estática con posterior simulación de bioaccesibilidad a través de una membrana sintética.

### **1.10. Regulación y protocolo de calidad**

Las harinas parcialmente desgrasadas de chía y albahaca serán un producto nuevo en el mercado nacional. Estas harinas podrían ser clasificadas como suplemento alimentario según el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (RSA) (Ministerio de Salud, 1997). Dicho reglamento especifica elementos de etiquetado en cuanto al contenido y los beneficios a la salud, valores máximos de vitaminas y minerales, mas no determina límites de contenido de fibra dietética ni especificaciones del producto. Por esta razón, al tratarse de una materia prima nueva, se obtendrán los valores referenciales del producto en cuanto a su composición nutricional y características fisicoquímicas, los que serán utilizados para la elaboración de una ficha técnica. Para la elaboración de esta ficha se utilizará como referencia el plan de certificación de Alimentos Argentinos (Ministerio de Agricultura, 2005). Este plan tiene por objetivos promocionar y resguardar la autenticidad y originalidad de los alimentos, a través de la incorporación de atributos de calidad diferenciadores, posicionando a los alimentos argentinos en mercados internacionales (Lacaze, 2008).

## **2. HIPÓTESIS**

**“Las harinas parcialmente desgrasadas obtenidas a partir de semillas de chia y albahaca, poseen un efecto hipoglicémico mayor al de las harinas de avena al ser evaluadas en un sistema de digestión *in vitro*”.**

## **3. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar harinas parcialmente desgrasadas de chia y albahaca y evaluar el efecto hipoglicémico de estas en un sistema de digestión *in vitro*.

### **3.1.OBJETIVO ESPECÍFICOS.**

- Caracterizar nutricional y funcionalmente harinas parcialmente desgrasadas a partir de semillas de albahaca y chia.
- Evaluar el efecto hipoglicémico de las harinas parcialmente desgrasadas de semillas de chia y albahaca en un sistema de digestión *in vitro*.
- Elaborar una ficha técnica con los parámetros de calidad para dos nuevos ingredientes funcionales:
  - ❖ Harina parcialmente desgrasada de chia
  - ❖ Harina parcialmente desgrasada de albahaca

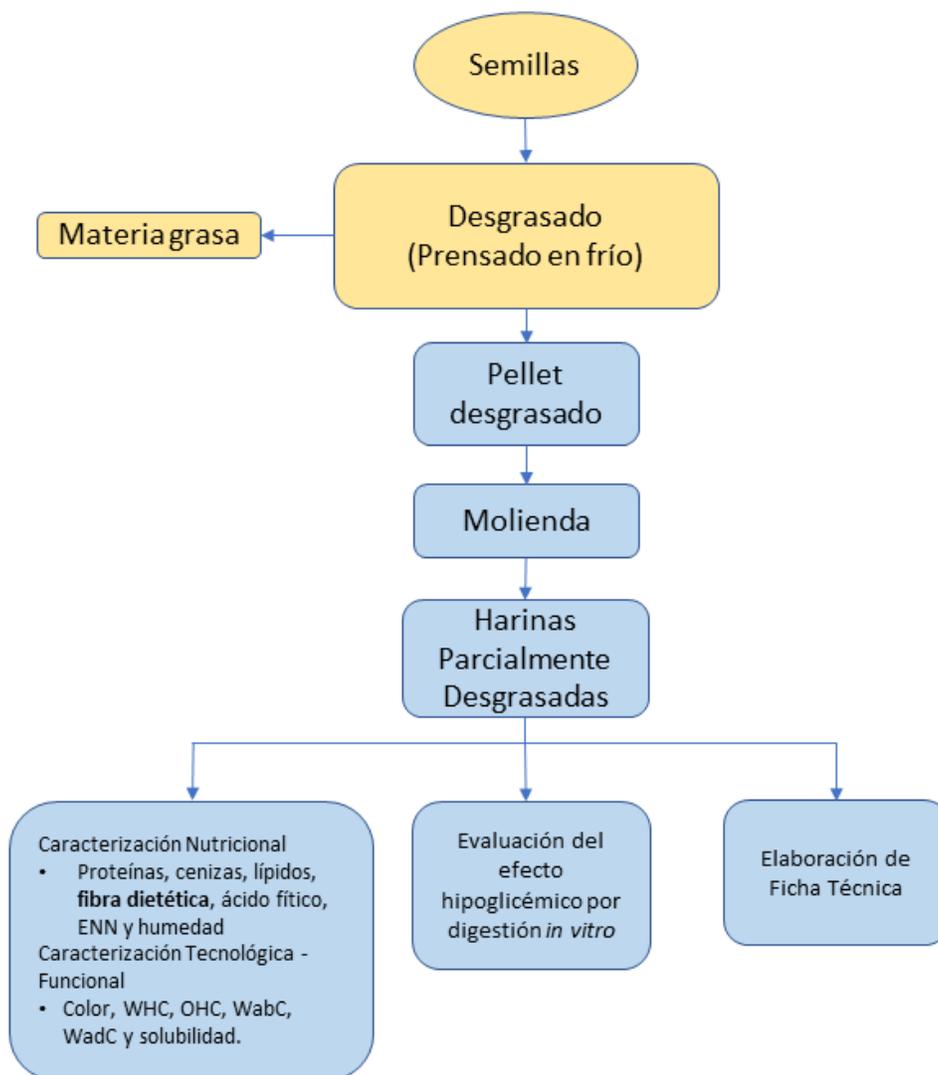
## 4. Materiales y Métodos

### 4.1. Materiales

Las semillas de chia y albahaca fueron proporcionadas por la empresa SPS Food (South Pacific Seeds) y provienen de la Región de O'Higgins y de la Región del Maule. La avena fue adquirida en el mercado local (Avena Quaker, tradicional, producción chilena).

### 4.2. Métodos

En la figura 4 se presenta el esquema general de la propuesta:



**Figura 4. Diagrama general.** Los cuadros en color naranja corresponden a procesos fuera del marco de tesis. Se aplica para las semillas de chia y las de albahaca por separado.

### **4.3. Obtención de harinas parcialmente desgrasadas**

Para la obtención de las harinas parcialmente desgrasadas, las semillas de chia y albahaca, pasan por un proceso de prensado en frío empleando un extractor de aceite vegetal Komet (modelo DD85G, IBG Monforts, Alemania) del que se obtienen pellets correspondientes al expeller luego de extraído el aceite. Posteriormente, los pellets de cada semilla y hojuelas de avena fueron sometidas a molienda en un molino micropulverizador modelo ZM-200, RETSCH por 10 minutos a 10000 rpm.

### **4.4. Caracterización nutricional**

#### **4.4.1. Análisis químico proximal**

El análisis proximal de las harinas se realizó mediante el uso de métodos de la Asociación Americana de Cereales y Granos 44-15A (AACC, 1995). La humedad se determinó por diferencia en peso en un horno por convección de aire, modelo BOV-V70F, Biobase, a 105 °C hasta que las muestras alcanzaron un peso constante; el contenido de proteínas se determinó utilizando la técnica Kjeldahl ( $f: N \times 6.25$ ) y el contenido de cenizas se llevó a cabo en un horno de mufla, modelo Nova FurnA2, Senava, Biotech, mediante incineración a 550 °C por 4 horas. El contenido de lípidos se realizó por extracción con hexano y los carbohidratos totales se determinaron por diferencia. Las determinaciones se realizaron por triplicado y fueron expresados en g/100 g en base seca.

#### **4.4.2. Determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble**

La determinación se realizó con el método AOAC 2009.01AACC International Approved Method 32-45.01 empleando el Kit para Fibra Dietética Total, Megazyme, Irlanda (Prosky et al., 1988). Las muestras previamente desgrasadas fueron sometidas a hidrólisis enzimática en un digestor enzimático modelo GDE (Velp científica, Italia) simulando el proceso digestivo desde la parte oral hasta el intestino delgado. Luego de la digestión enzimática, las muestras fueron filtradas en un Analizador de fibra dietética (Velp científica, Italia) en el que se obtuvo un precipitado no digerible que contiene fibra dietética, proteínas y material inorgánico. En el caso de la determinación de fibra dietética total, las muestras deben precipitar en una solución que contiene una relación de 4:1 de etanol (95%) precalentado a 65°C por una hora.

El cálculo de fibra dietética corresponde al peso del precipitado no digerible menos el peso determinado de proteínas y material inorgánico. Los resultados fueron expresados en g/100 g en base seca, en duplicado.

#### **4.4.3. Determinación de Ácido Fítico**

Para la determinación de ácido fítico se utilizó un kit *Phytic acid assay* (Megazyme, Irlanda) según la metodología de McKie and McCleary (2016). La metodología corresponde a una extracción ácida del ácido fítico. Luego, las muestras se digieren con fitasa, y fosfatasa alcalina y los fosfatos liberados se cuantifican mediante la reacción colorimétrica con azul de molibdeno en medio ácido. Los valores fueron expresados en g de fósforo total por cada 100 g de muestra.

#### **4.4.4. Determinación del perfil de aminoácidos**

El perfil aminoacídico de cada harina fue determinado mediante la metodología propuesta por White et al. (1986). Brevemente, las muestras fueron sometidas a hidrólisis ácida con fenol, en el que se agregó 0,2 g de norleucina como estándar interno. A continuación, los ácidos fueron removidos por evaporación al vacío. Luego, las muestras secas fueron hidratadas con una solución de etanol, trietilamina y agua (2:2:1, en volumen) para luego secarlas nuevamente. Posteriormente se realizó una derivatización de los hidrolizados con una solución de etanol, trietilamina, agua ultrapura y fenilisotiocinato (PITC) (7.5:1:1:0.5). Después, los aminoácidos fueron disueltos en una solución buffer de 5 mM de fosfato de sodio pH de 7,4 y acetonitrilo (95:5 en volumen). Las muestras fueron procesadas en una columna HPLC Nova-Pak C18, 3.9 mm x 150 mm empleando un detector de absorción UV ajustado a 254 nm. La fase móvil estuvo compuesta de dos soluciones, la primera es un buffer 140 mM de acetato de sodio (pH 6,4) con 0.05% de trietilamina y 6% acetonitrilo y la segunda solución estuvo compuesta por 60% acetonitrilo y 40% agua destilada. Los aminoácidos fueron identificados por sus tiempos de retención y cuantificados en base a las áreas de los picos al compararlos con curvas de aminoácidos estándar disueltos en ácido clorhídrico 0.1 M.

#### 4.4.5. Determinación de puntuación de aminoácidos (AAS)

La puntuación de aminoácidos (score aminoácido) fue calculada dividiendo el contenido de aminoácidos presentes en las proteínas de las harinas (mg/g de proteína) por los mg de aminoácidos requeridos para niños (1-2 años) según la recomendación de WHO/FAO y EFSA (EFSA Panel on Dietetic Products & Allergies, 2012; FAO et al., 2007), de acuerdo con la ecuación 1.

$$AAS = \frac{\text{mg de aminoácidos en 1 g de proteína de muestra}}{\text{mg de aminoácidos requeridos}} \quad (1)$$

### 4.5. Caracterización tecnológica-funcional de las harinas parcialmente desgrasadas

#### 4.5.1. Color

El color de las harinas fue determinado por medio de un colorímetro CN-200, el cual cuenta con un observador estándar CIE 10° y un iluminante CIE D65. Los resultados fueron expresados en coordenadas CIELab, L\* (luminosidad), a\* (rojo a verde) y b\* (amarillo a azul). Los valores de diferencia de color ( $\Delta E$ ) fueron calculados según la ecuación 2.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (2)$$

Donde  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  y  $\Delta b$  corresponden a resta entre los valores de luminosidad, rango de color de rojo a verde y rango de color entre amarillo y azul respectivamente.

#### 4.5.2. Capacidad de absorción de Agua (WAbC)

La capacidad de absorción de agua se determinó de acuerdo con el método AACC 88-04 (AACC, 1995). Para ello 0,1 g de cada una de las muestras fueron hidratadas en agua destilada bajo constante agitación hasta llegar a su punto de saturación (aproximadamente 5 ml). Luego, para obtener los valores de WAbC, se dispondrá nuevamente 0,1 g de cada muestra, en 4 tubos distintos y se adicionará  $\pm 1$  ml y  $\pm 0,5$  ml respecto de los 5 ml de saturación. Al cabo de 2 min de agitación en un baño termoregulado modelo NB-304, marca N-Biotek, las soluciones fueron centrifugadas a 2000 x g durante 10 minutos. Una vez transcurrido el tiempo, el sobrenadante fue descartado y las muestras hidratadas fueron pesadas.

El promedio de agua absorbida será determinado y  $W_{AbC}$  se calculó de acuerdo con la ecuación 3, expresándose como g de agua absorbida por g de muestra.

$$W_{AbC} = \frac{W_s - W_0}{W_0} \quad (3)$$

Donde,  $W_s$  es el peso de muestra hidratada con sobrenadante descartado y  $W_0$  es el peso inicial de la muestra.

#### **4.5.3. Capacidad de Adsorción de Agua ( $W_{AdC}$ )**

La  $W_{AdC}$  se determinó introduciendo 0,1 g de cada muestra en un desecador a temperatura ambiente (25°C) con una humedad relativa del 98% regulada por una solución saturada de sulfato de potasio saturada, hasta alcanzar peso constante. Una vez alcanzado el peso constante, se obtendrán los valores de Adsorción de Agua con la ecuación 4 descrita a continuación:

$$W_{AdC} = \frac{W_f - W_0}{W_0} \quad (4)$$

Donde,  $W_f$  es el peso de muestra una vez alcanzado peso constante y  $W_0$  es el peso inicial de la muestra. Los resultados se expresaron como g de agua por g de muestra (Segura-Campos et al., 2014).

#### **4.5.4. Solubilidad**

La solubilidad se determinó siguiendo el método descrito por Cortés-Camargo et al. (2018). Primero se prepararon soluciones al 1% p/v de cada harina en un volumen de 10 ml de agua destilada y mantuvieron bajo agitación por 30 minutos a 30, 60, 70 y 80 °C en un baño termorregulado (modelo NB-304, marca N-Biotek). Posteriormente las soluciones fueron centrifugadas a 2000 x g durante 15 minutos y del sobrenadante obtenido, se extrajeron alícuotas de 3 ml, las cuales fueron secadas a 125 °C durante una noche en una estufa de aire por convección (modelo BOV-V70F, marca Biobase). Una vez deshidratadas las alícuotas, sus pesos fueron registrados y la solubilidad fue calculada mediante la ecuación 5 expresándose los resultados como porcentaje.

$$\% \text{ de Solubilidad} = \frac{W_f}{W_i} * \frac{10}{3} * 100 \quad (5)$$

Donde  $W_f$  es el peso final de la alícuota y  $W_i$  es el peso inicial de la harina.

