

**Desarrollo de un producto de interés comercial a base de proteína concentrada de ajonjolí  
(*Sesamum indicum*) para la empresa GRINSUP S.A.S.**

Maria Isabel Vargas Carmona

Directora

Lina Marcela Suárez Restrepo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería  
Programa de Ingeniería de Alimentos

2023

## Resumen

La actual crisis climática y el cambio drástico en las tendencias de consumo a nivel mundial demandan productos cada vez más sostenibles, nutritivos y saludables. Colombia no es ajena a este fenómeno y cada vez más personas están considerando incluir proteínas alternativas como parte de su dieta. Por esta razón, la empresa GRINSUP S.A.S. desea incluir un nuevo e innovador producto a base de un concentrado de proteína de ajonjolí obtenido a partir de desechos agroindustriales, por lo cual se diseñó un producto de interés comercial a través del desarrollo de una formulación a base de proteína concentrada de ajonjolí para su producción y comercialización, que fuese rico en proteína, agradable al consumidor final y que tuviera un empaque apropiado coherente con la identidad de marca de la empresa. Para el desarrollo del producto se fijó el contenido de concentrado de proteína en un valor constante de 90%. Posteriormente, a través de una revisión bibliográfica y considerando propiedades funcionales, tendencias de consumo y la coherencia con el producto, se definieron 3 ingredientes funcionales para el 10% restante de la formulación. Para llevar a cabo esta optimización se realizó un diseño experimental de tipo Simplex Lattice o Reticulado {3,3}, con variables de respuesta: humectabilidad (s), dispersabilidad (%) y solubilidad (%) y factores: concentración de remolacha, kefir y avena, con un rango entre 0-10% p/p, teniendo en cuenta que la suma de los 3 ingredientes fuera siempre 10% p/p. Se realizó una optimización multivariable y se planteó una prueba sensorial hedónica simplificada con evaluadores no entrenados a la mezcla óptima para evaluar sabor, color, olor, textura y aceptabilidad general del producto, a la vez que se le comparó con una proteína vegana comercial. Finalmente se escogió el material de empaque y se realizó el diseño de la etiqueta, incluyendo la tabla nutricional, la cual se construyó con datos teóricos. La mezcla optimizada según los resultados obtenidos se determinó en 0.66% de

remolacha, 1.50% de kefir y 7.84% de avena con valores teóricos de humectabilidad, dispersabilidad y solubilidad de 27.49 s , 86.98% y 2,40% y un error del 3,81% , 4,10%, 3,30% respectivamente, según la validación experimental realizada. La prueba sensorial determinó que no habían diferencias significativas para el sabor, color, textura y aceptabilidad entre ambas muestras, pero sí había diferencia significativa para el olor. Finalmente, para el producto final se estimó un contenido teórico de 24g de proteína por porción , con porciones de 30g y aportando 111 Kcal cada una, mostrando características similares a los presentes en el mercado. Este proyecto aplicado logró determinar los ingredientes y la composición óptima de un producto en polvo que utiliza proteína concentrada de ajonjolí. A través de un diseño experimental, se encontró la mezcla ideal con propiedades físicas confiables. Por otro lado, la evaluación sensorial reveló que el producto fue generalmente aceptado, a pesar de tener un sabor ácido pronunciado. Finalmente, el diseño de empaque cumple con los requisitos técnicos y de sostenibilidad, lo que puede tener un impacto positivo en la aceptación y el éxito comercial del producto.

***Palabras claves:*** desarrollo de producto, propiedades físicas, proteína de ajonjolí.

## Contenido

Planteamiento del Problema .....	9
Justificación .....	11
Objetivos .....	13
Objetivo General: .....	13
Objetivos Específicos: .....	13
Marco Teórico.....	14
GRINSUP S.A.S., Desarrollando los Ingredientes del Futuro .....	14
Proteínas en la Nutrición Humana .....	15
Suplementos a Base de Proteína Vegetal.....	16
Importancia de las Proteínas Vegetales .....	17
Mercado de Proteínas Vegetales en Colombia .....	18
Ajonjolí como Fuente Alternativa de Proteína .....	19
Alimentos Funcionales.....	20
Probióticos .....	21
Prebióticos.....	22
Ingredientes Funcionales a Base de Cereales .....	22
Ingredientes Funcionales a Base de Frutas y Verduras .....	23
Materiales de Empaque.....	24
Plásticos .....	24
Papel y Cartón.....	24
Materiales Biodegradables.....	25
Metodología .....	26

Objetivo Específico 1.....	26
Selección de Ingredientes .....	26
Diseño Experimental.....	26
Determinación de Propiedades Físicas .....	28
Selección de la Formulación.....	32
Objetivo Específico 2.....	33
Diseño de Pruebas Sensoriales.....	33
Ejecución del Análisis Sensorial.....	33
Análisis Estadístico.....	33
Objetivo Específico 3.....	34
Selección del Empaque.....	34
Construcción de la Tabla Nutricional.....	34
Diseño de Etiqueta .....	34
Resultados y Discusión.....	36
Selección de Ingredientes .....	36
Gránulos de Kéfir.....	36
Avena .....	36
Remolacha.....	37
Estandarización de las Pruebas Físicas.....	38
Diseño Experimental.....	40
Desarrollo del Diseño Experimental.....	41
Humectabilidad.....	43
Dispersabilidad .....	44

Solubilidad .....	46
Optimización de la Mezcla .....	48
Análisis Sensorial.....	49
Selección de Empaque .....	55
Construcción de Tabla Nutricional .....	59
Diseño de Empaque .....	62
Conclusiones .....	68
Recomendaciones .....	70
Referencias.....	72

## Lista de Figuras

Figura 1. Representación gráfica del diseño experimental .....	28
Figura 2. Protocolo para determinación de solubilidad .....	30
Figura 3. Protocolo para determinación de dispersabilidad.....	31
Figura 4. Protocolo para determinación de humectabilidad .....	32
Figura 5 Reconstitución de las mezclas del diseño experimental.....	41
Figura 6. Mezclas en polvo del diseño experimental.....	41
Figura 7. Superficie de respuesta para la humectabilidad.....	44
Figura 8 Superficie de respuesta estimada para la dispersabilidad.....	46
Figura 9. Superficie de respuesta estimada para la solubilidad .....	47
Figura 10. Porcentaje de personas que prefieren cada una de las proteínas vegetales .....	50
Figura 11. Encuestados que estarían dispuestos a comprar el producto a base de proteína de ajonjolí AJ001 .....	51
Figura 12 Distribución de edad de los encuestados .....	52
Figura 13 Género de los encuestados.....	52
Figura 14. Intención de compra según el género de los encuestados .....	53
Figura 15. Intención de compra según la edad de los encuestados.....	54
Figura 16. Tabla nutricional del producto final .....	61
Figura 17. Diseños propuestos para el la etiqueta del producto .....	63
Figura 18. Montaje frontal del empaque.....	64
Figura 19. Montaje trasero del empaque.....	64
Figura 20. Etiqueta frontal del producto .....	65
Figura 21. Etiqueta trasera del producto .....	66

## Lista de Tablas

Tabla 1. Diferentes definiciones de alimento funcional .....	21
Tabla 2. Diseño de experimentos tipo Simplex Lattice .....	27
Tabla 3. Identificación de proveedores para los ingredientes seleccionados.....	38
Tabla 4. Resultados de pruebas físicas para la remolacha y la avena.....	39
Tabla 5. Resultados para las tres propiedades físicas. ....	42
Tabla 6. Valor-P para el modelo de la humectabilidad, solubilidad y dispersabilidad y sus interacciones. ....	42
Tabla 7. Formulación de la mezcla óptima.....	48
Tabla 8. Comparación de valores experimentales y predicciones para las propiedades físicas de la mezcla óptima. ....	49
Tabla 9. Resultados de la prueba sensorial .....	55
Tabla 10. Revisión de empaques de proteínas comerciales.....	56
Tabla 11. Composición de macronutrientes de los ingredientes utilizados en el desarrollo experimental.....	60
Tabla 12. Aporte nutricional de cada ingrediente de acuerdo a la formulación .....	60



## **Planteamiento del Problema**

El mercado de los alimentos basados en plantas ha experimentado un crecimiento constante y rápido, impulsado por la creciente demanda de proteínas vegetales por parte de los consumidores que buscan una alimentación saludable, saciante y sostenible. Según datos de Montenegro (2023), el mercado de proteína vegetal en Colombia alcanzó los 13.5 millones de dólares en 2022 y se espera que alcance los 22.5 millones de dólares en 2023, lo que representa un crecimiento del 83%. Además, en el mercado colombiano, se ha observado un crecimiento significativo en la demanda de suplementos de proteína vegana. Sin embargo, es importante destacar que la mayoría de estos suplementos son importados, lo que plantea desafíos en términos de costos debido al aumento del valor del dólar y otras condiciones globales. Esta situación ha generado un vacío en el mercado local, ya que existe una oportunidad para el desarrollo de marcas y productos nacionales que puedan abastecer la demanda creciente de suplementos de proteína vegana de manera más accesible y sostenible.

Por esta razón, GRINSUP S.A.S., empresa colombiana dedicada a la fabricación y comercialización de alimentos en polvo 100% naturales obtenidos partir de un proceso innovador utilizando la tecnología de secado por ventana de refractancia, busca aprovechar una nueva materia prima desarrollada a base de residuos agroindustriales que resultan de la obtención de aceite de ajonjolí prensado en frío. Esta situación es de interés ya que a nivel mundial se producen alrededor de 75.726 toneladas de aceite de ajonjolí cada año (Briones, 2021), donde se genera 38.000 toneladas de residuos de ajonjolí rico en proteína (Perez-Bolaños y Salcedo-Mendoza, 2018). Aunque, estos residuos pueden ser usados en la fabricación de biocombustibles (Perez-Bolaños, 2016), lastimosamente la mayor parte de estos se destinan para alimentación animal compostaje o son desechados al medio ambiente.

Estos residuos agroindustriales que van a parar a los rellenos sanitarios representan un problema de contaminación porque pueden conducir a la contaminación de las aguas subterráneas y del aire. La descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los rellenos sanitarios aumenta las emisiones de metano y otros gases de efecto invernadero, que a su vez contribuyen al cambio climático (Ramprasad et al., 2022). La descomposición de estos desechos orgánicos también puede conducir a la producción de productos tóxicos que pueden terminar en las aguas subterráneas si no se gestionan adecuadamente. Por esto, en lugar de desechar o quemar los desechos agroindustriales, se pueden transformar en materiales útiles como polímeros, combustibles, antioxidantes, fenoles y lípidos, que reducirán de manera efectiva el desperdicio de alimentos y el impacto ambiental. Es necesario entonces seguir investigando para encontrar formas de agregar valor a estos subproductos y minimizar su contaminación (Ozbay et al., 2021).

## **Justificación**

Un cambio global hacia dietas predominantemente basadas en plantas se ha descrito como una estrategia efectiva para hacer que el sistema alimentario sea más sostenible (Hoehnel et al., 2022). Además, este tipo de proteínas de origen vegetal presentan grandes beneficios para la salud del consumidor, ya que estudios han demostrado que los comportamientos dietéticos que incluyen más alimentos derivados de plantas y menos grasas saturadas (comúnmente encontradas en productos animales) apoyan la prevención y el manejo de enfermedades crónicas relacionadas con la nutrición (Mullins & Arjmandi, 2021).

Por otro lado, el mercado de las proteínas vegetales hace parte de una tendencia mundial por sustituir el consumo de proteínas de origen animal para obtener beneficios para la salud y cuidar el medio ambiente (Martin et al., 2021) y Colombia no es indiferente a ella. Según la consultora Kantar (2021), 1 de cada 10 familias colombianas consume algún tipo de proteína alternativa. Esto ha llevado a que el mercado de estas proteínas en Colombia haya crecido un 1,4% entre 2020 y 2021. Pro lo cual, la empresa GRINSUP S.A.S. buscar desarrollar un producto propio y de fabricación nacional que pueda ser ofrecido tanto como materia prima para la industria, como un producto para cliente final.