#### 4.5.5. Capacidad de retención de Agua y Aceite (WHC/OHC)

La WHC/OHC se determinó de acuerdo con el método descrito por Timilsena et al. (2016). Para ello se prepararon soluciones de 0,25 g de cada muestra en 10 ml de agua destilada o aceite comercial de girasol (densidad: 0,92g/ml; Natura Oil, Chile) respectivamente, las cuales se mantuvieron bajo agitación constante durante 2 horas en un agitador modelo NB-304 (N-Biotek). Finalizado el tiempo, las soluciones se dejaron reposar una noche a temperatura ambiente (25°C) para una completa hidratación. Posteriormente, las soluciones se centrifugaron a 1600 x g por 10 minutos, el sobrenadante fue descartado y las muestras residuales fueron pesadas. Finalmente, WHC y OHC se calcularon de acuerdo con la ecuación 6, expresándose como g de agua absorbida (g de aceite) por g de muestra.

$$\text{WHC/OHC} = \frac{W_s - W_0}{W_0} \quad (6)$$

Donde,  $W_s$  es el peso de muestra hidratada con sobrenadante descartado y  $W_0$  es el peso inicial de la muestra.

### 4.6. Evaluación del efecto hipoglucémico a través de un sistema de digestión *in vitro*

#### 4.6.1. Digestión *in vitro*

En este trabajo se empleó digestión *in vitro* en su modalidad estática, dicho método, incluyendo la preparación de cada uno de los fluidos digestivos provienen de la publicación realizada por COST Action INFOGEST, donde se propone una metodología consensuada (Verhoeckx et al., 2015).

- **Fluidos digestivos *in vitro*: oral, gástrico e intestinal**

Las soluciones para simular los fluidos digestivos fueron preparadas de acuerdo a Minekus et al. (2014). Para las fases digestivas se utilizó fluido salival simulado (SSF), fluido gástrico simulado (SGF) y fluido intestinal simulado (SIF). El contenido de electrolitos en los fluidos simulados se detalla en la tabla 3, los cuales son representativos de las concentraciones encontradas en humanos y en la tabla 4 se detalla la concentración de las sales utilizadas para la preparación de cada fluido simulado. Las soluciones se prepararon concentradas de tal forma que 4 partes de

solución de electrolitos y 1 parte de agua corresponde a la composición iónica ideal para cada fluido simulado.

**Tabla 3. Concentraciones de electrolitos.**

CONSTITUYENTE	<u>SSF</u> (mmol L <sup>-1</sup> )	<u>SGF</u> (mmol L <sup>-1</sup> )	<u>SIF</u> (mmol L <sup>-1</sup> )
<b>K<sup>+</sup></b>	18,80	7,8	7,6
<b>Na<sup>+</sup></b>	13,60	72,2	123,4
<b>Cl<sup>-</sup></b>	19,50	70,2	55,5
<b>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	3,70	0,90	0,8
<b>HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub><sup>-2</sup></b>	13,70	25,5	85
<b>Mg<sup>+2</sup></b>	0,15	0,1	0,33
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	0,12	1,0	-
<b>Ca<sup>+2</sup></b>	1,50	0,15	0,6

**Tabla 4. Composición de soluciones de fluidos digestivos.**

CONSTITUYENTE	CONC. STOCK		<u>SSF</u>		<u>SGF</u>		<u>SIF</u>	
	gL <sup>-1</sup>	mol L <sup>-1</sup>	Vol. Stock	Conc. mmol	Vol. Stock	Conc. mmol	Vol. Stock	Conc. mmol
			(ml)	L <sup>-1</sup>	(ml)	L <sup>-1</sup>	(ml)	L <sup>-1</sup>
<b>KCl</b>	37,3	0,5	15,1	15,1	6,9	6,9	6,8	6,8
<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	68	0,5	3,7	3,7	0,9	0,9	0,8	0,8
<b>NaHCO<sub>3</sub></b>	84	1	6,8	13,6	12,5	25	42,5	85
<b>NaCl</b>	117	2	-	-	11,8	47,2	9,6	38,4
<b>MgCl<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub></b>	30,5	0,15	0,5	0,15	0,4	0,1	1,1	0,33
<b>(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	48	0,5	0,06	0,06	0,5	0,5	-	-
<b>Para ajustar pH</b>								
<b>NaOH</b>		1	-	-	-	-	-	-
<b>HCl</b>		6	0,09	1,1	1,3	15,6	0,7	8,4
<b>CaCl<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>*</b>	44,1	0,3		1,5		0,15		0,6

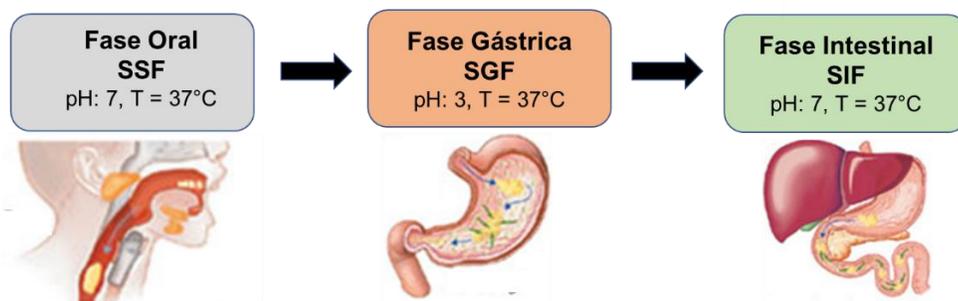
- **Procedimiento de digestión *in vitro***

Los experimentos fueron realizados en triplicado. Las dosis/concentración de cada harina, fue seleccionada considerando las recomendaciones de EFSA Panel on Dietetic Products (2010), correspondiente a 25 g/día de fibra dietética y la normativa Europea que permite hasta un 5% de harina de chíá para la incorporación en alimentos horneados como pan (EFSA Panel on Nutrition et al., 2019). Se utilizó el mismo criterio para la harina parcialmente desgrasada de albahaca. Por lo tanto, en el modelo de predigestión, cada una de las harinas proporcionará entre 0.94% y 3,6% de fibra dietética; lo cual corresponde a un 2% de las harinas parcialmente desgrasadas de chíá, albahaca y harina de avena.

Para evaluar el efecto hipoglicémico, las muestras se prepararon de la siguiente forma:

- i) Control 1, solo harina parcialmente desgrasada de chíá o albahaca y harina de avena (sin glucosa)
- ii) Control 2, sólo glucosa 100 mM
- iii) Muestras preparadas al 2% p/v de cada harina en una solución de fluido simulado salival con glucosa en concentración 100mM

La digestión *in vitro* se realizó en etapas secuenciales con los fluidos correspondientes descritos en la figura 5 a continuación.



**Figura 5. Diagrama de etapas en digestión *in vitro*.**

- a) **Fase oral:** Se mezclaron 5 mL de cada muestra con 4 mL de SSF, 25  $\mu$ L de  $\text{CaCl}_2$  0.3 M y 975  $\mu$ L de agua para obtener una relación final de 50:50 v/v ajustando pH final de 7. Luego, el bolo oral obtenido se incubó a 37°C durante 2 minutos en un baño termostático con agitación.

- b) Fase gástrica:** Posteriormente, el bolo oral (10 mL aprox.) se mezcló con 7,5 mL de SGF, 2 mL de pepsina porcina (2000 U/mL, preparada en solución SGF), 5 µL de CaCl<sub>2</sub> 0,3 M, 0,2 mL de HCl 1M para alcanzar un pH de 3 y 0.295 mL de agua para obtener una relación 50:50 v/v. Luego, la mezcla se incubó a 37 °C durante 2 horas en un baño termostático con agitación.
- c) Fase intestinal:** Finalmente para simular la fase intestinal, el quilo obtenido (20 mL aprox.) se mezcló con 11 mL de SIF, 5 mL de solución de pancreatina (800 U/ml preparado en solución SIF), 2,5 mL de Bilis 10 mM, 40 µL de CaCl<sub>2</sub> 0,3 M, 0,15 mL de NaOH1M para alcanzar un pH de 7,0 y 1,31 mL de agua hasta obtener una relación final de 50:50 v/v. La mezcla se incubó a 37 °C durante 2 horas en un baño termostático con agitación.

#### 4.6.2. Efecto hipoglicémico de la Fibra dietética

El efecto hipoglicémico, se determinó en función de la capacidad de absorción de glucosa, usando el método propuesto por Tamargo et al. (2020), con modificaciones. La digestión *in vitro* se llevó a cabo de acuerdo a lo detallado en el punto 4.2.5. Una vez completada la digestión de cada harina por separado, 5 mL de cada digerido fue introducido en el interior de una membrana de diálisis de 10 kDa (SnakeSkin Dialysis Tubing 10K MWCO, 16 mm dry diameter (ID)), en adelante llamado tubo de diálisis. Luego, el tubo de diálisis fue sumergido en 100 mL de agua destilada a 37°C en un baño termorregulado marca Velp (modelo GDE, Velp científica, Italia), bajo agitación constante. Posteriormente, se determinó la cantidad de glucosa en el dializado en las muestras de pre-digestión y post digestión a 120 min de la etapa intestinal, mediante el uso del kit Megazyme D-glucosa (GOPOD Format kit). El efecto hipoglicémico de las harinas fue determinado mediante la ecuación 7.

$$\% \text{ de Bioaccesibilidad reducida} = \left( \left( \frac{\frac{\text{Glucosa en Dializado (modelo con harina) [M]}}{\text{Glucosa en predigestión con harina [M]}}}{\frac{\text{Glucosa en Dializado (modelo sin harina) [M]}}{\text{Glucosa en predigestión sin harina [M]}}} \right) - 1 \right) * 100 \quad (7)$$

Los valores fueron calculados en triplicado.

#### **4.7.Ensayos microbiológicos**

La determinación de microorganismos aeróbicos mesófilos se realizó de acuerdo con la Norma Chilena NCh2659. Of.2002- Determinación de microorganismos aerobios mesófilos, con la técnica de recuento en placa a 35°C. Los recuentos de mohos y levaduras fueron realizados según la Norma Chilena NCh2734.Of.2002-Determinación de hongos y levaduras, con la técnica de recuento en placa. El recuento de *E. coli* y coliformes totales fue realizado en placas petrifilm. Luego de la toma de muestras se realizó una siembra en placas de cultivo, las que contenían el medio de cultivo Bilis Rojo-Violeta (BRV), un indicador de actividad de la glucuronidasa (precipitación azul) para identificar *E. coli* y un indicador de pH (color rojo) para identificar la fermentación hecha por las colonias coliformes.

#### **4.8.Elaboración de Ficha técnica para control de calidad**

La elaboración de la ficha técnica para el control de calidad se realizó conforme al “Instructivo para la confección de protocolos de calidad” de Alimentos Argentinos (anexo 1), el cual es un sello de calidad del gobierno argentino para la producción local de alimentos y permite cumplir con los requisitos que hoy en día enfrentan los alimentos en el mercado internacional.

Esta ficha técnica incluye la información obtenida de las determinaciones descritas en los puntos anteriores, más sugerencias técnicas sobre el manejo de las harinas y está organizada de la siguiente forma:

- Alcance
- Atributos del producto
  - o Análisis químico proximal
  - o Análisis tecnológico-funcional
- Atributos de funcionalidad de uso
  - o Efecto hipoglicémico

#### **4.9. Análisis estadístico**

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software Statgraphics Centurion XV.I. Los resultados fueron realizados en triplicado y analizados mediante ANOVA multifactorial, utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%; mientras que la comparación entre medias se realizó mediante ANOVA de una vía.

## 5. Resultados y Discusión

### 5.1. Caracterización nutricional

Las semillas de chia y albahaca, fueron inicialmente sometidas a una extracción de aceite por prensado en frío. Los aceites, tanto de chía como de albahaca han sido estudiados ampliamente por diversos autores, describiéndolos con un perfil lipídico excepcionalmente rico en ácidos grasos poliinsaturados (n-3) como ácido linoleico, ácido linolénico y ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico entre otros (Idris et al., 2020; Kulczyński et al., 2019; Nour et al., 2009). Del proceso de extracción de aceite por prensado en frío, se obtuvieron los pellets parcialmente desgrasados de chía y albahaca, los que forman parte de esta investigación.

Dichos pellets, fueron sometidos a molienda en un molino micropulverizador para la obtención de la harina parcialmente desgrasada de chía (HPDC) y harina parcialmente desgrasada de albahaca (HPDA).

Estas harinas, así como la harina de avena fueron analizadas y los resultados se encuentran expresados en la tabla 5 (base seca). La humedad de HPDC y HPDA varió entre  $6,48 \pm 0,14$  y  $5,72 \pm 0,08$  g/100g, a diferencia de las harinas de avena corresponden a  $10,02 \pm 0,12$  g/100g. Al comparar las humedades presentes en las tres harinas, sugiere una relativa estabilidad en condiciones de almacenamiento similares a las de la harina de trigo. Esto es respaldado por estudios que relacionan la humedad con la capacidad de tiempo de almacenamiento, siendo aptos para estos propósitos harinas de trigo con 9 y 10% de humedad sin poner en riesgo su inocuidad alimentaria (Nasir et al., 2004). Esto sugiere que las harinas obtenidas en este estudio podrían ser almacenadas bajo las mismas condiciones, lo que podría facilitar la producción y disminuir los costos de producción. Por otro lado, estudios realizados por De Mattos Sorana et al. (2018), muestran que las semillas de chía pueden ser almacenadas en ambientes fríos o secos, en recipientes de papel, vidrio o plástico por 12 meses sin que se vean afectadas. De todas formas, deben llevarse a cabo pruebas de viabilidad y microbiología a estas nuevas materias primas.

**Tabla 5. Composición nutricional de las harinas.**

Elementos (g/100g)	Harinas parcialmente desgrasadas		Harina
	Albahaca	Chia	Avena
<b>Humedad</b>	5,72 ± 0,08 a	6,48 ± 0,14 b	10,02 ± 0,12 c
<b>Proteína*</b>	22,18 ± 0,12 a	30,79 ± 0,32 b	12,56 ± 0,10 c
<b>Lípidos*</b>	6,95 ± 0,07 a	13,15 ± 0,01b	8,77 ± 0,58 c
<b>Cenizas*</b>	9,44 ± 0,02 a	7,59 ± 0,12 b	1,51 ± 0,02 c
<b>E.N.N**</b>	61,49	48,56	76,16
<b>Ácido Fóico*</b>	1,94 ± 0,17 a	3,36 ± 0,16 b	0,630 ± 0,005 c
<b>Fibra Dietética*</b>			
<b>Total*</b>	45,19 ± 3,71 a	40,59 ± 3,53 b	11,72 ± 0,06 c
<b>Soluble**</b>	1,85	3,09	4,07
<b>Insoluble*</b>	43,34 ± 1,97 a	37,50 ± 4,99 b	7,64 ± 0,17 c

E.N.N. = Elementos No Nitrogenados

\* Valores expresados en base seca

\*\* Valores determinados por diferencia

En cuanto a las proteínas presentes en estas nuevas materias primas, HPDC y HPDA presentan valores de 30,79 y 22,18 g/100g respectivamente, siendo significativamente mayores a la presentada por la harina de avena con 12,56 g/100g de muestra. Esto las posiciona por sobre las semillas de linaza (Jiménez et al., 2013), la harina de trigo (Lin et al., 2019), o el arroz (Puri et al., 2014). Además, cuando se compara el contenido proteico de las harinas v/s las semillas, la HPDC presenta valores superiores a los descritos en las semillas provenientes de Argentina, Bolivia, Estados Unidos y Ecuador con rangos que van desde 16,5% al 26% (Ayerza & Coates, 2011; Jin et al., 2012; USDA, 2018).

Por otra parte, HPDA presenta un contenido proteico superior a las semillas cultivadas en India (Mathews et al., 1993; Nazir et al., 2017), Pakistán (Munir et al., 2017) y Romania (Khaliq et al., 2017), pero similar a las cultivadas en Irán, que presentan valores de 22,5 g/100 g de semillas (Hajmohammadi et al., 2016). Estas diferencias pueden deberse a factores como tipo de muestra, considerando que se trata de harinas parcialmente desgrasadas, teniendo en

cuenta que los contenidos lipídicos pueden llegar a aportar un 33 % y un 40,2 % del peso total de la semilla de albahaca y chía respectivamente (Jin et al., 2012; Nazir et al., 2017). Por otro lado, factores ambientales como el suelo donde son cultivadas, influye significativamente en su contenido nutricional (Sahar Mostafavi et al., 2019).

En el contexto mundial en cuanto a la desnutrición, la malnutrición provocada por el consumo deficiente de proteínas es la más recurrente (WHO, 2018). Para evitar lo anteriormente descrito, organismos como la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, entregan guías para la nutrición de la población. En estas guías se indica que la ingesta recomendada de proteínas corresponde a 56 g/día para hombres y 46 g/día para mujeres, asumiendo un peso corporal de 70 y 57 Kg respectivamente. En este contexto, 100 g de las harinas parcialmente desgrasadas de chía o albahaca son capaces de proporcionar entre un 40% hasta un 67% de los requerimientos diarios (EFSA Panel on Dietetic Products, 2010; Institute of Medicine, 2005). Por otro lado, en el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA), vigente para la legislación chilena, se indica un consumo recomendado de 50 g de proteínas/día, por lo que, 100g de estas harinas cumplen con la categoría “Alto en proteínas”, supliendo un 62% y un 44% de la recomendación diaria respectivamente (Ministerio de Salud, 1997). Las harinas estudiadas en este trabajo son de producción nacional, y presentan valores elevados de contenido proteico, por lo que ofrece un producto de calidad mundial, a partir de un subproducto.

Por otra parte, la fibra dietética cada vez juega un rol más crucial en la dieta de las personas. De acuerdo a O'Keefe (2019) muchos países desarrollados presentan un bajo consumo de fibra dietética, esto ha generado un conjunto de enfermedades asociadas como lo son la diverticulosis, desarrollo de diabetes, obesidad, enfermedades coronarias y cardiovasculares, constipación y cáncer de colon, entre otras . El bajo consumo de fibra que existe a nivel mundial corresponde a la séptima causa de muertes por mal nutrición (Afshin et al., 2019). La fibra dietética presente en HPDC y HPDA corresponde a  $40,59 \pm 3,53$  y  $45,19 \pm 3,71$  g/100g respectivamente y se presenta en la tabla 5. Al compararlas con semillas de linaza, la avena, quinua y amaranto las que contienen entre un 10% a 27% de fibra dietética, las harinas de chía y de albahaca superan estas cantidades, pudiéndose considerar como muy buena fuente de fibra dietética (Kulczyński et al., 2019; Lamothe et al., 2015; Mälkki & Virtanen, 2001).

Por otro lado, es muy importante destacar que, en el caso de ambas harinas, 100 gramos superan con creces la recomendación diaria de FAO, EFSA y el RSA, que corresponde a 25g/día (European Food Safety, 2017; Ministerio de Salud, 1997; WHO & UNU, 2007). En particular, en el caso de la Academia de Ciencias (NAS) de Estados Unidos, hacen la diferencia entre fibra dietética funcional y total, haciendo referencia a que la funcional puede ser obtenida por algún medio químico o proceso, mientras que la fibra dietética total corresponde a la fibra presente naturalmente en los alimentos (Institute of Medicine, 2005). Bajo este marco de diferencia, las recomendaciones de NAS para la fibra dietética corresponden en promedio a 17 g/día para hombres y 13 g/día para mujeres, por lo que HPDC presenta 2,3 a 2,9 veces más de la fibra dietética recomendada y HPDA 1,7 a 2,2 veces más de lo recomendado. Algunas de las más recientes investigaciones en fibra dietética, indican que cumplen funciones cruciales tanto para el desarrollo cotidiano de las personas como para la prevención de numerosas patologías. Muchas de estas patologías son asociadas a la nutrición o mal nutrición que llevan los países “desarrollados”, por lo que esta nueva materia prima podría aportar a producir un cambio en la salud de la población.

En cuanto al contenido de cenizas, HPDA presenta valores de  $9,44 \pm 0,02$  g/100 g y HPDC corresponde a  $7,59 \pm 0,12$  g/100 g; en ambos casos valores superiores a los determinados para HA  $1,51 \pm 0,02$  g/100g. Esto también sugiere que ambas harinas son muy buena fuente de minerales. En una investigación realizada por Miranda-Ramos et al. (2020), se determinó valores de cenizas de 3,5 y 4,9 g/100 g en harinas parcialmente desgrasadas o bajas en grasa de chía. En particular esta característica puede estar ligada a la capacidad que tienen las plantas de absorber minerales desde los suelos como ha sido descrito en el caso del selenio para la albahaca (Mezeyová et al., 2020). La albahaca además es capaz de absorber metales pesados desde el suelo y depositarlo en las distintas estructuras que la componen como tallos, raíces, hojas y flores, sugiriendo su uso para biorremediación (Dinu et al., 2020). Al igual que las otras características nutricionales, el contenido de cenizas de estas semillas chilenas, ha marcado una diferencia al compararlas con las cultivadas en otras partes del mundo. El elevado contenido mineral de las semillas producidas en Chile, ofrecen a su vez, una oportunidad de suplementar formulación de alimentos que se encuentren deficientes en minerales.

HPDA y HPDC presentan valores de ácido fítico de  $1,94 \pm 0,17$  y  $3,59 \pm 0,16$  g/100 g respectivamente, siendo muy superiores a  $0,63 \pm 0,005$  g/ 100g determinados en la harina de avena. La presencia de ácido fítico en los alimentos es una preocupación presente en los consumidores, ya que estas moléculas presentan un efecto negativo en la absorción de minerales bivalentes como calcio, magnesio, zinc y hierro a nivel intestinal debido a su capacidad quelante (Michelena Álvarez et al., 2013). Respecto al contenido de lípidos, la HPDC presenta 13,3 g/ 100g; resultados similares fueron obtenidos por Miranda-Ramos et al. (2020) quienes analizaron una harina parcialmente desgrasada de chía de origen español, la cual presentó 13,5 g/100g. Esta misma harina presentó valores muy inferiores de ácido fítico (0,435 g/100g) a los reportados en este estudio, que además no afectaría la absorción de calcio ni zinc, pero sí de hierro. La diferencia observada entre los valores de Miranda y este estudio puede deberse tanto al método de extracción de aceite, como al origen de las semillas.

En cuanto al contenido de ácido fítico en semillas de chía y su efecto en la absorción de minerales, el grupo de da Silva et al. (2019) determinó la presencia de este ácido en semillas producidas en Brasil. En el estudio, se evaluó el efecto del ácido fítico sobre la absorción de calcio al complementar una dieta de chia versus carbonato de calcio como fuente de calcio en ratas Winstar. Si bien los valores de ácido fítico determinados para estas semillas son menores que los presentados por las harinas de este estudio (0,96 g/100 g de muestra), al adicionar chia a las dietas, los ratones aumentaron la cantidad de calcio presente en deposiciones, disminuyó la tasa de absorción de calcio y la tasa de retención de calcio y además se observó una disminución de la resistencia en los huesos versus las ratas suplementadas con carbonato de calcio. Cabe destacar que el mismo grupo de investigación comprobó que otros indicadores serológicos como colesterol HDL, lipoproteínas y glucosa en sangre disminuyeron en comparación a los grupos control (Da Silva et al., 2016; da Silva et al., 2019).

Por otra parte, en un estudio realizado por Akshatha et al. (2019), las semillas de albahaca provenientes de India presentaron valores de ácido fítico bastante inferiores a los reportados para HPDB correspondiente a 1,8 mg/100g. Pero no existen estudios que relacionen la absorción de minerales y su contenido de ácido fítico en la semilla de albahaca. FAO ha determinado parámetros entre la cantidad de ácido fítico y minerales para estimar su

influencia en la absorción de minerales a nivel intestinal, lo cual entrega los lineamientos para considerar el uso de fitasas en alimentos (Dahdouh et al., 2019).

Por otro lado, pese a que el ácido fítico tiene un efecto quelante en iones como Ca, Zn y Fe (Michelena Álvarez et al., 2013), diferentes estudios, tanto *in vitro* como *in vivo* reivindican el efecto fisiológico del ácido fítico asociándoles propiedades protectoras frente a cáncer (Masunaga et al., 2019; Norazalina et al., 2010), diabetes (Lee et al., 2006), enfermedad de Parkinson (Xu et al., 2008), entre otros (Bloot et al., 2021). Además, gracias a su actividad antioxidante y su presencia en alimentos vegetales, es utilizado para aumentar la vida útil y evitar la decoloración de diferentes productos alimenticios como frutillas (Zhang et al., 2013). Hoy en día, el ácido fítico es considerado sustancia GRAS (Generally Recognized As Safe) en países como USA, Japón, China y la Unión Europea bajo la clasificación de aditivo para los alimentos código E391 (Zhou et al., 2019).

Debido al elevado contenido de ácido fítico presentes en las semillas es necesario evaluar en detalle el contenido de minerales presentes en estas semillas y revisar si estas relaciones se cumplen dentro de rangos aceptables o si requieren fortificaciones y/o tratamientos enzimáticos como fitasas.

### **5.1.1. Perfil aminoacídico**

El perfil aminoacídico de las semillas de chía ha sido descrito por diversos autores (USDA, 2018; Vázquez-Ovando et al., 2010; Ziemichod et al., 2019), por lo que es un referente en cuanto a calidad proteica de origen vegetal debido a que contiene todos los aminoácidos esenciales. Por el contrario, en el caso de las semillas de albahaca, estas no han sido estudiadas a profundidad, siendo el estudio realizado por el grupo de A Karnchanatat et al. (2014) el único que proporciona información acerca del contenido de aminoácidos.

Para una mayor información de nuestras novedosas materias primas, el perfil aminoacídico esencial se presenta en la tabla 6, mientras que el perfil completo se encuentra en el anexo 3. En el caso de las HPDC, se observa un perfil rico en aminoácidos, conteniendo por sobre el 50 % de lisina, isoleucina y leucina, por sobre el 85 % de histidina, metionina más cisteína y fenilalanina más tirosina, y por sobre los requerimientos diarios de treonina en una persona de 70 kg de acuerdo a los requerimientos detallados por FAO (FAO et al., 2007). En el caso de la HPDA, observamos que 100 gramos de la harina aportan a su vez sobre el 50% de los

requerimientos diarios de histidina, fenilalanina más tirosina, además de metionina junto con cisteína. Particularmente tanto en el caso de la HPDC y HPDA, 100 g de cualquiera de estas harinas presentan valores por sobre el requerimiento diario de treonina y cisteína bajo los mismos criterios antes mencionados. Al analizar la puntuación aminoacídica de las harinas (anexo 4) bajo el criterio de FAO/WHO/EFSA para niños entre 1 y 2 años (EFSA Panel on Dietetic Products & Allergies, 2012; FAO et al., 2007), HPDC presenta valores por sobre lo requerido en todos sus aminoácidos esenciales a excepción de la valina, cumpliendo un 92 % del requerimiento siendo este el aminoácido limitante. Para el caso de HPDA, solamente presenta valores por sobre los requeridos en treonina. Por otro lado, la lisina se observa como aminoácido limitante con un aporte de 33 % del requerimiento. En el caso de la harina de avena no contiene los aminoácidos necesarios para cubrir los requerimientos establecidos. La metionina con la cisteína son aminoácidos azufrados claves en procesos fundamentales como actividad antioxidante junto con ser precursores de elementos como taurina, s-adenosilmetionina y glutatión, los cuales están involucrados en la disminución del estrés oxidativo y la protección de tejido dañado (Bin et al., 2017; Del Vesco et al., 2014; Oz et al., 2008). Por otro lado, la treonina es un aminoácido crítico en la producción de mucina en el intestino (Law et al., 2007), además participa de la producción de colágeno (Kamata et al., 1995) y elastina (Kramsch et al., 1971).