La empresa busca entonces formular un producto de interés comercial a través de la ejecución de proyectos de investigación e innovación que apuesten al fortalecimiento de alianzas Industria-Universidad y que favorezcan la empleabilidad de doctores y jóvenes investigadores. En este proyecto se incluye formulación, diseño de empaque y validaciones sensoriales para verificar la aceptación de producto.

Este desarrollo le permitirá a la empresa ingresar un nuevo producto de carácter innovador al mercado nacional que pueda ser usado por deportistas y personas con dietas

veganas, vegetarianas o flexitarianas. Es importante destacar que hasta el momento no se comercializa en Colombia ningún producto que incluya proteína de ajonjolí, lo cual aumentaría la disponibilidad y diversidad de proteínas alternativas, ya que en la formulación de productos ricos en proteína vegetal normalmente se emplea proteína de soya, arroz, lenteja o arveja. Adicionalmente, sería un producto con impacto ambiental ya que se estaría aprovechando un residuo agroindustrial para obtener un producto alimenticio de alta calidad, implementando conceptos de economía circular y aportando al desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un producto de interés comercial a través del desarrollo de una formulación a base de proteína concentrada de ajonjolí para su producción y comercialización en la empresa GRINSUP S.A.S.

### **Objetivos Específicos**

Definir los ingredientes y composición de una formulación en polvo a base de proteína de ajonjolí utilizando la información disponible en bases de datos indexadas, productos de la competencia y paneles sensoriales con el equipo de desarrollo de la empresa GRINSUP S.A.S.

Evaluar la aceptación por parte del consumidor de la formulación obtenida a través del diseño experimental de un producto en polvo a base de concentrado de proteína de ajonjolí mediante una evaluación sensorial en escala hedónica.

Proponer de forma teórica un diseño de empaque para el producto alimenticio en polvo de mejor aceptación teniendo en cuenta sus requerimientos técnicos y la identidad de marca de la empresa GRINSUP S.A.S

## **Marco Teórico**

### **GRINSUP S.A.S., Desarrollando los Ingredientes del Futuro**

GRINSUP S.A.S. es una empresa antioqueña especializada en el secado por ventana de refractancia. Su principal enfoque es suministrar ingredientes en polvo 100% naturales a empresas del sector alimentario, salud y farmacéutico, utilizando frutas exóticas de Colombia y reconocidos superalimentos. Esta innovadora empresa aborda de manera eficiente los desafíos actuales de la industria alimentaria, que requiere la reformulación de productos y una inversión considerable en investigación y desarrollo para satisfacer la creciente demanda de alimentos saludables.

Su fortaleza radica en ofrecer ingredientes de vanguardia, libres de aditivos químicos, obtenidos de fuentes locales, con una combinación excepcional de sabor y color mejorados, al tiempo que garantiza la máxima preservación de los nutrientes esenciales. Su enfoque diferenciado les permite competir con otras empresas del sector, ya que evitan costos operativos elevados y proporcionan productos de alta calidad sin aditivos ni rellenos indeseables. Actualmente tienen un amplio portafolio de ingredientes en polvo que incluye productos innovadores tales como levadura nutricional y otros súperalimentos.

El equipo de GRINSUP S.A.S. está compuesto por ingenieros y científicos de alimentos altamente capacitados, respaldados por una amplia experiencia en desarrollo empresarial y procesos de deshidratación. Gracias a esto, han logrado establecer relaciones sólidas con clientes recurrentes y han obtenido financiamiento para impulsar su expansión en el mercado. Para conocer más sobre esta empresa, visita su sitio web [www.grinsup.com](http://www.grinsup.com)

## **Proteínas en la Nutrición Humana**

Las proteínas, según Gil (2005), constituyen el componente primordial tanto en la estructura como en la función celular. Desempeñan una variedad de funciones altamente significativas dentro del organismo, que abarcan desde su función catalítica, representada por las enzimas, hasta su participación en la movilidad corporal, como lo evidencian la actina y la miosina. Además, tienen un papel crucial en términos mecánicos, como la elastina y el colágeno, y también desempeñan funciones relacionadas con el transporte y almacenamiento, como lo demuestran la mioglobina, los citocromos y la hemoglobina. Asimismo, desempeñan un papel relevante en la inmunidad, a través de los anticuerpos, y en la regulación hormonal, entre otras funciones.

Las proteínas son también uno de los macronutrientes esenciales en la dieta humana, junto con los carbohidratos y las grasas. Están compuestas por aminoácidos, que son los bloques de construcción básicos de las proteínas. Las proteínas se encuentran en una amplia variedad de alimentos, incluyendo carne, pescado, huevos, legumbres, nueces y semillas (García, 2012).

Teniendo esto en cuenta, es importante consumir suficientes proteínas en la dieta para mantener la salud y el bienestar. La cantidad recomendada de proteína varía según la edad, el sexo y el nivel de actividad física de la persona. En general, se recomienda que los adultos consuman al menos 0,8 gramos de proteína por kilogramo de peso corporal al día. Sin embargo, las necesidades de proteína pueden ser mayores para las personas que realizan actividad física intensa o que están tratando de aumentar la masa muscular (Traylor et al., 2018). La mayor parte de estas proteínas corresponde a proteínas de origen animal; en Colombia, por ejemplo, la contribución relativa (%) de la proteína animal a la proteína total/día es del 54,6 % al 62,6 % (Herrán & Zea, 2022).

Las plantas terrestres también han sido parte de la dieta humana para proporcionar energía y nutrientes para sustentar la vida. Aunque las proteínas vegetales son relativamente baratas y más abundantes que las proteínas animales, el uso directo de las proteínas vegetales terrestres en la dieta humana normal sigue siendo bastante limitado. Hoy en día, la mayoría de las proteínas vegetales se utilizan como alimento para animales para producir proteínas animales funcionales a partir de la leche, los huevos y la carne (Day, 2013). Sin embargo, la conversión de proteínas vegetales en proteínas animales es intrínsecamente ineficaz. En algunos casos, menos del 15% se convierte en proteína animal para consumo humano en cultivos forrajeros y el 85% se desperdicia (Aiking, 2011). Como resultado, la producción de carne representa una parte desproporcionada de los impactos ambientales relacionados con los alimentos (Gilland, 2002).

Con respecto al cultivo, se puede argumentar que si la misma cantidad de proteínas vegetales se usa directamente para el consumo humano, se necesita menos del 10% de la tierra para cultivar plantas alimenticias que para producir la misma cantidad de proteínas cárnicas a partir de plantas forrajeras (Aiking, 2011). Además, la producción de proteínas animales requiere aproximadamente 100 veces más agua que la producción de la misma cantidad de proteínas vegetales (Pimentel y Pimentel, 2003).

### **Suplementos a Base de Proteína Vegetal**

El objetivo principal de ingerir proteínas en la dieta es proporcionar al cuerpo humano suficiente sustrato para las vías de biosíntesis, específicamente para la síntesis de proteínas. La proteína dietética es una fuente de nitrógeno y aminoácidos indispensables, así como también aminoácidos señal (p. ej., leucina) que regulan el metabolismo y estimulan el anabolismo (Millward et al., 2008).



Estudios han encontrado un impacto positivo de la ingesta de proteínas por encima del nivel promedio recomendado en la salud general, la presión arterial, los niveles de lípidos en la sangre, el control del peso, la saciedad y la prevalencia de la obesidad y la diabetes tipo 2 (Berryman et al., 2016).

Adicionalmente, el consumo de proteína de origen vegetal favorece el aumento de la ingesta de fibra, disminuye el riesgo de enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer, y trae beneficios para el control del peso. Además, las proteínas de origen vegetal no contienen algunos de los compuestos menos saludables que se encuentran en la carne, incluidas las grasas saturadas y el colesterol (Beardsworth & Bryman, 2004).

Los polvos de proteína veganos más comunes son la arveja, el cáñamo, el arroz integral y la soja (Krefting, 2017). Las proteínas en polvo de semillas, como la calabaza, el girasol, la chía y el sacha inchi, están cada vez más disponibles (Torres Sánchez et al., 2021).

Es necesario aumentar la utilización de proteínas vegetales para apoyar la producción de alimentos ricos en proteínas que podrían reemplazar las proteínas animales en la dieta humana para reducir la tensión que la ganadería intensiva de animales supone para el medio ambiente.

### **Importancia de las Proteínas Vegetales**

Alimentos como el ajonjolí, la quinua y el cáñamo son importantes fuentes de energía, proteínas de alta calidad, fibra, vitaminas y minerales. Además, contienen compuestos como polifenoles y péptidos bioactivos que pueden aumentar el valor nutricional de estas plantas. Desde el punto de vista nutricional, la combinación adecuada de proteínas vegetales puede proporcionar cantidades suficientes de aminoácidos esenciales para los requerimientos humanos (Pihlanto et al., 2017).

Por otro lado, la producción de alimentos ha sido identificada como uno de los impulsores más fuertes del cambio ambiental global y tres de las implicaciones más serias son la interrupción del ciclo del nitrógeno y el fósforo, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático (Aiking, 2014). Estimaciones recientes asocian aprox. 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero con la producción de alimentos, así como el 70% del uso de agua dulce y la ocupación del 37% de la superficie terrestre libre de hielo (Searchinger et al., 2019).

Debido a que 1 kg de proteína animal requiere 6 kg de proteína vegetal, su producción a gran escala mediante la agricultura industrial es un factor importante de la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y el agotamiento del agua dulce. Además, la producción ganadera intensiva está asociada con la resistencia a los antibióticos y la creciente incidencia de enfermedades emergentes. Por lo tanto, una transición de dieta “invertida” de regreso a menos proteína animal podría marcar la diferencia (Aikin, 2014).

Este cambio no es solo necesario para preservar la salud ambiental (Friel et al., 2020), ya que la creciente prevalencia de los riesgos de enfermedades relacionadas con la dieta indica que la preservación de la salud humana, además de la salud ambiental, requiere la transformación del sistema alimentario (Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition, 2016). Por las razones mencionadas anteriormente, el mercado de proteína vegetal crece en todo el mundo y Colombia no es la excepción.

### **Mercado de Proteínas Vegetales en Colombia**

El segmento de alimentos "plant-based" ha experimentado un notable crecimiento continuo en el mercado, impulsado por una mayor demanda de proteínas vegetales. Esto se debe a que los consumidores buscan opciones alimentarias saludables que ofrezcan saciedad y sean sostenibles para el medio ambiente. Según Montenegro (2023), en el año 2022, el mercado de

proteínas vegetales en Colombia alcanzó los 13.5 millones de dólares, y se proyecta que en 2023 llegue a los 22.5 millones, lo que representa un incremento del 83%. Gracias a esto, empresas tradicionales como BurgerKing, Presto, Enriko y otras más recientes como Jappi y Beyond Meet han traído versiones a base de plantas de alimentos tradicionales.

También ha aumentado el mercado de suplementos de proteína veganos, normalmente de importación, los cuales se comercializan como batidos deportivos. Recientemente están surgiendo marcas locales, como Herbivore, que comercializa aislado de proteína de arveja sabor chocolate o vainilla, no solo para usos deportivos sino para suplementar la alimentación de personas veganas, vegetarianas y flexitarianas.

### **Ajonjolí como Fuente Alternativa de Proteína**

El ajonjolí (*Sesamum indicum*), perteneciente a la familia de las pedaliáceas y conocido como sésamo, es una planta nativa de la India y África. Según Elleuch et al. (2007), en la actualidad, se destaca como una de las semillas oleaginosas más empleadas en la cocina y repostería a nivel internacional, especialmente en la región de Oriente.