**Tabla 6. Análisis de perfil de aminoácidos esenciales de las harinas**

Aminoácidos	Harinas			WHO/FAO (2007)		Albahaca	Chia	Avena
	Aminoácidos (g / 100g de harina)			mg/kg/día	g/día			
	Albahaca	Chia	Avena	(persona de 70 kg)				
<b>Histidina</b>	0,47 ± 0,03	0,63 ± 0,01	0,16 ± 0,02	<b>10</b>	0,7	67	90	22
<b>Treonina</b>	1,22 ± 0,13	1,77 ± 0,1	0,27 ± 0,02	<b>15</b>	1,05	<b>117</b>	<b>168</b>	26
<b>Valina</b>	0,66 ± 0,02	0,86 ± 0	0,42 ± 0,01	<b>26</b>	1,82	36	47	23
<b>Metionina</b>	0,32 ± 0,06	0,45 ± 0,07	0,06 ± 0,01	<b>10</b>	0,7	46	64	9
<b>Cisteína</b>	0,33 ± 0,01	0,48 ± 0,05	0,12 ± 0,01	<b>4</b>	0,28	<b>117</b>	<b>170</b>	41
<b>Metionina + Cisteína</b>	0,65	0,92	0,18	<b>15</b>	1,05	62	88	17
<b>Isoleucina</b>	0,52 ± 0	0,76 ± 0,04	0,34 ± 0,01	<b>20</b>	1,4	37	54	25
<b>Leucina</b>	1,12 ± 0,01	1,49 ± 0,02	0,67 ± 0,02	<b>39</b>	2,73	41	55	24
<b>Tirosina</b>	0,15 ± 0,02	0,35 ± 0,03	0 ± 0					
<b>Fenilalanina</b>	0,94 ± 0,01	1,23 ± 0,03	0,46 ± 0,02					
<b>Fenilalanina + Tirosina</b>	1,09	1,57	0,46	<b>25</b>	1,75	62	90	26
<b>Lisina</b>	0,53 ± 0,03	1,23 ± 0,06	0,38 ± 0,03	<b>30</b>	2,1	25	59	18

## 5.2. Caracterización tecnológica-funcional de las harinas

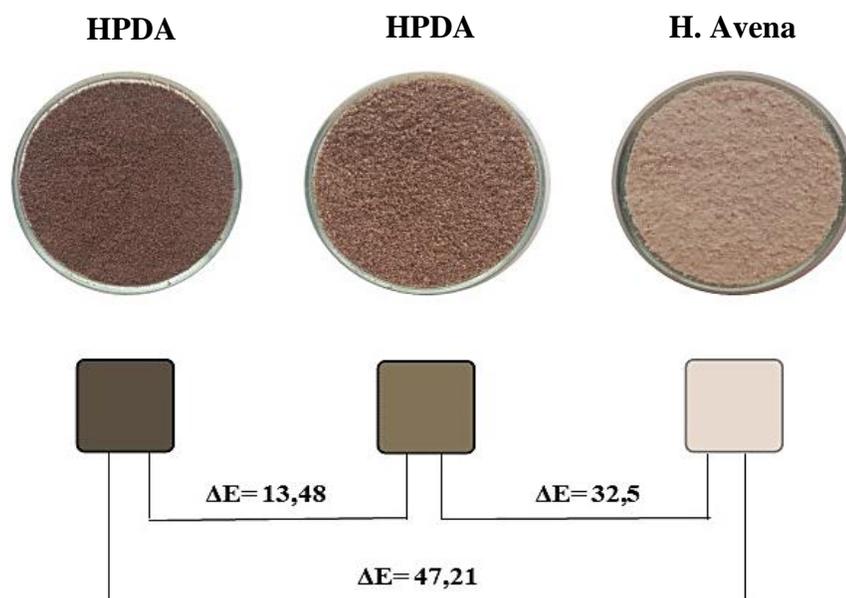
### 5.2.1. Color

Las harinas parcialmente desgrasadas de chia o albahaca no tienen precedentes como productos comercializados en Chile, por lo que es necesario entregar todas las descripciones y caracterizaciones iniciales del producto para la elaboración de una ficha técnica. A cada harina se realizó una medición de color (CieLab), encontrando los valores en la tabla 7.

**Tabla 7. Color de las harinas en espacio CieLab.**

Muestra	L*	a	b
HPDA	34,47 ± 0,09	2,44 ± 0,15	10,42 ± 0,19
HPDC	48,75 ± 0,26	2,32 ± 0,07	16,41 ± 0,05
Harina de Avena	89,57 ± 0,19	3,17 ± 0,22	7,25 ± 0,41

Para determinar si el color podría tomarse como un factor de calidad, se determinó el  $\Delta E$  (figura 6), el cual entrega valores que permiten distinguir numéricamente si los colores comparados en base a sus coordenadas son diferenciables para el ojo humano ( $\Delta E \geq 2,3$ ) (Sharma & Bala, 2017)



**Figura 6. Representación de los valores CieLab de las harinas y  $\Delta E$ .**

Esta estrategia ha sido planteada antes para determinar el origen geográfico de semillas de albahaca mediante el análisis de imágenes hiperespectrales (Choi et al., 2020). En este estudio, se utilizaron semillas de albahaca provenientes de Singapur, India, Pakistán y Vietman con el objetivo de poder diferenciarlas respecto a su origen. En dicho estudio, si bien los colores de las semillas no permitían diferenciarlas entre ellas, las imágenes hiperespectrales que corresponden a la humedad y al contenido lipídico crudo fueron las más determinantes a la hora de definir el origen. Finalmente, los  $\Delta E$  corresponden a 13,5, 47,2 y 32,5 entre albahaca-chia; albahaca-avena y chia-avena, respectivamente, lo que indica que son altamente diferenciables, superando el valor umbral de 2,3, por lo que este parámetro podría tener un valor crucial al momento de definir parámetros de calidad, determinar su potencial uso como indicador de oxidación, así como también para su control.

### 5.3. Características tecnológicas-funcionales.

Las altas cantidades de fibra dietética presentes en las harinas, incluyendo sus otros componentes como aminoácidos polarizados, confieren características determinantes al momento de elegir materias primas para el desarrollo de productos, influyendo en sus propiedades físicas (Masli et al., 2018). Estas propiedades están expresadas en la tabla 8.

**Tabla 8. Propiedades tecnológicas-funcionales de las harinas.**

Muestra	WHC (g Agua/ g Harina)	OHC (g Aceite/ g Harina)	WabC (g Agua/ g Harina)	WadC (g Agua/ g Harina)
<b>HPDA</b>	12,50 ± 0,81 a	1,07 ± 0,11 a	15,51 ± 0,38 a	0,169 ± 0,002 a
<b>HPDC</b>	22,14 ± 0,77 b	1,07 ± 0,05 a	28,74 ± 0,80 b	0,150 ± 0,007 b
<b>Harina Avena</b>	3,65 ± 0,13 c	1,46 ± 0,14 b	1,39 ± 0,05 c	0,1 ± 0,006 c

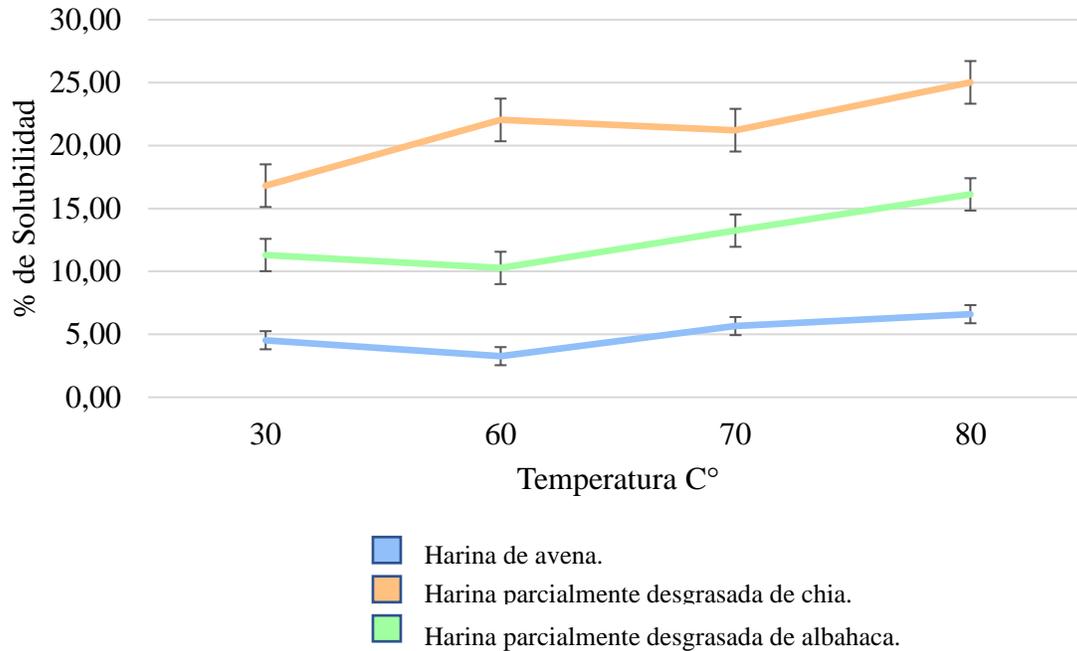
**WHC:** Capacidad de retención de agua; **OHC:** Capacidad de retención de Aceite; **WabC:** Capacidad de absorción de agua; **WadC:** Capacidad de adsorción de agua.

La HPDC presenta una capacidad de retención de agua de 22,14 g agua/g muestra, la cual es significativamente mayor a los 12,5 g agua/g muestra presentado por HPDA, aunque ambas superan 6 y 3 veces más capacidad de retención de agua que la presentada por HA. Esto también se ve reflejado al compararlas con otros sub-productos de la industria alimenticia como salvado de maíz, salvado de arroz, salvado de trigo o piel de espárrago, los cuales

presentan rangos desde los 1,59 a los 3,98 g de agua/g de muestra (Masli et al., 2018). Esta característica está relacionada a la capacidad que tienen algunas materias primas para actuar como espesante, además de reducir la sinéresis en alimentos que contengan almidón desde su preparación hasta el manejo y almacenaje de estos (Masli et al., 2018).

La capacidad de retención de aceite de la HPDC y HPDA de  $1,07 \pm 0,05$  g/100g fue significativamente menor comparada con HA la que fue un 30% superior con valores de  $1,46 \pm 0,14$  g/100g. La capacidad de retención de aceite de las fibras es principalmente dependiente del tamaño de partícula, la composición química, la humedad y la microestructura (red tridimensional) que forman en solución (Farooq & Boye, 2011). Este comportamiento podría deberse a la gran polaridad de las moléculas presentes en las harinas parcialmente desgrasadas tanto por parte de los aminoácidos cargados, como la polaridad de fibra dietética, lo cual se condice con su alta capacidad de absorción, retención de agua y solubilidad (figura 7). Por otra parte, se ha descrito que la capacidad de las fibras de retener aceite se debe a las características estructurales de las mismas, los espacios donde puede ser ocluido el aceite y la estructura tridimensional que forman. En el caso de HPDC y HPDA, a diferencia de HA, contienen además de fibra dietética, lípidos en menor proporción, los que podrían afectar la retención de aceite al impedir su entrada a la red tridimensional.

Una característica importante en una nueva materia prima es la solubilidad, principalmente desde punto de vista tecnológico. La solubilidad tiene un fuerte efecto en la funcionalidad y la estabilidad relativa que presentan las estructuras ordenadas y desordenadas de los polisacáridos en solución, determinando si estos estarán completa o parcialmente disueltos o si pueden solubilizarse (Guillon & Champ, 2000). Las harinas analizadas presentaron diferencias significativas en cuanto a su solubilidad. En el caso de HPDC, al aumentar la temperatura desde 30 a 60 °C aumenta su solubilidad en un 31%, en contraste con lo que ocurre con HPDA y la harina de avena las cuales disminuyen su solubilidad en 9 y 28% respectivamente en el mismo rango de temperatura. Si bien en el siguiente tramo de temperatura (60 – 70°C), HPDC varía muy poco su solubilidad, las otras harinas aumentan su solubilidad progresivamente desde 60 a 80°C, teniendo cada una de ellas el máximo a los 80°C; de 25,02 %; 16,12% y 6,60% para HPDC, HPDA y HA respectivamente.



**Figura 7. Solubilidad comparada de las harinas.**

Los valores de solubilidad determinados para HPDC son menores que los presentados por el mucílago de chía siendo de aproximadamente 70%, esto se debe principalmente a que el mucílago está compuesto casi en un 96% de fibra soluble (Vera C et al., 2019). Esta diferencia se debe principalmente a que las harinas parcialmente desgrasadas presentan una matriz más compleja, con una mayor variedad de partículas que pueden presentar carga como las ramificaciones de las fibras dietéticas y péptidos descritos en las semillas, aun así, presentan mejores características de solubilidad que la avena. Por otro lado, el aumento de solubilidad con la temperatura puede deberse a que, estas condiciones pueden romper puentes de hidrógeno presentes en las fibras dietéticas, lo cual permite que los grupos OH tengan un acceso facilitado a las estructuras formadas por los polisacáridos, aumentando su solubilidad (Sharifian-Nejad & Shekarchizadeh, 2019).

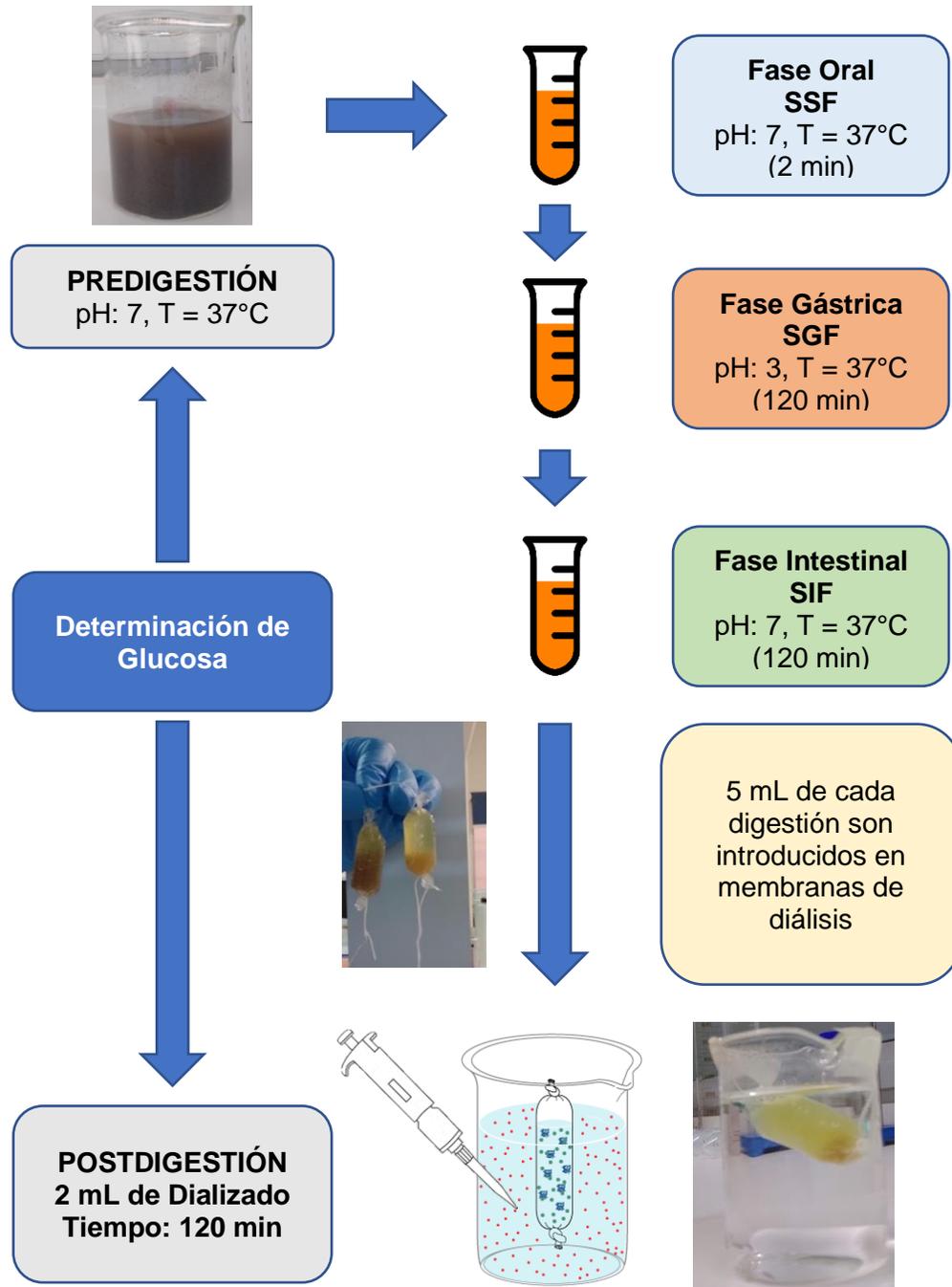
Los resultados sugieren que tanto HPDC y HPDA son interesantes alternativas para su uso en alimentos. Además, sus propiedades tecnológicas-funcionales, las hacen atractivas y con ventajas significativas frente a otros espesantes y emulsionantes. Las propiedades de capacidad de retención del agua, de absorción de agua y de adsorción de agua, están muy relacionadas, al igual que la humedad, con la estabilidad de almacenamiento de las materias primas (Nelson, 2001). En particular, las características relacionadas a la interacción con

agua son primordiales en el desarrollo de productos horneados. El uso de estos productos en panificación ya ha sido estudiado por algunos autores, en el caso de las harinas de chía y en el caso de la albahaca como semilla completa (Borneo et al., 2010; Hajmohammadi et al., 2016; Sofyaningsih & Arumsari, 2021).

#### **5.4. Capacidad hipoglicémica de las harinas**

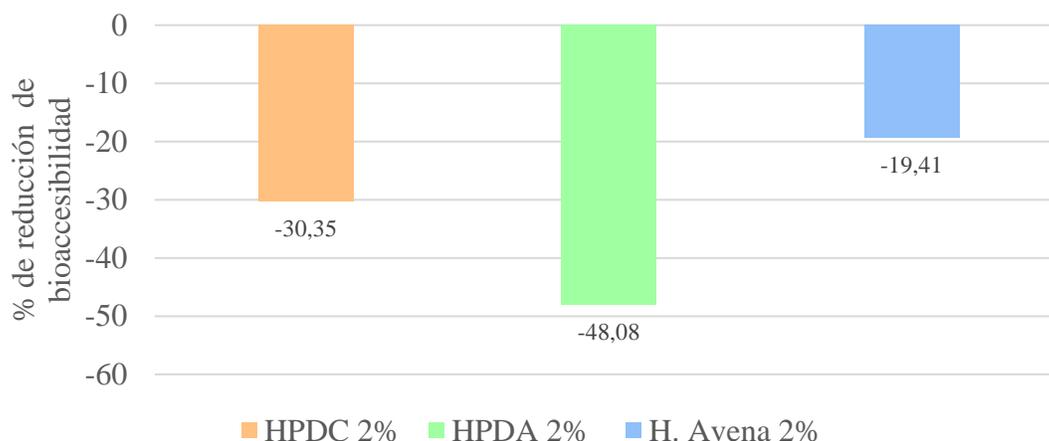
Como se señaló anteriormente, se midió el efecto hipoglicémico de HPDC y HPDA. Para este efecto se llevó a cabo una digestión in vitro de cada harina en una concentración de 2% p/v diluida en fluido salival con 100 mM de glucosa, empleando como control la solución de fluido salival con 100 mM de Glucosa (sin harina). Estas condiciones fueron denominadas pre-digestión y se midió la concentración inicial de glucosa. Al final de la etapa intestinal, se tomó 5 mL del digerido y se introdujo en un tubo de diálisis los que fueron sumergidos en agua destilada a 37°C. Al final de esta etapa, denominada post-digestión, se determinó la concentración de glucosa en el dializado. En la figura 8 se detalla el proceso de toma de muestra.

Para calcular la reducción de bioaccesibilidad de la glucosa, se utilizó la ecuación 7.



**Figura 8. Esquema de toma de muestra para evaluación de efecto hipoglucémico.**

Como podemos ver en la figura 9, al evaluar comparativamente el efecto hipoglicémico de las harinas al 2%, se observa una reducción de la bioaccesibilidad de glucosa en un 30,35% para HPDC y 48,10 % para HPDA, los cuales son significativamente mayores a los presentados por la avena correspondiente a 19,41%.



**Figura 9. Evaluación del efecto de las harinas en la bioaccesibilidad de glucosa.**

El efecto hipoglicémico se correlaciona directamente con el contenido de fibra total de cada una de las harinas, siendo HPDA la que tiene un mayor efecto hipoglicémico. Además de las características tecnológico-funcionales como retención y absorción de agua, las harinas presentan un excepcional efecto hipoglicémico. Este efecto ha sido comprobado transversalmente en diferentes matrices como productos de panificación, entre otros. En un estudio realizado por Ho et al. (2013) donde se incorporó chia en dosis de 7, 15 o 24 g (como semilla completa o molida) en la formulación de pan blanco, los voluntarios que lo consumieron, mostraron una disminución significativa de glucosa en sangre a las dos horas. El modelo de digestión *in vitro* que se utilizó en este estudio, el cual demuestra el efecto hipoglicémico, proporcionó información que se relaciona con los resultados obtenidos por otros estudios con sistemas *in vivo* (Ho et al., 2013; Vuksan, Choleva, et al., 2017; Vuksan, Jenkins, et al., 2017; Vuksan et al., 2007). Sumado a esto en esta investigación, se logró demostrar el efecto hipoglicémico de las harinas al usar una cantidad menor al máximo permitido de semillas molidas por EFSA (5%) en productos de panificación (EFSA Panel on Nutrition et al., 2019).

## 5.5. Ensayos microbiológicos

Las harinas parcialmente desgrasadas de chia y albahaca estuvieron almacenadas durante 10 meses a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta ser analizadas. Se realizó los ensayos microbiológicos de: *E. coli*, aerobios mesófilos, mohos, levaduras y coliformes. Para HPDC, HPDA y HA:

- Recuento de aerobios mesófilos <  $2,5 \times 10^2$  UFC/g
- *Escherichia coli* < 10 UFC/g
- Coliformes < 10 UFC/g
- Mohos y levaduras < 10 UFC/g

En Chile, la producción y manejo de alimentos se rige bajo las directrices proporcionadas por el RSA, el cual es actualizado en base a los nuevos criterios aceptados para la seguridad e inocuidad alimentaria. Dicho documento detalla además los requerimientos microbiológicos que deben presentar los alimentos según su categoría. En el caso de las HPDA y HPDB, a pesar de estar en formato de harina, para el RSA deben ser clasificadas como suplemento alimentario. Por lo tanto, en términos microbiológicos, se tomó como referencia los requerimientos de harina de trigo.

Los valores presentados por las harinas estudiadas están por debajo de los indicadores exigidos por el RSA, el cual clasifica a los microorganismos aerobios mesófilos, mohos y levaduras como peligros categoría 3 para aerobios mesófilos y categoría 2 para mohos y levaduras. Las categorías del 1 al 3 usan parámetros que tienen por objetivo definir la vida útil y alteración del producto (Ministerio de Salud, 1997). En el caso de las bacterias coliformes son clasificadas con la categoría 5, lo cual significa que presenta un peligro para la salud bajo o indirecto. La presencia de *E. coli* está considerada como categoría 10, considerándose como un peligro para la salud.

Por lo tanto, almacenar estas harinas a  $-4^{\circ}\text{C}$  y en oscuridad resultó ser una forma segura de almacenamiento.

Tomando en cuenta las otras propiedades tecnológicas-funcionales como la capacidad de adsorción de agua y absorción de agua, además de su contenido de humedad, sugiere que estas harinas podrían ser estables en almacenamiento fresco y seco, aunque deben a manera de asegurar esta afirmación, deben realizarse ensayos de vida útil.

## **5.6. Confección de Ficha Técnica.**

A medida que la población va en aumento, se hace cada vez más necesario producir mayores cantidades de alimentos. La industrialización ha permitido cubrir esta brecha de producción que de forma tradicional no podría haberse alcanzado. Los procesos relacionados a la industrialización deben ser llevados a cabo bajo los más estrictos sistemas de vigilancia y gestión para salvaguardar la integridad de sus consumidores, además de aportar los nutrientes necesarios.

Una de las principales herramientas para gestionar los alimentos en cuanto a su producción son las fichas técnicas. Las fichas técnicas permiten la definición y estandarización de parámetros de calidad, además facilitar el acceso a la información esencial tanto al nivel de producción como en venta de los productos.

En este estudio se caracterizaron las harinas parcialmente desgrasadas de semillas de chía y albahaca (anexo 1 y 2). La ficha técnica confeccionada contiene las características nutricionales y tecnológico-funcionales descritas en este estudio.

# Anexo 1



Camino El Cristo S/N, San Vicente de Tagua-Tagua, VI Región, Chile  
Teléfono: +56-72-2976020

email: laboratorio@spsc.cl [www.spsc.cl](http://www.spsc.cl)

Fecha de actualización: 10/06/2022

## FICHA TÉCNICA

Nombre del producto	Harina parcialmente desgrasada de chía	
Nombre científico	<i>Salvia hispanica L</i>	
Código del producto	HPDC	
Origen	Chile	
Marca comercial	SPS Foods	
Ingredientes:	100 % harina obtenida se semillas de chía parcialmente desgrasadas	

Descripción
Harina de semilla de chía previamente desgrasada, por prensado en frío, producida en Chile.

Información nutricional	
Valores en base seca	
Composición	Valores por 100g de harina
Proteínas	30,79 g
Elementos No Nitrogenado	7,92 g
Lípidos	13,10 g
Fibra Dietética	40,59 g
Cenizas	7,59 g
Ácido Fítico	3,36 g

Características	Composición y valores								
Organolépticas	Color: Beige (L: 48,75; a: 2,32; b: 16,41) Olor: Característico Sabor: Característico Aspecto: Homogéneo Textura: Polvo								
Tecnológicas-funcionales	Pureza total: 99,99% Humedad: 6,48% Calibre: 0.05 mm								
WHC: Capacidad de retención de agua OHC: Capacidad de retención de aceite WabC: Capacidad de absorción de agua WadC: Capacidad de adsorción de agua Todas expresadas en g de agua por g de muestra	<table border="1"> <thead> <tr> <th>WHC</th> <th>OHC</th> <th>WabC</th> <th>WadC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>22,14</td> <td>1,07</td> <td>28,74</td> <td>0,150</td> </tr> </tbody> </table>	WHC	OHC	WabC	WadC	22,14	1,07	28,74	0,150
WHC	OHC	WabC	WadC						
22,14	1,07	28,74	0,150						



Camino El Cristo S/N, San Vicente de Tagua-Tagua, VI Región, Chile  
Teléfono: +56-72-2976020  
email: laboratorio@spsc.cl [www.spsc.cl](http://www.spsc.cl)  
Fecha de actualización: 10/06/2022

Microbiológicas	Recuento Total de aerobios mesófilos: $< 2,5 \times 10^2$ UFC/g RPES Levaduras: $< 1 \times 10^1$ UFC/g Moho: $< 1 \times 10^1$ UFC/g Coliformes: $< 1 \times 10^1$ UFC/g <i>E. coli</i> : $< 1 \times 10^1$ UFC/g
-----------------	--

**Proceso:**  
Las semillas de chia son procesadas para la extracción de aceite por medio de prensado en frío. Luego, el expeller obtenido es sometido a molienda en un molino micropulverizador para finalmente obtener la harina de chia parcialmente desgrasada.

Aceptable para:	
Vegetarianos	Si
Vegano	Si
Lactovegetarianos	Si
Producto OGM	NO
Producto Irradiado	NO
Contiene Aditivos	NO
Contiene Estabilizantes	NO



<b>Declaración de alérgenos</b> += <i>Presencia</i> ; -= <i>Ausencia</i> ; ?= <i>Desconocido</i> ; * = <i>Posible contaminación cruzada</i>	
Cereales que contengan gluten y productos derivados.	-
Crustáceos y productos a base de crustáceos.	-
Huevos y productos a base de huevo	-
Pescado y productos a base de pescado.	-
Maní y productos a base de maní.	*
Soya y productos a base de soya.	*
Leche y sus derivados (incluida la lactosa).	-
Frutos de cáscara.	*
Apio y productos derivados.	-
Mostaza y productos derivados.	-
Granos de sésamo y productos a base de granos de sésamo.	*
Dióxido de azufre sulfuroso y sulfitos en concentraciones superiores a 10mg/Kg o 10mg/litro expresado como SO <sub>2</sub> total.	?
Lupino y productos a base de lupino.	-
Moluscos y productos a base de moluscos.	-

**Nota**

La información proporcionada en esta ficha técnica tiene un carácter descriptivo para fijar los parámetros de calidad a determinar en esta nueva materia prima. La utilización de esta materia prima debe ser evaluada en cuanto a la presencia de alérgenos por contacto en la etapa de extracción de aceite por prensado en frío.

Los análisis microbiológicos corresponden a muestras almacenaje a -20°C por 1 año, en empaque plástico traslúcido pero almacenado en oscuridad, por lo que se sugiere en principio mantener dichas condiciones de almacenaje hasta que se compruebe viabilidad en las diferentes condiciones de almacenaje. Cabe destacar que las características tecnológico-funcionales sugieren una estabilidad si el producto se almacena a temperatura ambiente y oscuridad al igual que las harinas de trigo.

Última actualización: 25 de junio de 2022

## Anexo 2



Camino El Cristo S/N, San Vicente de Tagua-Tagua, VI Región, Chile

Teléfono: +56-72-2976020

email: laboratorio@spsc.cl [www.spsc.cl](http://www.spsc.cl)

Fecha de actualización: 10/06/2022

### FICHA TÉCNICA

Nombre del producto	Harina parcialmente desgrasada de Albahaca	
Nombre científico	<i>Ocimum basilicum</i> L.	
Código del producto	HPDA	
Origen	Chile	
Marca comercial	SPS Foods	
Ingredientes:	100 % harina obtenida se semillas de albahaca parcialmente desgrasadas	

Descripción
Harina de semilla de albahaca previamente desgrasada, por prensado en frío, producida en Chile.