La semilla de ajonjolí se compone principalmente de aceite, representando más de la mitad de su peso, y otros componentes como proteínas (18%), fibra (8%), minerales (2%), entre otros. Según Moreiras et al. (2013), las grasas presentes en el ajonjolí son predominantemente insaturadas, especialmente las poliinsaturadas. Estas grasas, junto con la presencia de lecitina, contribuyen a reducir los niveles de colesterol en la sangre.

La proteína contenida en estas semillas consta de quince aminoácidos diferentes, siendo la metionina uno de los aminoácidos esenciales con una proporción significativa. Además, las semillas de sésamo son una fuente rica de fibra, lo que las convierte en un alimento beneficioso

para regular la función intestinal. También son una fuente importante de minerales como magnesio, fósforo, calcio, zinc y hierro, según Elleuch et al. (2007).

Estudios recientes indican que la proteína de sésamo es una proteína de excelente calidad (casi 80%  $\alpha$ -globulina y 20%  $\beta$ -globulina) con altos valores nutricionales y biológicos, es decir, alta utilización neta de proteínas y digestibilidad. Pero la harina de sésamo desgrasada, que contiene 60% de proteína de semilla de sésamo, tradicionalmente se ha utilizado como alimento para animales o fertilizante debido a la información limitada de sus propiedades funcionales, lo que lleva al desperdicio de recursos (Zhao et al, 2012)

### **Alimentos Funcionales**

A pesar de que se han propuesto múltiples definiciones, existe un consenso general en considerar al alimento funcional como aquel que, a pesar de tener una apariencia similar a los alimentos convencionales, se consume como parte de una dieta habitual y se sostiene que proporciona beneficios fisiológicos que van más allá de su función básica de suministrar nutrientes, contribuyendo así a la promoción de la salud y la prevención de enfermedades (Ada & Trigueros, 2016). La comprensión de los requisitos y características de los alimentos en relación con problemas de salud específicos, así como la identificación de ingredientes alimentarios específicos que contribuyen a dichos beneficios, resulta crucial en el desarrollo de alimentos funcionales (Kaur & Das, 2011).

**Tabla 1.***Diferentes definiciones de alimento funcional*

Definición	Cita
Un alimento puede considerarse funcional “si se demuestra satisfactoriamente que afecta de manera beneficiosa una o más funciones específicas del cuerpo, más allá de los efectos nutricionales adecuados”.	(Diplock et al., 1999)
Alimentos funcionales como productos que se asemejan a los alimentos tradicionales pero que poseen beneficios fisiológicos demostrados	(Shahidi, 2009)
Los alimentos funcionales deben estar dirigidos esencialmente a la mejora de la función o a la reducción del riesgo de enfermedad (a más largo plazo) para personas “sanas”, y no al tratamiento de enfermedades para personas “enfermas” que se consideran relevantes desde una perspectiva científica. La mejora funcional puede abarcar diversas áreas, entre las cuales se incluyen: (1) el crecimiento, desarrollo y diferenciación; (2) el metabolismo de sustratos; (3) la protección contra especies oxidativas reactivas; (4) el funcionamiento del sistema cardiovascular; (5) la fisiología y función gastrointestinal; y (6) el comportamiento y las funciones psicológicas.	(Weststrate et al., 2002)
Cualquier alimento o ingrediente alimentario que tenga un impacto positivo en la salud, el rendimiento físico o el estado mental de una persona además de su valor nutritivo.	(Goldberg, 1994)

***Probióticos***

La otra categoría de alimentos funcionales son los probióticos y prebióticos. Los probióticos se definen como “microorganismos vivos, ya que se consumen en cantidades adecuadas que confieren un beneficio para la salud del huésped”. Las bacterias del ácido láctico

(BAL) y las bifidobacterias, las bacterias más estudiadas y empleadas dentro del campo de los probióticos, son componentes normales del microbiota intestinal. Varias cepas de microorganismos beneficiosos se utilizan en los alimentos, lo que los convierte en probióticos por naturaleza (Kaur & Das, 2011)

### ***Prebióticos***

Los prebióticos, definidos por (Gibson y Roberfroid, 1995), son ingredientes alimentarios no digeribles como almidones, fibras dietéticas, otros azúcares no absorbibles, alcoholes de azúcar y oligosacáridos que afectan beneficiosamente al huésped al estimular el crecimiento y/o la actividad de uno o un número limitado de bacterias en el colon, lo que mejora la salud del huésped

### ***Ingredientes Funcionales a Base de Cereales***

Las fibras dietéticas insolubles de los cereales actúan como forraje y como ingrediente funcional natural. Adicionalmente, los cereales poseen componentes de fibra soluble en agua, como el  $\beta$ -glucano y el arabinoxilano, así como también oligosacáridos como los galacto- y fructo-oligosacáridos; estos componentes no solo inducen diversos efectos fisiológicos positivos, sino que también tienen la capacidad de favorecer de manera selectiva el crecimiento de lactobacilos y bifidobacterias que se encuentran en el colon, ejerciendo así un efecto prebiótico. La cebada es una fuente rica en  $\beta$ -glucano, seguida de la avena, donde el  $\beta$ -glucano es un factor activo para reducir el nivel de colesterol y el índice glucémico. Los ingredientes de  $\beta$ -glucano extraídos se han incorporado con éxito en una amplia variedad de productos alimenticios innovadores que incluyen barras nutritivas, masticables, cereales para el desayuno, bebidas, productos horneados, yogur, helado, pasta y suplementos dietéticos (Rodríguez et al., 2006).

Además de extraer los componentes de los cereales, el cereal integral procesado es en sí mismo una rica fuente de bioactivos (fitoquímicos) mínimamente explotados. Los fitoquímicos pueden funcionar como antioxidantes (protegen las células contra el daño oxidativo), antiproliferativos (interfieren con la replicación de células cancerosas indeseables) y desintoxicantes carcinógenos, desintoxicantes, hipocolesterolémicos, estimulantes de enzimas y hormonas, antibacterianos y antivirales, antiinflamatorios, ligandos a la pared celular (algunos fitoquímicos se unen físicamente a las paredes celulares humanas evitando así la adhesión de patógenos) y un inhibidor potencial de diferentes acciones que afectan el inicio y la progresión de varios procesos patógenos (Vitaglione et al., 2008).

### ***Ingredientes Funcionales a Base de Frutas y Verduras***

Las frutas y verduras son fuentes abundantes de fitoquímicos que proporcionan diversos beneficios. Entre las frutas, las bayas se destacan por ser especialmente ricas en antioxidantes. Las bayas contienen una amplia variedad de polifenoles, entre los que se encuentran flavonoides como las antocianinas, los flavonoles y las catequinas, así como ácidos fenólicos como los ácidos hidroxicinámicos, y taninos como las proantocianidinas y los elagitaninos. Estos compuestos presentes en las bayas pueden contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes y envejecimiento prematuro, además de ejercer un efecto positivo en la salud visual y la función cerebral. Se ha encontrado que, por el consumo de una mezcla especial de jugo de frutas compuesta de bayas, se produjo un aumento significativo en la capacidad antioxidante de la sangre por lo que disminuyó la actividad de la peroxidasa lipídica (Jang et al., 1997).

## **Materiales de Empaque**

El embalaje juega un papel muy importante en la vida diaria de las personas, ya que es útil en muchos campos industriales. En la industria alimentaria tienen funciones específicas como contención, protección, información y atracción para satisfacer las necesidades de los clientes. Como todos sabemos, la presentación del producto al consumidor es importante y se convierte en una estrategia de marketing donde el packaging es el protagonista. En este sentido, es importante considerar el diseño, el tipo de materiales utilizados y sus propiedades funcionales, especialmente cuando se incluye el término “sostenibilidad del empaque”. Estos incluyen la eficiencia económica, social y ambiental.

### ***Plásticos***

Los plásticos convencionales son polímeros sintéticos que se fabrican a partir de materias primas derivadas de fuentes fósiles. En el caso de los envases de alimentos, los polímeros más utilizados son el polietileno de alta densidad (HDPE) y baja densidad (LDPE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el cloruro de polivinilo (PVC) y el polietilen-tereftalato (PET). También se emplean el etilen vinil alcohol (EVOH) y las poliamidas (PA), conocidas comúnmente como nylon, en este contexto (Marsh & Bugusu, 2007).

### ***Papel y Cartón***

El material principal en aplicaciones de alimento es el papel kraft (empaque de harinas, azúcar, frutas secas y hortalizas) (Marsh y Bugusu 2007). El papel Kraft es un material de empaque ampliamente utilizado en la industria alimentaria debido a sus propiedades físicas y barrera adecuadas. Está compuesto por fibras de celulosa obtenidas de la madera mediante un proceso químico de pulpa Kraft. El papel Kraft se caracteriza por su resistencia mecánica, rigidez y capacidad de retener la humedad. En cuanto a su aplicabilidad en alimentos, el papel Kraft presenta



propiedades barrera que ayudan a proteger los productos de la luz, el oxígeno y la humedad, preservando así su frescura y calidad. Además, es un material seguro para el contacto directo con alimentos, ya que no contiene aditivos tóxicos o contaminantes. También es biodegradable y renovable, lo que lo convierte en una opción sostenible desde el punto de vista medioambiental (Alvarado, 2015).

### ***Materiales Biodegradables***

Los materiales biodegradables son aquellos que pueden descomponerse mediante la actividad de microorganismos como bacterias, hongos y algas. Algunos ejemplos de estos materiales incluyen el ácido poliláctico (PLA), los polihidroxicanoatos (PHAs), la policaprolactona (PCL), el almidón, la quitina y el quitosano (Rhim et al., 2013)

## Metodología

### Objetivo Específico 1

#### *Selección de Ingredientes*

A través de una revisión bibliográfica utilizando las bases de datos indexadas Scopus y Science Direct, así como Google Scholar, se realizó una búsqueda avanzada con las siguientes palabras claves: “Functional AND Foods”, “bioactive AND compounds AND Food”, “probiotics”, “Functional AND Fruits OR Vegetables”, “Functional AND Ingredients”, “Functional AND Food AND Trend” y estudiando las tendencias de consumo relacionadas con ingredientes funcionales, se escogen 3 ingredientes diferentes a la proteína.

Todos los ingredientes escogidos debían cumplir con la definición de ingrediente funcional según Diplock et al (1999), es decir, debía estar demostrado que el “ingrediente afectara de manera beneficiosa una o más funciones específicas del cuerpo, más allá de los efectos nutricionales adecuados”. En particular, se enfocó la búsqueda en ingredientes que favorecieran la función intestinal y mejoraran la digestión, así como ingredientes que mejoraran el sistema inmune y contribuyeran a aumentar la energía y vitalidad, ya que estas eran características que la empresa GRINSUP S.A.S. buscaba en su producto final, además de ser propiedades deseables para los consumidores (Banwo et al., 2021)

#### *Diseño Experimental*

Teniendo en cuenta que el 90% de la formulación debe corresponder al concentrado de proteína de ajonjolí, se propone un diseño experimental de mezclas tipo Simplex Lattice con 10 mezclas y 4 puntos repetidos para determinar el 10% restante de la formulación utilizando los ingredientes funcionales, por lo cuál se estableció un rango entre 0 y 10% para la concentración de cada uno de los ingredientes seleccionados, como se muestra en la Tabla 2 y de forma grafica

en la Figura 1. Las variables de respuesta fueron dispersabilidad, humectabilidad y solubilidad. Estas propiedades físicas son importantes para los productos alimenticios en polvo porque afectan la capacidad del polvo para disolverse o dispersarse en líquido. La dispersabilidad se refiere a “la capacidad de un polvo para dispersarse en agua, la humectabilidad es la capacidad de un polvo de ser penetrado por un líquido debido a las fuerzas capilares y la solubilidad es la capacidad de un polvo para disolverse en un líquido” (Fournaise et al., 2021). Estas propiedades son importantes para garantizar que el producto alimenticio en polvo se pueda mezclar fácilmente con líquido y que se disuelva o se disperse uniformemente, lo que afecta la textura y el sabor del producto final (Koç et al., 2014) y por esto fueron seleccionadas como variables de respuesta para el diseño experimental.

**Tabla 2.**

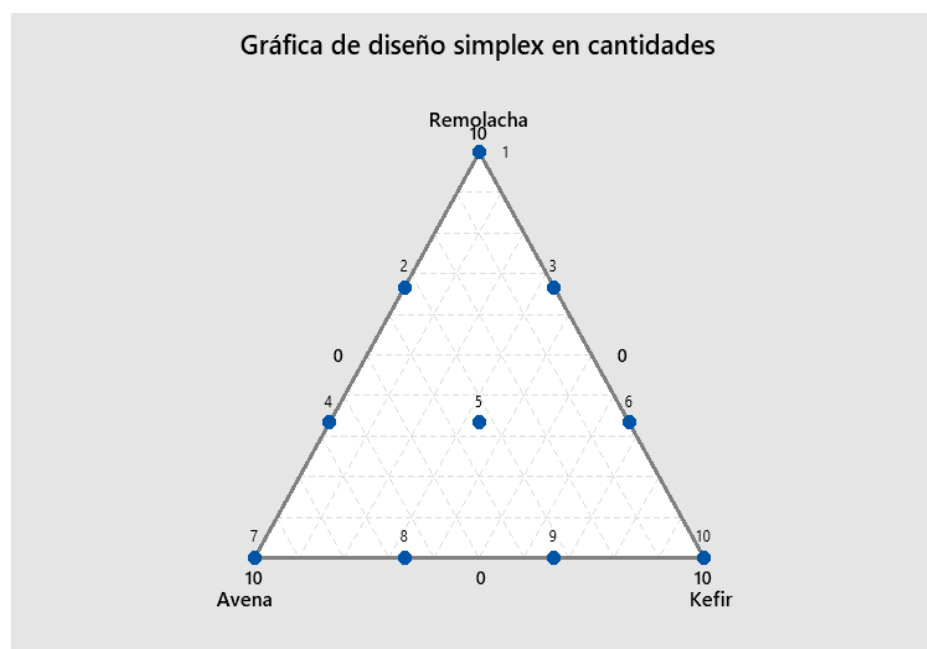
*Diseño de experimentos tipo Simplex Lattice*

Corrida	Remolacha (%)	Avena (%)	Kefir (%)
1	0,0	0,0	10,0
2	0,0	3,3	6,7
3	3,3	3,3	3,3
4	6,7	0,0	3,3
5	0,0	10,0	0,0
6	6,7	3,3	0,0
7	3,3	0,0	6,7
8	10,0	0,0	0,0
9	3,3	6,7	0,0
10	0,0	6,7	3,3

Corrida	Remolacha (%)	Avena (%)	Kefir (%)
11	10,0	0	0
12	6,7	3,3	0
13	6,7	0,0	3,3
14	3,3	6,7	0,0

**Figura 1.**

*Representación gráfica del diseño experimental.*

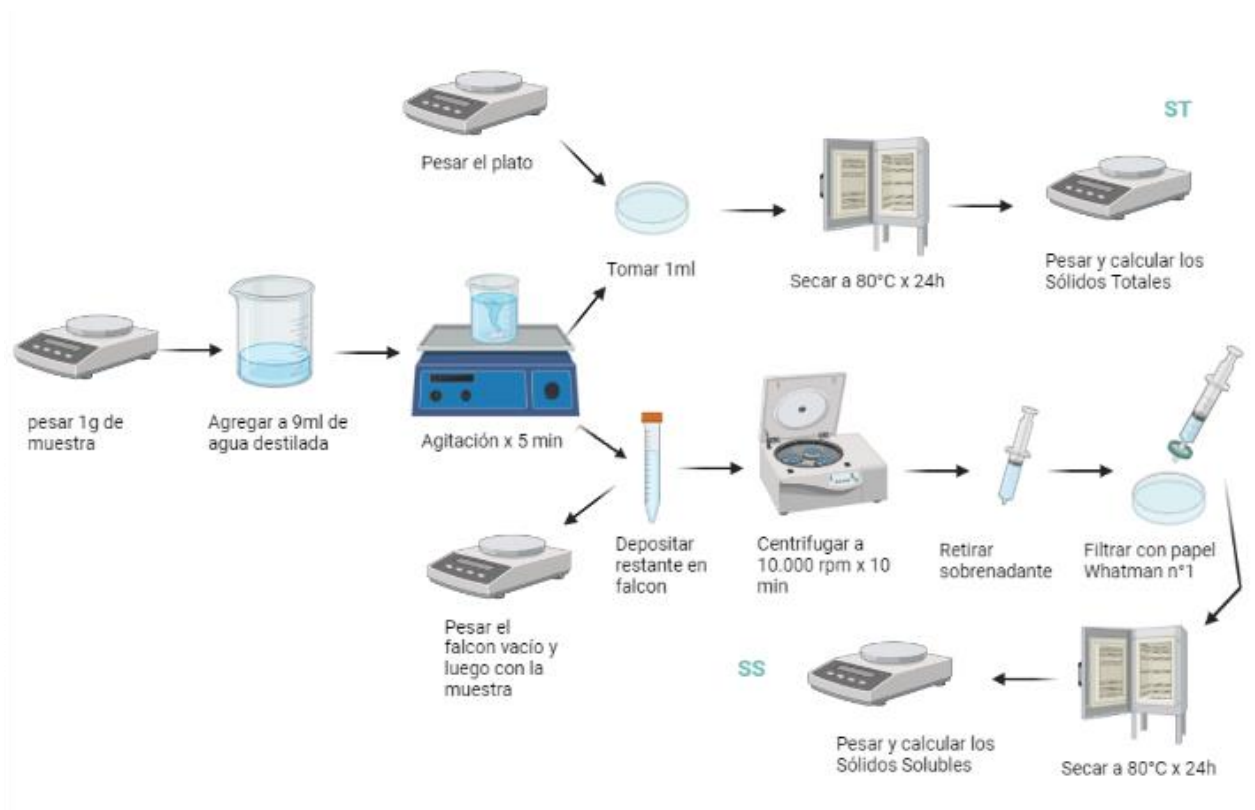


### ***Determinación de Propiedades Físicas***

Solubilidad: La solubilidad (SD) se calculó a partir de la ecuación Ec. 1 con el protocolo experimental desarrollado por Mimouni et al. (2009), y descrito en la Figura 2. Inicialmente, se cuantificó el contenido de sólidos totales (ST) adicionando 1 g de muestra a 9 mL agua destilada en un vaso de precipitado, a 20°C y bajo agitación magnética constante a 750 rpm (VELP Scientifica, Italia) durante 5 min. Se tomó una alícuota de 1 ml del rehidratado, se determinó su

peso inicial ( $m_{Rh}^1$ ) y se secó en estufa (Industrias Centricol S.A.S) a  $80^\circ\text{C}$  durante 24 h, para obtener el peso seco ( $m_{Rh}^{1s}$ ). Los sólidos totales se cuantificaron a partir del restante de la muestra rehidratada, a la cual, de igual forma se determinó su peso inicial ( $m_{Rh}^2$ ) y se centrifugó a 10.000 rpm durante 10 minutos. Todo el sobrenadante obtenido se filtró con filtro de jeringa con papel Whatman n°1, y el filtrado obtenido se secó en las mismas condiciones descritas para los ST y se determinó su peso final ( $m_{Rh}^{2fs}$ ).

$$SD = \frac{SS}{ST} = \frac{\left(\frac{m_{Rh}^{1s}}{m_{Rh}^1}\right)}{\left(\frac{m_{Rh}^{2fs}}{m_{Rh}^2}\right)} \quad \text{Ec. 1}$$

**Figura 2.***Protocolo para determinación de solubilidad*

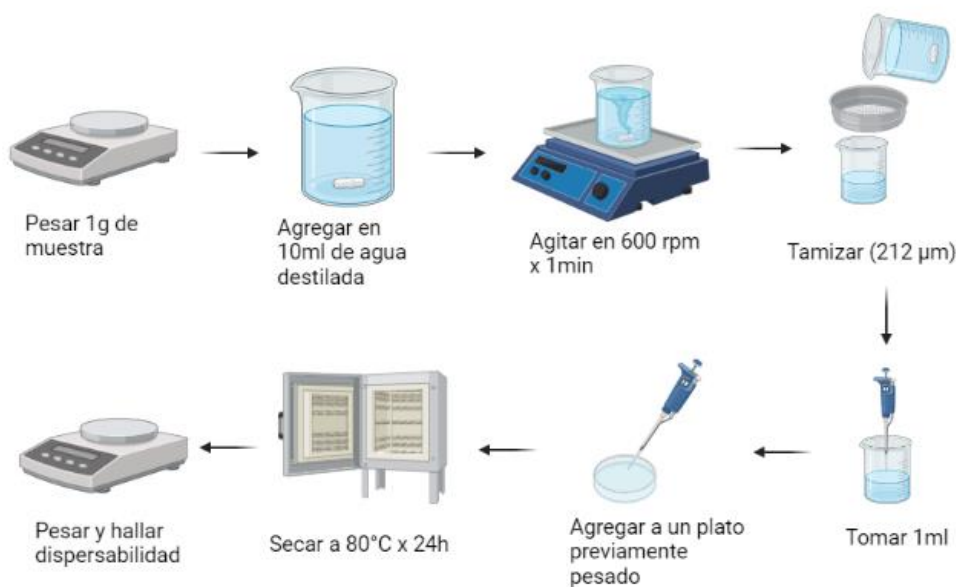
Dispersabilidad: La medida de la dispersabilidad se realizó de acuerdo con el procedimiento descrito por Jinapong et al. (2008) con algunas modificaciones (Figura 3). Agua destilada (10 ml), a  $25 \pm 1$  C, se vertió en un vaso de precipitados de 50 ml. Se añadió el polvo (1 g) en el vaso de precipitados. Se puso en marcha el cronómetro y se tomó la muestra. Se dejó bajo agitación magnética por 1 minuto a 600 rpm (VELP Scientifica, Italia). El producto reconstituido se vertió a través de un tamiz (212 micras). El producto tamizado (1 ml) se transfirió a una bandeja de aluminio pesada y se secó durante 24 h en un horno de aire caliente a 80°C. La dispersabilidad del polvo se calculó con la Ec. 2.

$$\%dispersabilidad = \frac{(10 + a) * \%TS}{a * \left(\frac{100 - b}{100}\right)} \quad \text{Ec. 2}$$

donde a = cantidad de polvo (g) que se utiliza, b = contenido de humedad en el polvo y % TS = porcentaje de materia seca en el producto reconstituido después de haber pasado a través del tamiz