Información nutricional	
Valores en base seca	
Composición	Valores por 100g de harina
Proteínas	22,18 g
Elementos No Nitrogenado	16,28 g
Lípidos	6,9 g
Fibra Dietética	45,19 g
Cenizas	9,44 g
Ácido Fólico	1,94 g

Características	Composición y valores								
Organolépticas	Color: Beige (L: 34,47; a: 2,44; b: 10,42) Olor: Característico Sabor: Característico Aspecto: Homogéneo Textura: Polvo								
Tecnológicas-funcionales	Pureza total: 99.99% Humedad: 5,72 % Calibre: 0.05 mm								
WHC: Capacidad de retención de agua OHC: Capacidad de retención de aceite WabC: Capacidad de absorción de agua WadC: Capacidad de adsorción de agua Todas expresadas en g de agua por g de muestra	<table border="1"> <thead> <tr> <th>WHC</th> <th>OHC</th> <th>WabC</th> <th>WadC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12,50</td> <td>1,07</td> <td>15,51</td> <td>0,169</td> </tr> </tbody> </table>	WHC	OHC	WabC	WadC	12,50	1,07	15,51	0,169
WHC	OHC	WabC	WadC						
12,50	1,07	15,51	0,169						



Camino El Cristo S/N, San Vicente de Tagua-Tagua, VI Región, Chile  
 Teléfono: +56-72-2976020  
 email: laboratorio@spsc.cl [www.spsc.cl](http://www.spsc.cl)  
 Fecha de actualización: 10/06/2022

Microbiológicas	Recuento Total de aerobios mesófilos: < 2,5 x 10 <sup>2</sup> UFC/g RPES Levaduras: < 1x 10 <sup>1</sup> UFC/g Moho: Ne = 1x 10 <sup>1</sup> UFC/g Coliformes: < 1x 10 <sup>1</sup> UFC/g <i>E. coli</i> : < 1x 10 <sup>1</sup> UFC/g
-----------------	---

**Proceso:**  
 Las semillas de albahaca son procesadas para la extracción de aceite por medio de prensado en frío. Luego, el expeller obtenido es sometido a molienda en un molino micropulverizador para finalmente obtener la harina de albahaca parcialmente desgrasada.

<b>Aceptable para:</b>	
Vegetarianos	Si
Vegano	Si
Lactovegetarianos	Si
Producto OGM	NO
Producto Irradiado	NO
Contiene Aditivos	NO
Contiene Estabilizantes	NO



<b>Declaración de alérgenos</b> += <i>Presencia</i> ; -= <i>Ausencia</i> ; ?= <i>Desconocido</i> ; * = <i>Posible contaminación cruzada</i>	
Cereales que contengan gluten y productos derivados.	-
Crustáceos y productos a base de crustáceos.	-
Huevos y productos a base de huevo	-
Pescado y productos a base de pescado.	-
Maní y productos a base de maní.	*
Soya y productos a base de soya.	*
Leche y sus derivados (incluida la lactosa).	-
Frutos de cáscara.	*
Apio y productos derivados.	-
Mostaza y productos derivados.	-
Granos de sésamo y productos a base de granos de sésamo.	*
Dióxido de azufre sulfuroso y sulfitos en concentraciones superiores a 10mg/Kg o 10mg/litro expresado como SO <sub>2</sub> total.	?
Lupino y productos a base de lupino.	-
Moluscos y productos a base de moluscos.	-

**Nota**

La información proporcionada en esta ficha técnica tiene un carácter descriptivo para fijar los parámetros de calidad a determinar en esta nueva materia prima. La utilización de esta materia prima debe ser evaluada en cuanto a la presencia de alérgenos por contacto en la etapa de extracción de aceite por prensado en frío.

Los análisis microbiológicos corresponden a muestras almacenaje a -20°C por 1 año, en empaque plástico translúcido pero almacenado en oscuridad, por lo que se sugiere en principio mantener dichas condiciones de almacenaje hasta que se compruebe viabilidad en las diferentes condiciones de almacenaje. Cabe destacar que las características tecnológico-funcionales sugieren una estabilidad si el producto se almacena a temperatura ambiente y oscuridad al igual que las harinas de trigo.

Última actualización: 10 de junio de 2022

### Anexo 3

Aminoácidos	Harinas			WHO/FAO (2007)		Albahaca	Chia	Avena
	Aminoácidos (g / 100g de harina)			mg/kg/día	g/día (persona de 70 kg)			
	Albahaca	Chia	Avena					
<b>Aminoácidos Escenciales</b>								
<b>Histidina</b>	0,47 ± 0,03	0,63 ± 0,01	0,16 ± 0,02	<b>10</b>	0,7	67	90	22
<b>Treonina</b>	1,22 ± 0,13	1,77 ± 0,1	0,27 ± 0,02	<b>15</b>	1,05	<b>117</b>	<b>168</b>	26
<b>Valina</b>	0,66 ± 0,02	0,86 ± 0	0,42 ± 0,01	<b>26</b>	1,82	36	47	23
<b>Metionina</b>	0,32 ± 0,06	0,45 ± 0,07	0,06 ± 0,01	<b>10</b>	0,7	46	64	9
<b>Cisteína</b>	0,33 ± 0,01	0,48 ± 0,05	0,12 ± 0,01	<b>4</b>	0,28	<b>117</b>	<b>170</b>	41
<b>Metionina + Cisteína</b>	0,65	0,92	0,18	<b>15</b>	1,05	62	88	17
<b>Isoleucina</b>	0,52 ± 0	0,76 ± 0,04	0,34 ± 0,01	<b>20</b>	1,4	37	54	25
<b>Leucina</b>	1,12 ± 0,01	1,49 ± 0,02	0,67 ± 0,02	<b>39</b>	2,73	41	55	24
<b>Tirosina</b>	0,15 ± 0,02	0,35 ± 0,03	0 ± 0					
<b>Fenilalanina</b>	0,94 ± 0,01	1,23 ± 0,03	0,46 ± 0,02					
<b>Fenilalanina + Tirosina</b>	1,09	1,57	0,46	<b>25</b>	1,75	62	90	26
<b>Lisina</b>	0,53 ± 0,03	1,23 ± 0,06	0,38 ± 0,03	<b>30</b>	2,1	25	59	18
<b>Aminoácidos No Escenciales</b>								
Ácido aspártico	1,82 ± 0,06	2,68 ± 0,02	0,88 ± 0					
Ácido glutámico	4,2 ± 0,03	5,61 ± 0,05	2,54 ± 0,1					
Serina	1,23 ± 0,01	1,59 ± 0,04	0,48 ± 0,02					
Glicina	1,17 ± 0,02	1,3 ± 0	0,52 ± 0,02					
Arginina	1,69 ± 0,13	2,28 ± 0,15	0,4 ± 0,04					
Alanina	1,07 ± 0,01	1,49 ± 0,04	1,14 ± 0,05					
Prolina	0,64 ± 0,03	0,81 ± 0,02	0,42 ± 0,03					

## Anexo 4

Aminoácidos (mg / g de proteína de muestra)	Harinas			WHO/FAO (2007)	WHO/FAO (2007)			WHO/FAO (2007)	WHO/FAO (2007)		
	Albahaca	Chia	Avena	Valor de referencia FAO/WHO/EFSA (mg/ g proteína requerida)	Albahaca	Chia	Avena	Valor de referencia FAO/WHO/EFSA (mg/ g proteína requerida)	Albahaca	Chia	Avena
Histidina	15,21 ± 0,83	28,35 ± 0,27	12,34 ± 1,43	18	0,84	<b>1,57</b>	0,69	15	<b>1,01</b>	<b>1,89</b>	0,82
Treonina	39,76 ± 4,24	79,75 ± 4,66	21,48 ± 1,16	27	<b>1,47</b>	<b>2,95</b>	0,80	23	<b>1,73</b>	<b>3,47</b>	0,93
Valina	21,31 ± 0,62	38,73 ± 0,01	33,58 ± 0,39	42	0,51	0,92	0,80	39	0,55	<b>0,99</b>	0,86
Metionina	10,39 ± 2,08	20,16 ± 3,33	4,94 ± 0,37								
Cisteína	10,63 ± 0,44	21,41 ± 2,31	9,14 ± 0,86								
Metionina + Cisteína	21,02	45,56	14,09	26	0,81	<b>1,75</b>	0,54	22	0,96	<b>2,07</b>	0,64
Isoleucina	17,02 ± 0,08	34,24 ± 1,88	27,32 ± 0,38	31	0,55	<b>1,10</b>	0,88	30	0,57	<b>1,14</b>	0,91
Leucina	36,51 ± 0,35	67,32 ± 1,00	53,10 ± 1,63	63	0,58	<b>1,07</b>	0,84	59	0,62	<b>1,14</b>	0,90
Tirosina	4,96 ± 0,50	15,66 ± 1,43	0,00 ± 0,00								
Fenilalanina	30,37 ± 0,25	55,24 ± 1,37	36,48 ± 1,55								
Fenilalanina + Tirosina	35,86	70,90	36,48	46	0,78	<b>1,54</b>	0,79	38	0,94	<b>1,87</b>	0,96
Lisina	17,27 ± 1,00	55,64 ± 2,60	30,30 ± 2,48	52	0,33	<b>1,07</b>	0,58	45	0,38	<b>1,24</b>	0,67

## 6. Conclusiones

- Las harinas parcialmente desgrasadas de chia y albahaca presentan perfiles nutricionales que marcan una notoria diferencia con valores reportados para otras fuentes vegetales utilizadas con mayor frecuencia en la alimentación humana como lo son el arroz, harinas de trigo o avena.
- Para ambas harinas, el contenido de proteínas y perfil aminoacídico las presentan como un alimento de origen vegetal con una buena calidad proteica debido a su contenido de aminoácidos esenciales, que en el caso de la treonina y cisteína sobrepasan los requerimientos diarios.
- El contenido de fibra dietética es elevado comparado con otras semillas, por ejemplo, semillas de linaza o avena, propiciando una oportunidad de ofrecer un producto rico en fibra dietética. El contenido de fibra dietética de ambas harinas además puede conferir características funcionales a los potenciales alimentos que se elaboren con ellas, mostrando una posible herramienta para el desarrollo de diferentes avances tecnológicos en alimentos.
- El elevado contenido de cenizas presentes en HPDC y HPDA muestran que podría ser una interesante fuente de minerales.
- Las semillas de chia y albahaca de las que se obtuvieron estas harinas fueron producidas en Chile y su perfil nutricional compite con las semillas producidas en otros países, por lo que esta nueva materia prima nacional tiene las cualidades para competir a nivel internacional.
- Las características tecnológicas-funcionales presentadas por HPDC y HPDA las colocan como un promisorio material en el desarrollo de alimentos funcionales
- Cabe destacar que existen diferencias significativas entre las características tecnológico-funcionales de las harinas de este estudio, siendo HPDC significativamente superior a la HPDA en cuanto capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de agua y solubilidad. En particular esto abre otra oportunidad de desarrollo, donde si las características ofrecidas por HPDC exceden los requisitos del sistema y/o diseño del alimento funcional, HPDA ofrece una opción intermedia respecto de las características anteriormente mencionadas.

- El desarrollo de la ficha técnica marca una base en cuanto a la información primaria para establecer parámetros de control en la futura producción de estas harinas. Es necesario realizar ensayos de viabilidad para estudiar el almacenaje idóneo para estas nuevas materias primas antes de empezar su producción industrial.
- Finalmente, el efecto hipoglicémico observado se condice con los valores determinados de fibra dietética total, capacidad de absorción de agua y retención de agua, lo cual agrega un significativo valor a un subproducto inicial de descarte, contribuyendo también a la producción de alimentos funcionales que además generen sustentabilidad en su producción.

## 7. Bibliografía

AACC (Ed.). (1995). *Approved methods of the American association of cereal chemists*. AACC USA.

Afifah, B. S. S. N. H., & Gan, C.-Y. (2016). Antioxidative and amylase inhibitor peptides from basil seeds. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 22(1), 3-10.

Afshin, A., Sur, P. J., Fay, K. A., Cornaby, L., Ferrara, G., Salama, J. S., Mullany, E. C., Abate, K. H., Abbafati, C., Abebe, Z., Afarideh, M., Aggarwal, A., Agrawal, S., Akinyemiju, T., Alahdab, F., Bacha, U., Bachman, V. F., Badali, H., Badawi, A., Bensenor, I. M., Bernabe, E., Biadgilign, S. K. K., Biryukov, S. H., Cahill, L. E., Carrero, J. J., Cercy, K. M., Dandona, L., Dandona, R., Dang, A. K., Degefa, M. G., El Sayed Zaki, M., Esteghamati, A., Esteghamati, S., Fanzo, J., Farinha, C. S. E. S., Farvid, M. S., Farzadfar, F., Feigin, V. L., Fernandes, J. C., Flor, L. S., Foigt, N. A., Forouzanfar, M. H., Ganji, M., Geleijnse, J. M., Gillum, R. F., Goulart, A. C., Grosso, G., Guessous, I., Hamidi, S., Hankey, G. J., Harikrishnan, S., Hassen, H. Y., Hay, S. I., Hoang, C. L., Horino, M., Ikeda, N., Islami, F., Jackson, M. D., James, S. L., Johansson, L., Jonas, J. B., Kasaeian, A., Khader, Y. S., Khalil, I. A., Khang, Y.-H., Kimokoti, R. W., Kokubo, Y., Kumar, G. A., Lallukka, T., Lopez, A. D., Lorkowski, S., Lotufo, P. A., Lozano, R., Malekzadeh, R., März, W., Meier, T., Melaku, Y. A., Mendoza, W., Mensink, G. B. M., Micha, R., Miller, T. R., Mirarefin, M., Mohan, V., Mokdad, A. H., Mozaffarian, D., Nagel, G., Naghavi, M., Nguyen, C. T., Nixon, M. R., Ong, K. L., Pereira, D. M., Poustchi, H., Qorbani, M., Rai, R. K., Razo-García, C., Rehm, C. D., Rivera, J. A., Rodríguez-Ramírez, S., Roshandel, G., Roth, G. A., Sanabria, J., Sánchez-Pimienta, T. G., Sartorius, B., Schmidhuber, J., Schutte, A. E., Sepanlou, S. G., Shin, M.-J., Sorensen, R. J. D., Springmann, M., Szponar, L., Thorne-Lyman, A. L., Thrift, A. G., Touvier, M., Tran, B. X., Tyrovolas, S., Ukwaja, K. N., Ullah, I., Uthman, O. A., Vaezghasemi, M., Vasankari, T. J., Vollset, S. E., Vos, T., Vu, G. T., Vu, L. G., Weiderpass, E., Werdecker, A., Wijeratne, T., Willett, W. C., Wu, J. H., Xu, G., Yonemoto, N., Yu, C., & Murray, C. J. L. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 393(10184), 1958-1972. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)30041-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)30041-8)

Akshatha, D. S., Naik, R. S., Chethana, B., & Brundha, A. (2019). A study on nutritional, functional and anti-nutritional properties of basil seed incorporated products.

American Dietetic Association. (2008, 2008/10/01/). Position of the American Dietetic Association: Health Implications of Dietary Fiber. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(10), 1716-1731. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jada.2008.08.007>

Amigo, H., Bustos, P., & Pino, P. (2018). *Alimentación y nutrición de los chilenos. Encuesta nacional de consumo alimentario*. Universitaria.