### Figura 3.

*Protocolo para determinación de dispersabilidad*

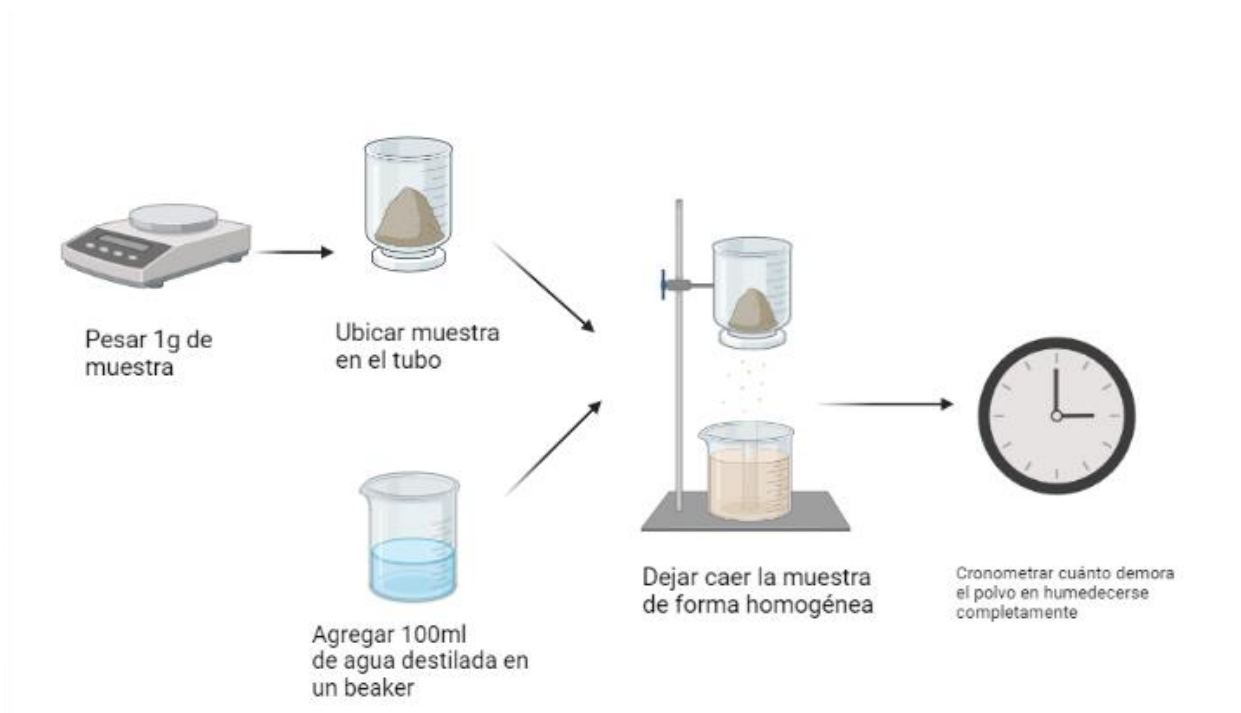


**Humectabilidad:** Se determinó la humectabilidad de la muestra de polvo siguiendo la metodología de Jinapong et al. (2008) con algunas modificaciones (Figura 4). Se vertió una cantidad de agua destilada (100 ml) a  $25 \pm 1^\circ \text{C}$  en un vaso de precipitados de 250 ml. Se colocó un embudo de vidrio sostenido sobre un soporte de anillo sobre el vaso de precipitados con una

altura entre el fondo del embudo y la superficie del agua de 10 cm. Se dispuso un tubo de ensayo dentro del embudo para bloquear la abertura inferior del embudo. La muestra de polvo (1 g) se colocó alrededor del tubo de ensayo y luego el tubo se levantó mientras el cronómetro se puso en marcha al mismo tiempo. Finalmente, se registró el tiempo para que el polvo se volviera completamente mojado (evaluado visualmente como cuando todas las partículas de polvo penetraron en la superficie del agua).

#### Figura 4.

##### *Protocolo para determinación de humectabilidad*



#### *Selección de la Formulación*

Teniendo en cuenta los resultados del diseño experimental se realizó una optimización multi objetivo con el software Statgraphic Centurion XVI. Se maximizó solubilidad y dispersabilidad y se minimizó el valor de humectabilidad simultáneamente, para obtener la mezcla con mejores propiedades físicas.



## **Objetivo Específico 2**

### ***Diseño de Pruebas Sensoriales***

Se diseñó una prueba hedónica simplificada de evaluación sensorial para ser aplicada a la formulación final obtenida, así como a un producto comercial a base de proteína de arveja (MadreTierra). En esta prueba se consideró el olor, sabor, color, textura y aceptación general para ambos productos, utilizando el escalamiento de Likert para determinar la opinión de los encuestados, con una escala del 1 al 5, siendo 1 me disgusta mucho y 5 me gusta mucho. Para esta prueba se emplearon 20 evaluadores. El formato se presentó a los evaluadores a través de un formulario de Google en línea para facilitar la calificación y recopilación de datos.

### ***Ejecución del Análisis Sensorial***

Ambas muestras se prepararon de la misma forma, adicionando 30g de producto en polvo a 250ml de leche deslactosada y posteriormente se licuaron por 2 minutos. Luego se vertieron 15ml de la bebida en vasos previamente marcados como AJ001 y AR002 dependiendo de si era proteína de ajonjolí o arveja, respectivamente.

Antes de la realización de las pruebas sensoriales, se contextualizó a todos los participantes sobre el tipo de producto y el propósito del panel; adicionalmente se les solicitó consentimiento explícito para llevar a cabo la prueba. Posteriormente se envió el enlace del formulario y se hizo entrega de los dos vasos marcados. Para mejorar la aleatoriedad de la prueba se dió libertad de escoger cuál muestra querían evaluar primero.

### ***Análisis Estadístico***

Se recolectaron y analizaron los datos utilizando Excel y software Statgraphics Centurion XVI. Para la prueba de comparación pareada se determinó media, desviación estándar, intervalos de confianza y se aplicó una hipótesis de comparación de medias para poblaciones pareadas para

determinar si existe una diferencia significativa entre las muestras. También se grafican los datos obtenidos para visualizar más claramente los resultados de la prueba.

### **Objetivo Específico 3**

#### ***Selección del Empaque.***

Con base en una revisión de la literatura y evaluando los tipos de empaques que normalmente son utilizados para productos en polvo, particularmente suplementos de proteína, se propone un empaque teniendo en cuenta su permeabilidad de gases, protección a la luz, sostenibilidad del material y carácter estético. También se considera disponibilidad de proveedores y precio.

#### ***Construcción de la Tabla Nutricional.***

Teniendo en cuenta la información reportada por la empresa GRINSUP S.A.S. sobre el contenido nutricional de la remolacha en polvo, la bases de datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2019) para la avena en polvo y tomando como referencia artículos científicos para la información nutricional del concentrado de proteína y el kefir en polvo (Essa et al, 2015; Coutinho Favilla et al., 2022), se obtuvieron los datos para la construcción de la tabla nutricional teniendo en cuenta los lineamientos de la Resolución 810 de 2021 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2021), por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano.

#### ***Diseño de Etiqueta***

Según el empaque seleccionado una propuesta inicial de diseño de empaque fue realizada teniendo en cuenta la identidad de marca de la empresa GRINSUP S.A.S., utilizando el software de diseño Adobe Illustrator. Una vez aceptado el diseño por parte de la empresa, se ultiman

detalles y se realiza un mockup del producto en el software Adobe Photoshop para realizar la presentación de producto. La etiqueta debe cumplir con los lineamientos de la Resolución 810 de 2021. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2021)

## **Resultados y Discusión**

### **Selección de Ingredientes**

Después de realizar la revisión bibliográfica se seleccionaron los granulos de kefir, la avena y remolacha como potenciales ingredientes funcionales para las formulaciones de producto. Los factores de decision para su elección se discutieron internamente en la empresa GRINSUP S.A.S. con el Comité Técnico y de Investigación y Desarrollo. Su contenido nutricional se discute en los resultados en la sección de construcción de tabla nutricional, y se presenta en las Tabla 11 y Tabla 12:

### ***Gránulos de Kéfir***

El kéfir, como alimento probiótico, ha despertado un notable interés en la industria alimentaria debido a sus potenciales beneficios para la salud. Se ha evidenciado que el kéfir posee diversas propiedades positivas, incluyendo actividades antibacterianas, antifúngicas y antitumorales, entre otros atributos saludables (Lopitz-Otsoa et al., 2006).

El kéfir es un ejemplo de coexistencia de bacterias y levaduras en un mismo ambiente, en equilibrio siendo beneficiosas unas para otras. La importancia de la relación simbiótica en el kéfir entre levaduras y bacterias parece clara, ya que ambas son necesarias para producir los componentes beneficiosos para la salud. Aunque la evidencia puede no resultar concluyente y se requiere mucha más investigación, los datos revisados constituyen una evidencia prometedora de los roles protectores que el kéfir muestra en la salud.

### ***Avena***

La avena se destaca como alimento funcional debido a su alto contenido de fibra dietaria. Las características tecnológicas funcionales de la fibra dietética, como su capacidad para retener agua y aceite, proporcionan beneficios tanto a los productos alimentarios como al organismo

humano. Su consumo contribuye a la prevención de diversas enfermedades, como el cáncer de colon, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, además de ayudar a reducir los niveles de colesterol, entre otros efectos fisiológicos favorables (Chamorro & Mamani, 2010).

La FDA (1997) sugiere que consumir tres gramos de fibra soluble a partir de avena, diariamente en una dieta baja en grasa y colesterol puede reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular.

### ***Remolacha***

En los últimos años ha habido un interés creciente en la actividad biológica de la remolacha (*Beta vulgaris*) y su utilidad como alimento funcional que promueve la salud y previene enfermedades. Como fuente de nitrato, la ingesta de remolacha puede aumentar la biodisponibilidad de óxido nítrico (NO) de forma natural y se ha convertido en una estrategia prometedora para prevenir y controlar patologías asociadas con la disponibilidad disminuida de NO en el cuerpo humano, en particular la hipertensión y la función endotelial. La remolacha también se está considerando como un tratamiento terapéutico potencial para una variedad de patologías clínicas asociadas con el estrés oxidativo y la inflamación. Sus componentes, en particular los pigmentos de betalaína, muestran una potente actividad antioxidante, antiinflamatoria y quimiopreventiva in vitro e in vivo (Clifford et al., 2015).

Como parte esencial del desarrollo del producto, en la Tabla 3 se presentan los diferentes proveedores y costo unitario por kilogramo para su posterior uso por parte del departamento financiero de la empresa GRINSUP S.A.S. en el costeo final.

**Tabla 3.***Identificación de proveedores para los ingredientes seleccionados*

Producto	Precio x 1 Kg	Proveedor
Remolacha en polvo 100% natural	116.500 COP	GRINSUP S.A.S.
Remolacha en polvo	108.500 COP	Productos Salugran Im S.A.S
Gránulos de kéfir	-	GRINSUP S.A.S.
Probióticos (bacillus coagulans)	1.450.000 x COP	Ipf S.A.S
Avena	8.990 COP	Jumbo CENCOSUD S.A.
Harina De Avena Integral	12.900 COP	MadreTierra
Harina de avena	8.800 COP	Productos Salugran Im S.A.S

**Estandarización de las Pruebas Físicas**

Con el fin de estandarizar los protocolos para la determinación de las propiedades físicas (dispersabilidad, humectabilidad y solubilidad) se realizaron seis repeticiones de cada propiedad para la remolacha y la avena, obteniendo los resultados presentados en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Resultados de pruebas físicas para la remolacha y la avena.*

Propiedades	Ingredientes	
	Remolacha	Avena
Humectabilidad (s)	12,47 ± 0,72	3,16 ± 0,26
Error	0,29	0,1
Solubilidad	0,038 ± 0,012	0,0049 ± 0,00033
Error	0,0048	0,00014
Dispersabilidad %	89,86 ± 3,19	69,56 ± 4,17
Error	1,3	1,7

Después de realizar las pruebas, se observa que la remolacha presentó mayor solubilidad y dispersabilidad que la avena, mientras que la avena tomó menos segundos en humectarse que la remolacha en polvo. Esto es normal ya que los gránulos de almidón presentes en la avena son insolubles en agua fría (Flores-Peña et al, 2020), lo cual disminuyó la solubilidad general de la harina de avena y a su vez afecta la dispersabilidad. En general se encontraron valores de solubilidad mucho menores que los reportados en la literatura, como es el caso de Flores-Peña et al (2020) quienes obtuvieron valores de 1.5% de solubilidad para la avena en polvo a 50°C. Esta diferencia se puede explicar por la temperatura, ya que al aumentar la temperatura los gránulos de almidón comienzan a absorber más agua y aumenta la solubilidad.

Además, en el protocolo que se usó en este artículo, que corresponde al sugerido por Huijbrechts et al. (2008) no se filtra el sobrenadante antes de secar, mientras que en el protocolo usado para el presente trabajo, se filtró con filtro de jeringa con papel Whatman n°1, por lo cual, solo se incluyen los sólidos solubles y no posibles partículas en suspensión que pueden afectar el cálculo de la propiedad. Esta misma situación se presentó con los valores de solubilidad

obtenidos para la remolacha, ya que otros investigadores reportan una solubilidad del 90.0% (Jain et al, 2017), pero como en el caso anterior, no se filtra el sobrenadante antes del secado.

Otra característica que puede explicar la diferencia en las propiedades físicas entre la avena y la remolacha es el contenido de humedad, ya que se ha encontrado que los polvos con menor contenido de humedad son más solubles y dispersables (Goula et al., 2007). Esto teniendo en cuenta que en la experimentación se encontró que la remolacha en polvo tenía un 2,04 % de humedad mientras que la avena tenía un 10,68%.

Finalmente, además de conocer las propiedades físicas de estos ingredientes funcionales, el propósito de la estandarización era verificar que se obtuvieran datos repetibles en ambos casos, lo cual se reflejó en errores menores al 5%. Por esta razón, se considera que hubo una correcta realización de los protocolos de laboratorio para la determinación de las tres propiedades físicas y se procedió con el diseño experimental.

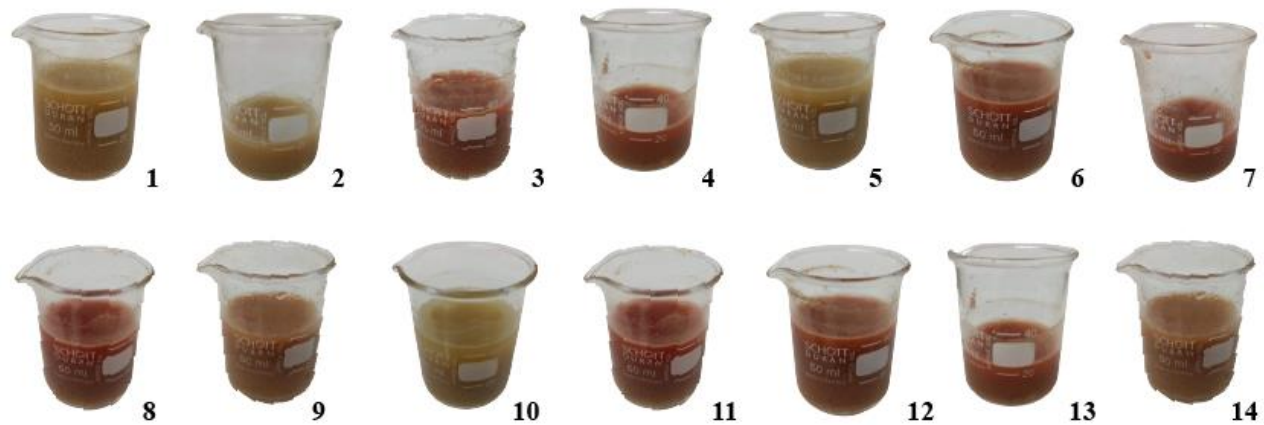
### **Diseño Experimental**

Una vez se comenzó a ejecutar el diseño experimental, se observó que las diferentes concentraciones de los ingredientes a evaluar tenían un efecto en el color del producto una vez era reconstituido en agua, como se evidencia en la Figura 5. Este cambio de color se observó principalmente en las mezclas que contenían remolacha y la intensidad del color rojo aumentó proporcionalmente con la concentración de remolacha. Para observar este cambio se reconstituyeron las mezclas en una concentración de 0,1g/ml. Es interesante notar que estos cambios en el color no se observaron tan claramente cuando las muestras se encontraban en polvo, indicando que el poder colorante de la muestra viene de compuestos solubles en agua y su interacción con la luz, específicamente de la betalinas de la remolacha.

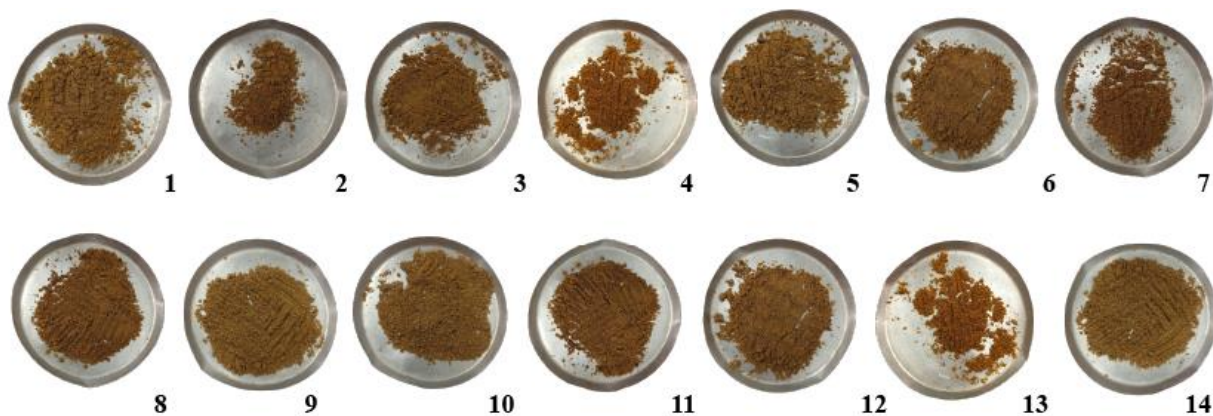


**Figura 5**

*Reconstitución de las mezclas del diseño experimental*

**Figura 6.**

*Mezclas en polvo del diseño experimental*



### **Desarrollo del Diseño Experimental**

La Tabla 5 muestra los resultados de las diferentes mezclas realizadas según el diseño experimental. Cada uno de estos valores representa el promedio de tres replicas. En la

Tabla 6 se presentan los resultados del ANOVA para las variables de respuesta. Cada una de la superficies de respuesta se ajustó al modelo que presentó el mejor valor de  $R^2$ .

**Tabla 5.**

*Resultados para las tres propiedades físicas.*

Corrida	Humectabilidad (s)	Dispersabilidad (%)	Solubilidad (%)
1	33,41	56,61	2,45
2	32,05	67,22	0,99
3	29,37	75,26	2,30
4	39,52	76,09	2,16
5	24,89	80,32	1,91
6	36,44	82,69	2,13
7	37,04	94,57	2,53
8	35,66	73,98	2,42
9	37,25	95,05	1,97
10	26,81	82,72	2,07
11	32,35	71,29	2,30
12	36,42	81,20	2,21
13	40,49	77,4	2,29
14	35,67	94,9	2,17

**Tabla 6.**

*Valor-P para el modelo de la humectabilidad, solubilidad y dispersabilidad y sus interacciones.*

Parámetros	Humectabilidad	Solubilidad	Dispersabilidad
Tipo de modelo	Cúbico especial	Cúbico	Cúbico
		p- Valor	
Modelo	0,0023	0,0054	0,0002

R	-	-	-
A	-	-	-
K	-	-	-
RA	0,0022	0,86	0,0002
RK	0,0089	0,76	0
AK	0,96	0,0027	0,0053
RAK	0,012	0,021	0,0006
RA(R-A)	-	0,64	0,0012
RK(R-K)	-	0,098	0,0001
AK(A-K)	-	0,001	0,014
R 2	91,07	97,86	99,64
R ajustado	83,42	93,046	98,82

Nota: En donde R, A y K corresponden a la remolacha, avena y kefir respectivamente.

### ***Humectabilidad***

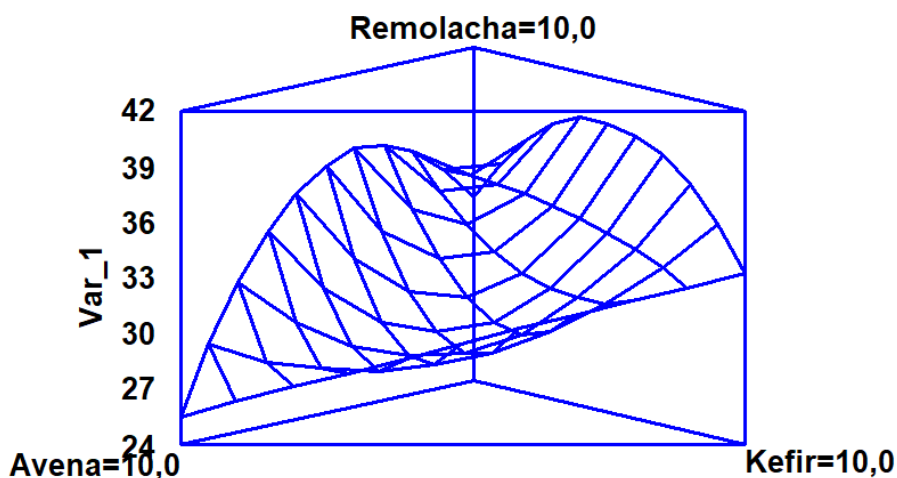
Los valores para la humectabilidad se obtuvieron en un rango entre 24,89 s y 40,49 s. Para la humectabilidad el mejor ajuste de sus variables independientes se encontró con un modelo cúbico especial, con un valor-P < 0,05, indicando que existe una variación estadísticamente significativa entre la humectabilidad y los parámetros evaluados. En este caso se encontró que las variables RA, RK y RAK presentan un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de humectabilidad con un valor-P < 0,05.

Lo anterior nos permite afirmar que la humectabilidad no depende de las contribuciones individuales de la remolacha, avena y kefir, sino de las interacciones binarias entre ingredientes con un efecto positivo, tendiendo a aumentar el valor de humectabilidad. Además, la interacción

de los tres ingredientes disminuye la humectabilidad de acuerdo con los valores de los coeficientes encontrados en la Ec. 3 ( $P < 0.05$ ). La superficie de respuesta para esta Ec. 3 se presenta en la Figura 7.

**Figura 7.**

*Superficie de respuesta para la humectabilidad*



Ecuación del modelo cúbico especial ajustado para la humectabilidad

$$\text{Humectabilidad} = 33,8274 * R + 25,4306 * A + 33,2247 * K + 30,8278 * R * A + 24,6788 * R * K + 0,463023 * A * K - 201,585 * R * A * K$$

**Ec. 3**

En donde, R= cantidad de remolacha en polvo (g), K= cantidad de kéfir en polvo (g), A=cantidad de avena en polvo (g)

### ***Dispersabilidad***

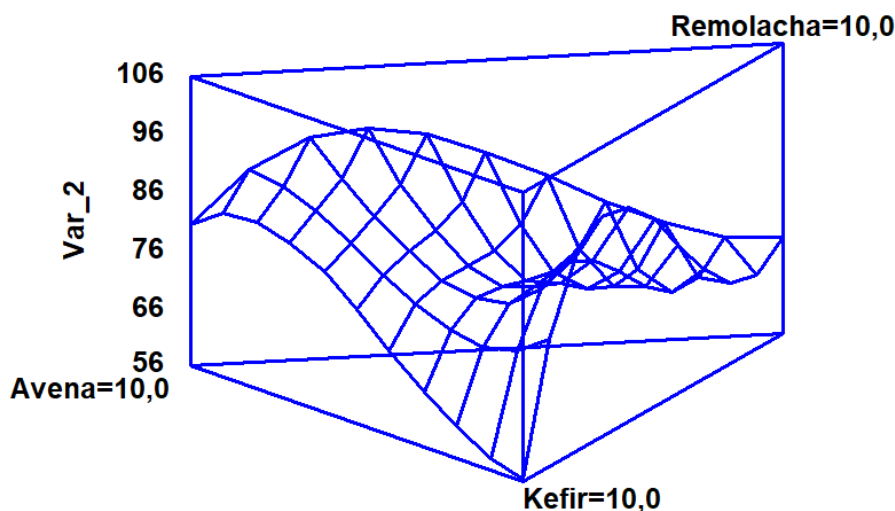
Los valores para la dispersabilidad se obtuvieron en un rango entre 56,61 y 95,05 % . Para la dispersabilidad el mejor ajuste de sus variables independientes se encontró con un modelo cúbico, con un valor- $p < 0,05$ , indicando que existe una variación estadísticamente significativa entre la dispersabilidad y los parámetros evaluados. En este caso se encontró que las

variables AK, RAK y AK(A-K) presentan un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de humectabilidad con un valor- $P < 0,05$ .