Astwood, J. D., Leach, J. N., & Fuchs, R. L. (1996). Stability of food allergens to digestion in vitro. *Nature Biotechnology*, 14(10), 1269-1273. <https://doi.org/10.1038/nbt1096-1269>

Ayerza, R. (1995, 1995/09/01). Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) from five northwestern locations in Argentina. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72(9), 1079-1081. <https://doi.org/10.1007/BF02660727>

Ayerza, R., & Coates, W. (2001). Chia seeds: new source of omega-3 fatty acids, natural antioxidants, and dietetic fiber. *Southwest Center for Natural Products Research & Commercialization, Office of Arid Lands Studies, Tucson, Arizona, USA*.

- Ayerza, R., & Coates, W. (2005). *Chia: rediscovering a forgotten crop of the Aztecs*. University of Arizona Press.
- Ayerza, R., & Coates, W. (2006). Chia- Redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas.
- Ayerza, R., & Coates, W. (2011, 09/01). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, 34, 1366-1371. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.12.007>
- Bilal, A., Jahan, N., Ahmed, A., Bilal, S. N., Habib, S., & Hajra, S. (2012). Phytochemical and pharmacological studies on *Ocimum basilicum* Linn-A review. *International Journal of Current Research and Review*, 4(23), 73-83.
- Bin, P., Huang, R., & Zhou, X. (2017). Oxidation resistance of the sulfur amino acids: methionine and cysteine. *BioMed research international*, 2017.
- Bloot, A. P. M., Kalschne, D. L., Amaral, J. A. S., Baraldi, I. J., & Canan, C. (2021). A Review of Phytic Acid Sources, Obtention, and Applications. *Food Reviews International*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1906697>
- Borneo, R., Aguirre, A., & León, A. E. (2010, 2010/06//). Chia (*Salvia hispanica* L) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(6), 946-949. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2010.03.011>
- Bushway, A. A., Belyea, P. R., & Bushway, R. J. (1981). Chia Seed as a Source of Oil, Polysaccharide, and Protein. *Journal of Food Science*, 46(5), 1349-1350. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04171.x>
- Butt, M. S., Tahir-Nadeem, M., Khan, M. K. I., Shabir, R., & Butt, M. S. (2008). Oat: unique among the cereals. *European Journal of Nutrition*, 47(2), 68-79.
- Calderón Bravo, H., Vera Céspedes, N., Zura-Bravo, L., & Muñoz, L. A. (2021). Basil Seeds as a Novel Food, Source of Nutrients and Functional Ingredients with Beneficial Properties: A Review. *Foods*, 10(7), 1467. <https://doi.org/10.3390/foods10071467>
- Carrière, F., Renou, C., Ville, E., Grandval, P., & Laugier, R. (2001). Advantage of expressing the variations in some digestive parameters as a function of gastric emptying instead of time. *Digestion*, 64(1), 46-53.
- Choi, J.-Y., Heo, S., Bae, S., Kim, J., & Moon, K.-D. (2020). Discriminating the origin of basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) using hyperspectral imaging analysis. *LWT*, 118, 108715. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108715>
- Chu, S. S., & Nakagawa, Y. (1982). Comparison of pepsins isolated from porcine, bovine and *Penicillium jathiuellum*. *Comp Biochem Physiol B*, 72(4), 625-629. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(82\)90516-8](https://doi.org/10.1016/0305-0491(82)90516-8)

- Coates, W., & Ayerza, R. (1996, 04/08). Production potential of chia in Northwestern Argentina. *Industrial Crops and Products*, 5, 229-233. [https://doi.org/10.1016/0926-6690\(96\)89454-4](https://doi.org/10.1016/0926-6690(96)89454-4)
- Cortés-Camargo, S., Gallardo-Rivera, R., Barragán-Huerta, B. E., Dublán-García, O., Román-Guerrero, A., & Pérez-Alonso, C. (2018). Exploring the potential of mesquite gum–nopal mucilage mixtures: Physicochemical and functional properties. *Journal of Food Science*, 83(1), 113-121.
- da Silva, B. P., Anunciação, P. C., da Silva Matyelka, J. C., Della Lucia, C. M., Martino, H. S. D., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2017). Chemical composition of Brazilian chia seeds grown in different places. *Food Chemistry*, 221, 1709-1716.
- Da Silva, B. P., Dias, D. M., De Castro Moreira, M. E., Toledo, R. C. L., Da Matta, S. L. P., Lucia, C. M. D., Martino, H. S. D., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2016). Chia Seed Shows Good Protein Quality, Hypoglycemic Effect and Improves the Lipid Profile and Liver and Intestinal Morphology of Wistar Rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(3), 225-230. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0543-8>
- da Silva, B. P., Toledo, R. C. L., Grancieri, M., de Castro Moreira, M. E., Medina, N. R., Silva, R. R., Costa, N. M. B., & Martino, H. S. D. (2019). Effects of chia (*Salvia hispanica* L.) on calcium bioavailability and inflammation in Wistar rats. *Food Research International*, 116, 592-599.
- Dahdouh, S., Grande, F., Espinosa, S. N., Vincent, A., Gibson, R., Bailey, K., King, J., Rittenschober, D., & Charrondière, U. R. (2019). Development of the FAO/INFOODS/IZINCG global food composition database for phytate. *Journal of Food Composition and Analysis*, 78, 42-48.
- De Mattos Sorana, C. K. P., Cardoso, F. B., Queiroz Rego, C. H., Da Silva Cândido, A. C., & Alves, C. Z. (2018). Chia Seeds Storage in Different Environmental Conditions and Packages. *American Journal of Plant Sciences*, 09(01), 74-82. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.91007>
- Del Vesco, A., Gasparino, E., Grieser, D., Zancanela, V., Gasparin, F., Constantin, J., & Neto, A. O. (2014). Effects of methionine supplementation on the redox state of acute heat stress–exposed quails. *Journal of Animal Science*, 92(2), 806-815.
- Dinu, C., Vasile, G.-G., Buleandra, M., Popa, D. E., Gheorghe, S., & Ungureanu, E.-M. (2020). Translocation and accumulation of heavy metals in *Ocimum basilicum* L. plants grown in a mining-contaminated soil. *Journal of Soils and Sediments*, 1-14.
- EFSA. (2017). Dietary Reference Values for nutrients Summary report. *EFSA Supporting Publications*, 14(12), e15121E. <https://doi.org/https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>
- EFSA Panel on Dietetic Products, N., & Allergies. (2012). Scientific opinion on dietary reference values for protein. *EFSA Journal*, 10(2), 2557.
- EFSA Panel on Dietetic Products, N., and Allergies (NDA). (2010). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*, 8(3), 1462. <https://doi.org/https://doi.org/doi:10.2903/j.efsa.2010.1462>

- EFSA Panel on Nutrition, N. F., Allergens, F., Turck, D., Castenmiller, J., de Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., & Naska, A. (2019). Safety of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) as a novel food for extended uses pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, *17*(4), e05657.
- European Food Safety, A. (2017, 2017/12/01). Dietary Reference Values for nutrients Summary report. *EFSA Supporting Publications*, *14*(12), e15121E. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>
- Ezeani, C., Ezenyi, I., Okoye, T., & Okoli, C. (2017). Ocimum basilicum extract exhibits antidiabetic effects via inhibition of hepatic glucose mobilization and carbohydrate metabolizing enzymes. *Journal of intercultural ethnopharmacology*, *6*(1), 22.
- [Record #267 is using a reference type undefined in this output style.]
- Farooq, Z., & Boye, J. (2011). Novel food and industrial applications of pulse flours and fractions. *Pulse foods: Processing, quality and nutraceutical applications*, 283-323.
- Farwa, N., Muhammad Asif, H., Ijaz Ahmad, B., Muhammad Idrees, J., Rashid, A.-Y., Bhatti Ijaz, A., & Jilani Muhammad, I. (2019). Basil. *Medicinal Plants of South Asia: Novel Sources for Drug Discovery*, 846.
- Gray, J., Armstrong, G., & Farley, H. (2003). Opportunities and constraints in the functional food market. *Nutrition & Food Science*.
- Guerrero, J. G., Martinez, J. G., & Isasa, M. T. (1998). Mineral nutrient composition of edible wild plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, *11*(4), 322-328.
- Guillon, F., & Champ, M. (2000). Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, *33*(3-4), 233-245.
- Hajmohammadi, A., Pirouzifard, M., Shahedi, M., & Alizadeh, M. (2016). Enrichment of a fruit-based beverage in dietary fiber using basil seed: Effect of Carboxymethyl cellulose and Gum Tragacanth on stability. *LWT*, *74*, 84-91.
- Ho, H., Lee, A. S., Jovanovski, E., Jenkins, A. L., Desouza, R., & Vuksan, V. (2013). Effect of whole and ground Salba seeds (*Salvia Hispanica* L.) on postprandial glycemia in healthy volunteers: a randomized controlled, dose-response trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, *67*(7), 786-788. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.103>
- Hosseini-Parvar, S., Matia-Merino, L., Goh, K., Razavi, S. M. A., & Mortazavi, S. A. (2010). Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*, *101*(3), 236-243.
- Idris, A. A., Nour, A. H., Ali, M. M., Erwa, I. Y., Ishag, O. A. O., & Nour, A. H. (2020). Physicochemical Properties and Fatty Acid Composition of *Ocimum basilicum* L. Seed Oil. *Asian Journal of Physical and Chemical Sciences*, 1-12.

- Imam, H., Lian, S., Kasimu, R., Rakhmanberdyeva, R. K., & Aisa, H. A. (2012, 2012/09/01). Extraction of an antidiabetic polysaccharide from seeds of *Ocimum basilicum* and determination of the monosaccharide composition by precolumn high-efficiency capillary electrophoresis. *Chemistry of Natural Compounds*, 48(4), 653-654. <https://doi.org/10.1007/s10600-012-0336-8>
- Jiménez , P., Masson , L., & Quitral , V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Revista chilena de nutrición*, 40(2), 155-160. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182013000200010>
- Jin, F., Nieman, D. C., Sha, W., Xie, G., Qiu, Y., & Jia, W. (2012). Supplementation of Milled Chia Seeds Increases Plasma ALA and EPA in Postmenopausal Women. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67(2), 105-110. <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0286-0>
- Kaczmarczyk, M. M., Miller, M. J., & Freund, G. G. (2012). The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism*, 61(8), 1058-1066.
- Kamata, T., Wright, R., & Takada, Y. (1995). Critical threonine and aspartic acid residues within the I domains of  $\beta 2$  integrins for interactions with intercellular adhesion molecule 1 (ICAM-1) and C3bi. *Journal of Biological Chemistry*, 270(21), 12531-12535.
- Karnchanatat, A., Semanit, K., Noitang, S., & Piapukiew, J. (2014, May 6-8). Comparative study on antioxidative activity of the seeds of hoary basil (*Ocimum basilicum*) protein hydrolysates produced by papain, pepsin and Protease G6 (alcalase). The 5th International Conference on Natural Products for Health and Beauty, Phuket, Thailand: Natural Product Research Center for Excellence.
- Karnchanatat, A., Semanit, K., Noitang, S., & Piapukiew, J. (2014). Comparative study on antioxidative activity of the seeds of hoary basil (*Ocimum basilicum*) protein hydrolysates produced by papain, pepsin and Protease G6 (alcalase). Proceedings of the 5th International Conference on Natural Products for Health and Beauty, Phuket, Thailand,
- Katunzi-Kilewela, A., & Fortunatus, R. M. (2022). Sensory profile, consumer acceptability and preference mapping of cassava-chia seeds composite porridges. *Applied Food Research*, 2(1), 100038.
- Khaliq, R., Tita, O., & Sand, C. (2017). A comparative study between seeds of sweet basil and psyllium on the basis of proximate analysis. *Scientific Papers Series-Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 17(3), 189-194.
- Kišgeci, J., Jelačić, S., Beatovic, D., Levic, J., Moravčević, D., Zaric, V., & Gojkovic, L. (2011). Evaluation of basil seed (*Ocimum basilicum* L.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 14(2), 41-44. <http://www.fem.uniag.sk/acta/en/1/uvod/content/2011/2/958/>  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123090440>
- Kramsch, D. M., Franzblau, C., & Hollander, W. (1971). The protein and lipid composition of arterial elastin and its relationship to lipid accumulation in the atherosclerotic plaque. *The Journal of clinical investigation*, 50(8), 1666-1677.

- Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D., & Gramza-Michałowska, A. (2019). The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds—Current State of Knowledge. *Nutrients*, *11*(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/nu11061242>
- Labanca, R. A., Svelander, C., & Alminger, M. (2019). Effect of particle size of chia seeds on bioaccessibility of phenolic compounds during in vitro digestion. *Cogent Food & Agriculture*, *5*(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1694775>
- Lacaze, M. V. (2008). *Las regulaciones de alimentos y su eficacia para responder a las exigencias de calidad del consumidor argentino*.
- Laczkowski, M. S., Gonçalves, T. R., Gomes, S. T., Março, P. H., Valderrama, P., & Matsushita, M. (2018). Application of chemometric methods in the evaluation of antioxidants activity from degreased chia seeds extracts. *LWT*, *95*, 303-307.
- Lamothe, L. M., Srichuwong, S., Reuhs, B. L., & Hamaker, B. R. (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food Chemistry*, *167*, 490-496.
- Law, G. K., Bertolo, R. F., Adjiri-Awere, A., Pencharz, P. B., & Ball, R. O. (2007). Adequate oral threonine is critical for mucin production and gut function in neonatal piglets. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, *292*(5), G1293-G1301.
- Lee, S.-H., Park, H.-J., Chun, H.-K., Cho, S.-Y., Cho, S.-M., & Lillehoj, H. S. (2006). Dietary phytic acid lowers the blood glucose level in diabetic KK mice. *Nutrition research*, *26*(9), 474-479.
- Lin, J., Gu, Y., & Bian, K. (2019). Bulk and Surface Chemical Composition of Wheat Flour Particles of Different Sizes. *Journal of Chemistry*, *2019*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2019/5101684>
- Mabood, F., Gilani, S. A., Hussain, J., Alshidani, S., Alghawi, S., Albroumi, M., Alameri, S., Jabeen, F., Hussain, Z., & Al-Harrasi, A. (2017). New design of experiment combined with UV–Vis spectroscopy for extraction and estimation of polyphenols from Basil seeds, Red seeds, Sesame seeds and Ajwan seeds. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *178*, 14-18.
- Madgulkar, A. R., Rao, M. R., & Warriar, D. (2015). Characterization of psyllium (*Plantago ovata*) polysaccharide and its uses. *Polysaccharides*, 871-890.
- Mälkki, Y., & Virtanen, E. (2001). Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum: a review. *Lwt-Food Science and Technology*, *34*(6), 337-347.
- Marcano, J., Hernando, I., & Fiszman, S. (2015, 2015/10/01). In vitro measurements of intragastric rheological properties and their relationships with the potential satiating capacity of cheese pies with konjac glucomannan. *Food Hydrocolloids*, *51*, 16-22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.04.028>