Lo anterior nos permite afirmar al igual que con la humectabilidad, que la dispersabilidad no depende de las contribuciones individuales de la remolacha, avena y kefir, sino de las interacciones binarias entre ingredientes, con un efecto positivo, a excepción de la combinación de los tres ingredientes (RAK), lo cual disminuye la dispersabilidad de acuerdo con los valores de los coeficientes encontrados en la Ec. 4 ( $P < 0.05$ ). La superficie de respuesta para esta Ec. 4 se presenta en la Figura 8.

**Figura 8**

*Superficie de respuesta estimada para la dispersabilidad*



La ecuación del modelo ajustado para la dispersabilidad

$$\begin{aligned} \text{Dispersabilidad} = & 72,635 * R + 80,32 * A + 56,61 * K + 54,1949 * R * A + \\ & 95,1379 * R * K + 29,4211 * A * K - 371,838 * R * A * K - 69,2866 * R * A * (R - A) - \\ & 154,798 * R * K * (R - K) + 49,4759 * A * K * (A - K) \end{aligned} \quad \text{Ec. 4}$$

En donde, R= cantidad de remolacha en polvo (g), K= cantidad de kéfir en polvo (g),  
A=cantidad de avena en polvo (g).

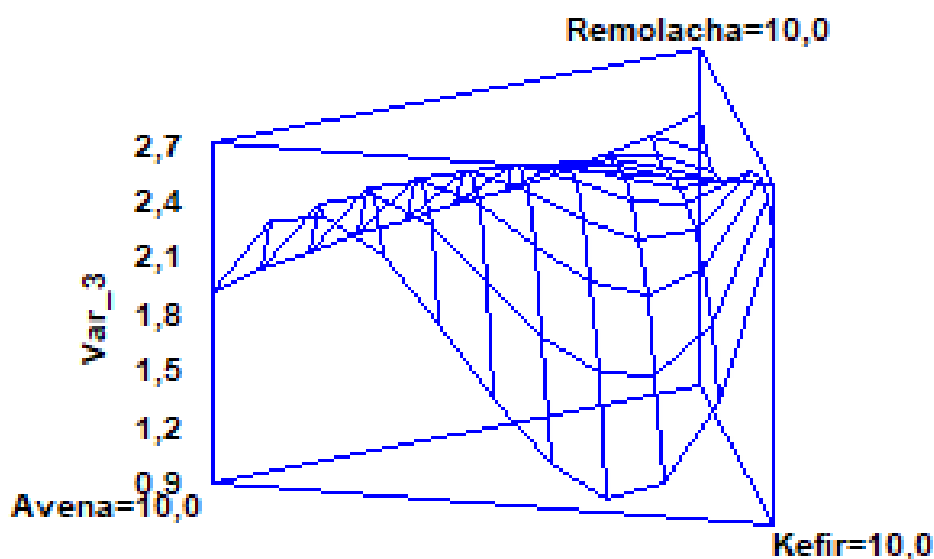
### ***Solubilidad***

Los valores para la solubilidad se obtuvieron en un rango entre 0,99 y 2,53 % . Para la solubilidad el mejor ajuste de sus variables independientes se encontró con un modelo cúbico, con un valor-P < 0,05 y un R2 mayor al 90%, indicando que existe una variación estadísticamente significativa entre la dispersabilidad y los parámetros evaluados. En este caso se encontró que las variables RA, RK, AK, RAK, RA(R-A), RK(R-K), AK(A-K) presentan un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de solubilidad con un valor-P < 0,05.

Lo anterior nos permite afirmar que la solubilidad no depende de las contribuciones individuales de la remolacha, avena y kefir, sino de las interacciones entre ingredientes, con un efecto positivo, a excepción de la combinación RA, AK, RA(R-A), RK(R-K), las cuales disminuyen la solubilidad de acuerdo con los valores de los coeficientes encontrados en la Ec. 5.

**Figura 9.**

*Superficie de respuesta estimada para la solubilidad*



La ecuación del modelo ajustado para la solubilidad

$$\begin{aligned} \text{Solubilidad} = & 2,36*R + 1,91*A + 2,45*K - 0,0678426*R*A - \\ & 0,124378*R*K - 2,93985*A*K + 11,784*R*A*K - 0,352515*R*A*(R-A) - \text{ Ec. 5} \\ & 1,8251*R*K*(R-K) + 8,4045*A*K*(A-K) \end{aligned}$$

En donde, R= cantidad de remolacha en polvo (g), K= cantidad de kéfir en polvo (g),  
A=cantidad de avena en polvo (g).

### Optimización de la Mezcla

Se realizó una optimización numérica multiobjetivo utilizando el software estadístico Statgraphics Centurion XVI. Los objetivos de optimización en este caso fueron maximizar valores de dispersabilidad y solubilidad y minimizar valores de humectabilidad. Basado en la optimización numérica, el software predijo los resultados para las tres variables de respuesta con una deseabilidad de 0,84, los cuales se presentan en la Tabla 7 .

En las condiciones óptimas, se realizó un nuevo estudio de las propiedades físicas de la formulación para validar los hallazgos. Las respuestas de los valores estimados y experimentales en condiciones óptimas de la formulación se presentan en la Tabla 8. Las respuestas observadas están de acuerdo con los valores predichos obtenidos del estudio, presentando menos del 5% de variación. Esto nos indica que el modelo obtenido es confiable y puede ser usado para predecir la solubilidad, dispersabilidad y humectabilidad de esta mezcla en diferentes formulaciones evaluadas en los rangos estudiados.

**Tabla 7.**

*Formulación de la mezcla óptima*

Factor	Óptimo
Remolacha	0,66
Avena	7,84
Kefir	1,50



**Tabla 8.**

*Comparación de valores experimentales y estimados para las propiedades físicas de la mezcla óptima.*

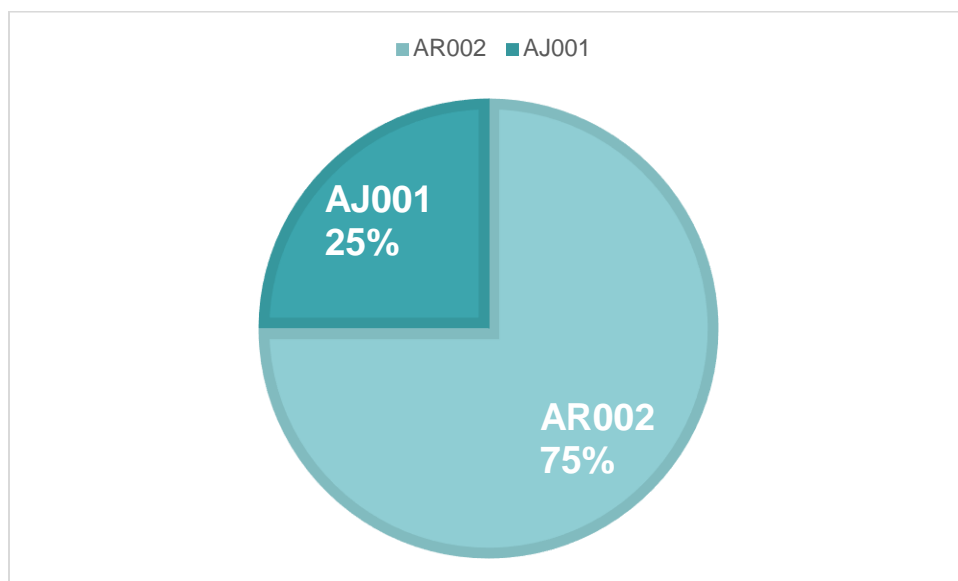
Factor	Estimado	Experimental	% Error
Humectabilidad	27,49	28,97 ± 0,73	3,81
Dispersabilidad	86,98	92,33 ± 0,54	4,10
Solubilidad	2,40	2,29 ± 0,02	3,30

### **Análisis Sensorial**

Los resultados obtenidos a través del análisis sensorial realizado a 20 encuestados fueron compilados y analizados utilizando las siguientes gráficas y figuras. La codificación para el producto a base de concentrado de proteína de ajonjolí fue AJ001 y para el producto comercial a base de proteína de arveja fue AR002.

**Figura 10.**

*Porcentaje de personas que prefieren cada una de las proteínas vegetales*

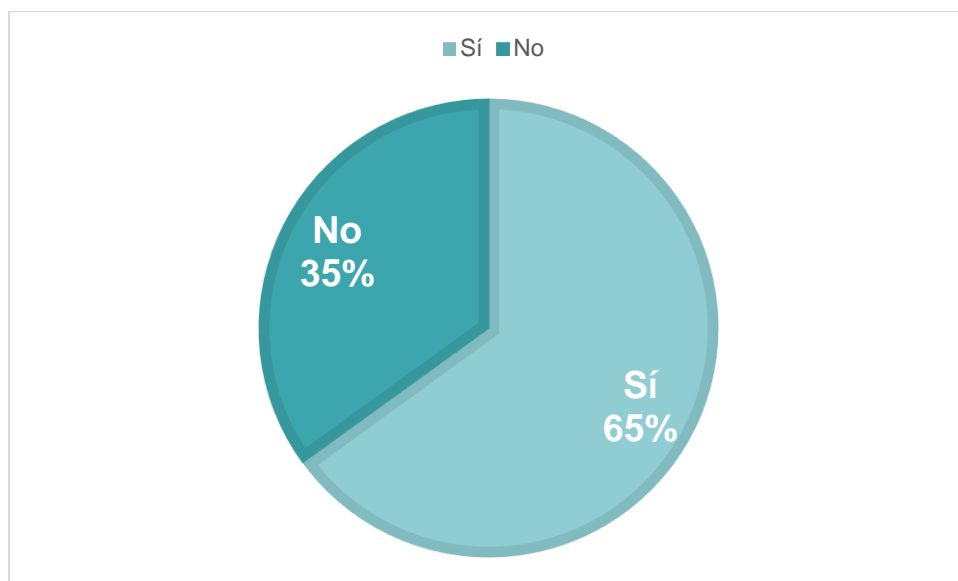


En la Figura 10 es posible observar que el 75% de los encuestados prefieren la proteína de comercial de arveja sobre la proteína de ajonjolí en desarrollo. Estos resultados eran esperados ya que la proteína de arveja es una de las proteínas veganas más consumidas en Colombia y el mundo debido a su agradable sabor y perfil completo de aminoácidos.

Adicionalmente, los participantes del panel sensorial expresaron que la proteína de ajonjolí aunque tenía olor y color agradable, presentaba un sabor ácido marcado, el cual se debe al ácido cítrico utilizado en el proceso de obtención del concentrado de proteína de ajonjolí. Esta característica fue uno de los puntos en contra para la proteína de ajonjolí

**Figura 11.**

*Encuestados que estarían dispuestos a comprar el producto a base de proteína de ajonjolí AJ001*



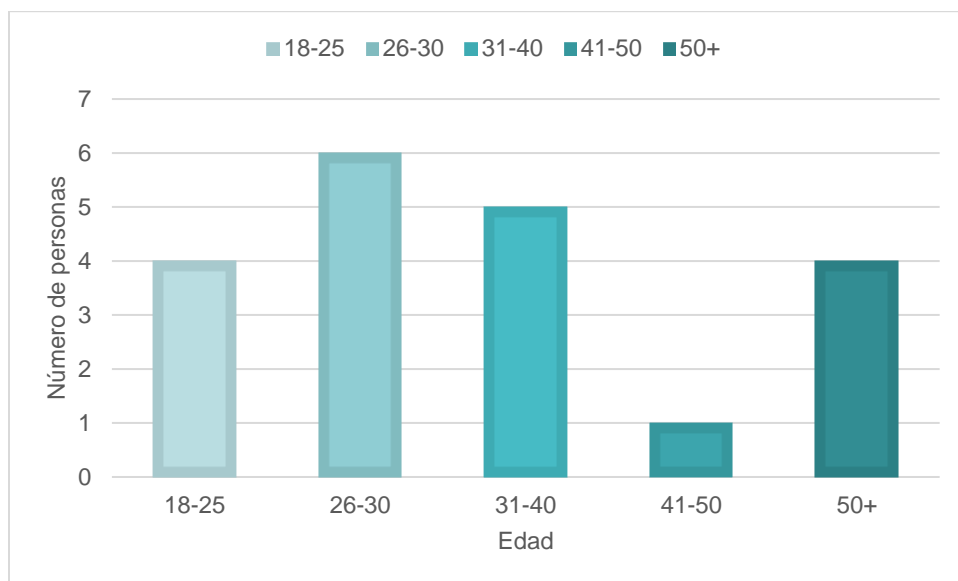
Por otro lado, en la Figura 11 se puede observar que el 65% de los encuestados estarían dispuestos a comprar la proteína a pesar del sabor ácido que presenta, debido a que les parece interesante y valioso el proceso de producción sostenible que tiene el producto y que además consideran que es importante apostarle al consumo de fuentes alternativas de proteína.