- Masli, M. D. P., Rasco, B. A., & Ganjyal, G. M. (2018). Composition and Physicochemical Characterization of Fiber-Rich Food Processing Byproducts. *Journal of Food Science*, 83(4), 956-965. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14081>
- Masunaga, T., Murao, N., Tateishi, H., Koga, R., Ohsugi, T., Otsuka, M., & Fujita, M. (2019). Anti-cancer activity of the cell membrane-permeable phytic acid prodrug. *Bioorganic Chemistry*, 92, 103240.
- Mathews, S., Singhal, R., & Kulkarni, P. (1993). Ocimum basilicum: a new non-conventional source of fibre. *Food Chemistry*, 47(4), 399-401.
- McKie, V. A., & McCleary, B. V. (2016). A novel and rapid colorimetric method for measuring total phosphorus and phytic acid in foods and animal feeds. *Journal of AOAC International*, 99(3), 738-743.
- Medicine, I. o. (2005). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. The National Academies Press. <https://doi.org/doi:10.17226/10490>
- Mezeyová, I., Hegedúsová, A., Hegedús, O., Vargová, A., Timoracká, M., Šlosár, M., Andrejiová, A., Juríková, T., & Mezey, J. (2020). Basil seeds as a source of antioxidants affected by fortification with selenium. *Folia Horticulturae*, 0(0). <https://doi.org/10.2478/fhort-2020-0002>
- Michelena Álvarez, G., Neira Vielma, A. A., Iliná, A., Nava Reyna, E., Gaona Lozano, J. G., & Martínez Hernández, J. L. (2013). Aspectos fundamentales de las fitasas. *Investigación y Ciencia*, 21(57), 58-63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67427453008> (IN FILE)
- Minekus, M., Almingier, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A., Marze, S., McClements, D. J., Ménard, O., Recio, I., Santos, C. N., Singh, R. P., Vegarud, G. E., Wickham, M. S. J., Weitschies, W., & Brodkorb, A. (2014). A standardised staticin vitrodigestion method suitable for food – an international consensus. *Food Funct.*, 5(6), 1113-1124. <https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>
- Ministerio de Agricultura, G. y. P. (2005). Aprueba Resolución N°392/2005. Sello de Calidad "Alimentos Argentinos, una elección Natural" Documento: Instructivo para la confección de protocolos de calidad [Norma de Calidad/ protocolo de calidad].
- Miranda-Ramos, K., Millán-Linares, M., & Haros, C. M. (2020). Effect of chia as breadmaking ingredient on nutritional quality, mineral availability, and glycemic index of bread. *Foods*, 9(5), 663.
- Mirhosseini, H., & Amid, B. T. (2012, 2012/04/01/). A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. *Food Research International*, 46(1), 387-398. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.017>
- Mostafavi, S., Asadi-Gharneh, H. A., & Miransari, M. (2019). The phytochemical variability of fatty acids in basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) affected by genotype and geographical differences. *Food Chemistry*, 276, 700-706. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.027>

- Mostafavi, S., Asadi-Gharneha, H. A., & Miransari, M. (2019, Mar 15). The phytochemical variability of fatty acids in basil seeds (*Ocimum basilicum* L.) affected by genotype and geographical differences. *Food Chemistry*, 276, 700-706. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.027>
- Munir, M., Qayyum, A., Raza, S., Siddiqui, N. R., Mumtaz, A., Safdar, N., Shible, S., Afzal, S., & Bashir, S. (2017). Nutritional assessment of basil seed and its utilization in development of value added beverage. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 30(3), 266-271.
- Muñoz, L., Aguilera, J., Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., & Diaz, O. (2012). Characterization and microstructure of films made from mucilage of *Salvia hispanica* and whey protein concentrate. *Journal of Food Engineering*, 111(3), 511-518.
- Muñoz, L. A. (2012). *Mucilage from chia seeds (Salvia hispanica): microestructure, physico-chemical characterization and applications in food industry* Pontificia Universidad Católica de Chile]. Chile.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2013). Chia Seed (*Salvia hispanica*): An Ancient Grain and a New Functional Food. *Food Reviews International*, 29(4), 394-408. <https://doi.org/10.1080/87559129.2013.818014>
- Naji-Tabasi, S., Razavi, S. M. A., Mohebbi, M., & Malaekheh-Nikouei, B. (2016, 2016/01/01/). New studies on basil (*Ocimum basilicum* L.) seed gum: Part I – Fractionation, physicochemical and surface activity characterization. *Food Hydrocolloids*, 52, 350-358. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.011>
- Nasir, M., Akhtar, S., & Sharif, M. K. (2004). Effect of moisture and packaging on the Shelf life of wheat flour. *Internet Journal of Food Safety V*, 4, 1-6.
- Nazir, S., Wani, I. A., & Masoodi, F. A. (2017). Extraction optimization of mucilage from Basil (*Ocimum basilicum* L.) seeds using response surface methodology. *Journal of Advanced Research*, 8(3), 235-244.
- Nelson, A. L. (2001). *High-fiber ingredients*.
- Norazalina, S., Norhaizan, M., Hairuszah, I., & Norashareena, M. (2010). Anticarcinogenic efficacy of phytic acid extracted from rice bran on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 62(3), 259-268.
- Nour, A. H., Elhussein, S. A., & Osman, N. (2009). Characterization and chemical composition of the fixed oil of fourteen basil (*Ocimum basilicum* L.) accessions grown in Sudan. *International journal of chemical technology*, 1(2), 52-58.
- O'Keefe, S. J. (2019). The association between dietary fibre deficiency and high-income lifestyle-associated diseases: Burkitt's hypothesis revisited. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, 4(12), 984-996. [https://doi.org/10.1016/s2468-1253\(19\)30257-2](https://doi.org/10.1016/s2468-1253(19)30257-2)
- Oz, H. S., Chen, T. S., & Neuman, M. (2008). Methionine deficiency and hepatic injury in a dietary steatohepatitis model. *Digestive diseases and sciences*, 53(3), 767-776.

- Özcan, M., & Akgül, A. (1998). Influence of species, harvest date and size on composition of capers (*Capparis* spp.) flower buds. *Food/Nahrung*, 42(02), 102-105.
- Peter, K. (2006). *Handbook of Herbs and Spices: Volume 3*. Woodhead publishing.
- Prakash, J., & Gupta, S. (2000). Chemopreventive activity of *Ocimum sanctum* seed oil. *Journal of ethnopharmacology*, 72(1-2), 29-34.
- Prosky, L., Asp, N.-G., Schweizer, T. F., Devries, J. W., & Furda, I. (1988). Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 71(5), 1017-1023.
- Puri, S., Dhillon, B., & Banura, S. (2014). To formulate and analyze brown rice puddings for its physico-chemical and sensory attributes.
- Rasane, P., Jha, A., Sabikhi, L., Kumar, A., & Unnikrishnan, V. (2015). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods-a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 662-675.
- Razavi, M. A., Bostan, A., & Rezaie, M. (2010). Image processing and physico-mechanical properties of basil seed (*Ocimum basilicum*). *Journal of Food Process Engineering*, 33(1), 51-64.
- Razavi, S. M. A., Mortazavi, S. A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S. H., Motamedzadegan, A., & Khanipour, E. (2009). Optimisation study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 44(9), 1755-1762. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01993.x>
- Rezapour, R., Ghiassi Tarzi, B., & Movahed, S. (2016). The effect of adding sweet basil seed powder (*Ocimum basilicum* L.) on rheological properties and staling of baguette bread. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 6(2), 41-46.
- Salehi, F. (2019). Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review. *Food Science & Nutrition*, 7(11), 3391-3402. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1245>
- Decreto Supremo N° 977 de 1997. Aprueba Reglamento Sanitario de los Alimentos, (1997).
- Segura-Campos, M. R., Ciau-Solis, N., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2014). Chemical and Functional Properties of Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) Gum. *Int J Food Sci*, 2014, 241053. <https://doi.org/10.1155/2014/241053>
- Segura-Campos, M. R., Salazar-Vega, I. M., Chel-Guerrero, L. A., & Betancur-Ancona, D. A. (2013, 2013/03/01/). Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 723-731. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.017>

- Seraglio, S. K. T., Valese, A. C., Daguer, H., Bergamo, G., Azevedo, M. S., Nehring, P., Gonzaga, L. V., Fett, R., & Costa, A. C. O. (2017). Effect of in vitro gastrointestinal digestion on the bioaccessibility of phenolic compounds, minerals, and antioxidant capacity of *Mimosa scabrella* Benth honeydew honeys. *Food Research International*, 99, 670-678. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.024>
- Sharifian-Nejad, M. S., & Shekarchizadeh, H. (2019). Physicochemical and functional properties of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) polysaccharides extracted under optimal conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 946-954.
- Sharma, G., & Bala, R. (2017). *Digital color imaging handbook*. CRC press.
- Sharma, V., Mogra, R., & Mordia, A. (2020). Effect of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds incorporation on nutritional quality of muffin mix. *Nutrition & Food Science*.
- Singh, S., & Agrawal, S. S. (1991). Anti-asthmatic and anti-inflammatory activity of *Ocimum sanctum*. *International Journal of pharmacognosy*, 29(4), 306-310.
- Singh, S., & Majumdar, D. (1995a). Analgesic activity of *Ocimum sanctum* and its possible mechanism of action. *International Journal of pharmacognosy*, 33(3), 188-192.
- Singh, S., & Majumdar, D. (1995b). Anti-inflammatory and antipyretic activities of *Ocimum sanctum* fixed oil. *International Journal of pharmacognosy*, 33(4), 288-292.
- Sloan, A. E. (2018). Functional Food Trends. *Food Technology Magazine*, 72(4), 13.
- Sofyaningsih, M., & Arumsari, I. (2021). THE EFFECT OF CHIA AND SESAME FLOUR SUBSTITUTION TO NUTRIENT CONTENT AND SENSORY QUALITY OF MINI CROISSANT. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(1), 34-43. <https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2021.009.01.4>
- Tamargo, A., Martin, D., Navarro del Hierro, J., Moreno-Arribas, M. V., & Muñoz, L. A. (2020, 2020/11/01/). Intake of soluble fibre from chia seed reduces bioaccessibility of lipids, cholesterol and glucose in the dynamic gastrointestinal model simgi®. *Food Research International*, 137, 109364. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109364>
- Timilsena, Y. P., Adhikari, R., Kasapis, S., & Adhikari, B. (2016, 2016/01/20/). Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds. *Carbohydrate Polymers*, 136, 128-136. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.035>
- Tuorila, H., & Hartmann, C. (2020, 2020/06/01/). Consumer responses to novel and unfamiliar foods. *Current Opinion in Food Science*, 33, 1-8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.09.004>
- Ullah, R., Nadeem, M., Khaliq, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A., & Hussain, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 1750-1758. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1967-0>

[Record #283 is using a reference type undefined in this output style.]

- Vázquez-Ovando, J. A., Rosado-Rubio, J. G., Chel-Guerrero, L. A., & Betancur-Ancona, D. A. (2010). Procesamiento en seco de harina de chía (*Salvia hispanica*L.): caracterización química de fibra y proteína Dry processing of chía (*Salvia hispanica*L.) flour: chemical characterization of fiber and protein. *CyTA - Journal of Food*, 8(2), 117-127. <https://doi.org/10.1080/19476330903223580>
- Vera C, N., Laguna, L., Zura, L., Puente, L., & Muñoz, L. A. (2019, 2019/11/01/). Evaluation of the physical changes of different soluble fibres produced during an in vitro digestion. *Journal of Functional Foods*, 62, 103518. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103518>
- Verhoeckx, K., Cotter, P., López-Expósito, I., Kleiveland, C., Lea, T., Mackie, A., Requena, T., Swiatecka, D., & Wichers, H. (2015). *The impact of food bioactives on health: in vitro and ex vivo models*. Springer Nature.
- Vilaplana, M. (2001). Aspectos nutricionales y terapéuticos de la fibra dietética. *Offarm*, 20(2), 96-101. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-aspectos-nutricionales-terapeuticos-fibra-dietetica-13784ER>
- Vuksan, V., Choleva, L., Jovanovski, E., Jenkins, A., Au-Yeung, F., Dias, A., Ho, H., Zurbau, A., & Duvnjak, L. (2017). Comparison of flax (*Linum usitatissimum*) and Salba-chia (*Salvia hispanica* L.) seeds on postprandial glycemia and satiety in healthy individuals: a randomized, controlled, crossover study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 71(2), 234-238.
- Vuksan, V., Jenkins, A., Brissette, C., Choleva, L., Jovanovski, E., Gibbs, A., Bazinet, R., Au-Yeung, F., Zurbau, A., & Ho, H. (2017). Salba-chia (*Salvia hispanica* L.) in the treatment of overweight and obese patients with type 2 diabetes: A double-blind randomized controlled trial. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 27(2), 138-146.
- Vuksan, V., Whitham, D., Sievenpiper, J. L., Jenkins, A. L., Rogovik, A. L., Bazinet, R. P., Vidgen, E., & Hanna, A. (2007). Supplementation of Conventional Therapy With the Novel Grain Salba (*Salvia hispanica* L.) Improves Major and Emerging Cardiovascular Risk Factors in Type 2 Diabetes: Results of a randomized controlled trial. *Diabetes Care*, 30(11), 2804-2810. <https://doi.org/10.2337/dc07-1144>
- White, J. A., Hart, R. J., & Fry, J. C. (1986). An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. *Journal of Automatic Chemistry*, 8(4), 170-177. <https://doi.org/10.1155/s1463924686000330>
- WHO. (2018). *The state of food security and nutrition in the world 2018: building climate resilience for food security and nutrition*. Food & Agriculture Org.
- WHO, & UNU. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. 935.
- Xu, Q., Kanthasamy, A. G., & Reddy, M. B. (2008). Neuroprotective effect of the natural iron chelator, phytic acid in a cell culture model of Parkinson's disease. *Toxicology*, 245(1-2), 101-108.

- Zhang, H., Yang, Q., Lin, H., Ren, X., Zhao, L., & Hou, J. (2013). Phytic acid enhances biocontrol efficacy of *Rhodotorula mucilaginosa* against postharvest gray mold spoilage and natural spoilage of strawberries. *Lwt-Food Science and Technology*, 52(2), 110-115.
- Zhou, Q., Zhao, Y., Dang, H., Tang, Y., & Zhang, B. (2019). Antibacterial effects of phytic acid against foodborne pathogens and investigation of its mode of action. *Journal of food protection*, 82(5), 826-833.
- Ziemichod, A., Wojcik, M., & Rozylo, R. (2019, Jan 1). Ocimum tenuiflorum seeds and Salvia hispanica seeds: mineral and amino acid composition, physical properties, and use in gluten-free bread. *Cytta-Journal of Food*, 17(1), 804-813. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1658645>