### **Información Demográfica De Los Encuestados Y Su Relación Con Los Resultados Obtenidos**

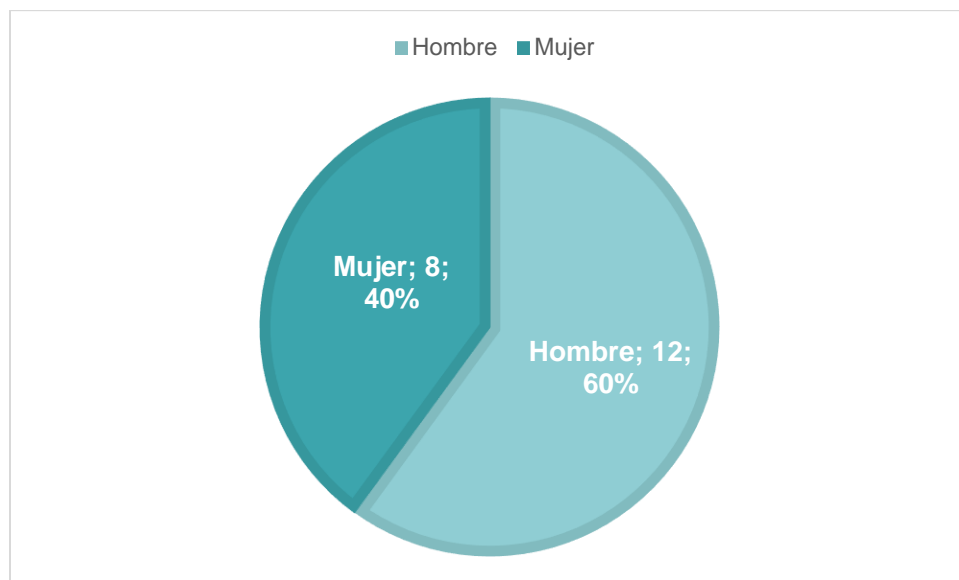
Adicionalmente se tuvieron en cuenta los datos demográficos obtenidos en el panel sensorial, con el fin de entender la influencia del género y la edad de los encuestados en la aceptación del producto o la intención de compra.

**Figura 12**

*Distribución de edad de los encuestados*

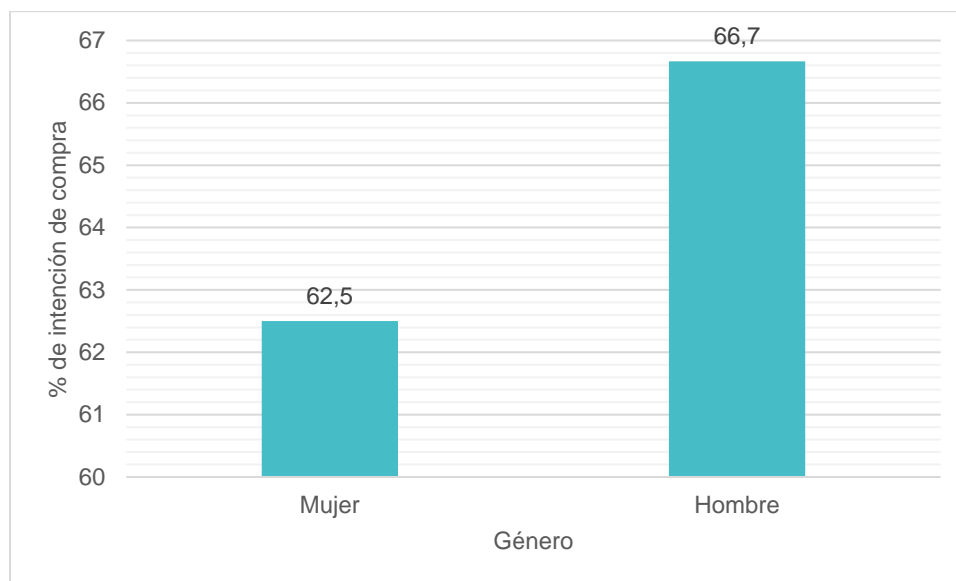
**Figura 13**

*Género de los encuestados*



**Figura 14.**

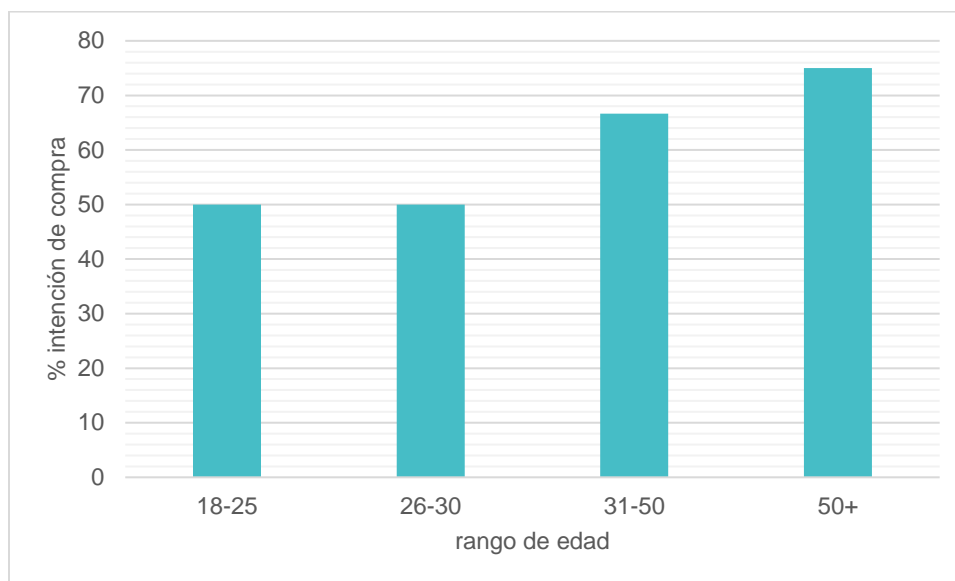
*Intención de compra según el género de los encuestados*



En la Figura 14 se observa que sin importar el género, más del 60% de los encuestados estaría dispuesto a comprar la proteína de ajonjolí. Por otro lado, estudios recientes sugieren que la edad y el género pueden influir en el comportamiento de compra de productos de origen vegetal, incluidos los suplementos de proteínas de origen vegetal (Brandner et al., 2022). En este estudio se encontró que los hombres son más propensos a beber batidos de proteínas que las mujeres, lo cual puede explicar por qué el mayor porcentaje de personas dispuestas a comprar el producto son hombres

**Figura 15.**

*Intención de compra según la edad de los encuestados*



En la Figura 15 se relaciona la intención de compra de la proteína de ajonjolí con la edad de los encuestados y el hallazgo principal es que el mayor porcentaje de intención de compra se encuentra en las personas mayores de 31 años. Este resultado tiene sentido si se interpreta a la luz de estudios en los cuales se encontró que los significados personales de las personas con respecto al manejo de la alimentación evolucionaron a través de la exposición continua a una variedad de fuentes experienciales e informativas (Falk et al, 2001) , lo cual se puede relacionar con el hecho de que las personas mayores y con más experiencia tengan mayor disposición de incluir alimentos saludables en su dieta.

**Tabla 9.***Resultados de la prueba sensorial*

Muestra	Sabor	Color	Olor	Textura	Aceptabilidad
AJ001	3,3 ± 1,0 <sup>a</sup>	3,9 ± 1,1 <sup>a</sup>	4,0 ± 0,8 <sup>a</sup>	3,8 ± 1,1 <sup>a</sup>	3,5 ± 1,1 <sup>a</sup>
AR002	3,8 ± 0,8 <sup>a</sup>	4,2 ± 0,8 <sup>a</sup>	3,4 ± 0,9 <sup>o</sup>	3,1 ± 0,8 <sup>a</sup>	3,8 ± 0,7 <sup>a</sup>

Nota: Las codificaciones AJ001 y AR002 corresponden a la proteína de ajonjolí y a la proteína de arveja comercial respectivamente. El superíndice *a* indica que las muestras no presentan diferencias significativas. El superíndice *o* indica que la muestra sí presenta diferencia significativa.

Como se puede observar en la Tabla 9, no se encontraron diferencias significativas para el sabor, color, textura y aceptabilidad entre ambas muestras, lo cual brinda información valiosa acerca de la aceptación que puede tener el nuevo producto si se lanza al mercado, teniendo en cuenta que se comparó con una de las proteínas vegetales más populares y de mejor sabor. Sí se encontraron diferencias en el olor, lo cual es perfectamente normal ya que se tratan de productos diferentes. Afortunadamente entre las dos muestras la que presentó mayor puntaje para el olor fue la de ajonjolí con una media de 4,0 ± 0,8.

**Selección de Empaque**

El proceso comenzó con una revisión bibliográfica de materiales de empaque y con una revisión de tipos de empaque usados por otras marcas comerciales de proteína (Tabla 10).

**Tabla 10.***Revisión de empaques de proteínas comerciales*

Producto	Precio (COP)	Imagen	Página web
Proteína aislada de Arveja Herbivore Protein – Naked	\$179,000		<a href="https://herbivoreprotein.co/producto/vegan-pea-protein-isolate-naked/">https://herbivoreprotein.co/producto/vegan-pea-protein-isolate-naked/</a>
Veggie Power 560gr de Savvy	\$150.000		<a href="https://www.youaresavvy.com/collections/ver-todo">https://www.youaresavvy.com/collections/ver-todo</a>



Producto	Precio (COP)	Imagen	Página web
Proteína Vegana Limpia X 3 Libras	\$104.990		<a href="https://www.mercadolibre.com.co/">https://www.mercadolibre.com.co/</a>
Proteína Aislada Arveja X1000g de Madre Tierra	\$78.900		<a href="https://madretierra.mercadoshops.com.co/">https://madretierra.mercadoshops.com.co/</a>

Las mezclas en polvo contienen ingredientes que son altamente higroscópicos y por lo tanto son sensibles a la humedad, lo que ha llevado a su envasado tradicional en laminaciones de papel/foil/polietileno de baja densidad (LDPE), así como en la combinación de PET/foil/LDPE. Sin embargo, el LDPE presenta ciertas desventajas, que incluyen susceptibilidad al agrietamiento por tensión, baja resistencia, rigidez y máxima temperatura de servicio, alta permeabilidad a los gases (particularmente con dióxido de carbono), mala resistencia a los rayos UV y alta inflamabilidad.

Por lo cual se buscan otras opciones de empaque tales como el PET, PE o BOPP. Una vez se han analizado diferentes proveedores y diferentes materiales de empaque, se sugiere usar

la Bolsas de plástico Ziplock de grado alimenticio fabricada con material Kraft/PET/PP. A continuación se describen las características de este material de empaque.

PP (polipropileno fundido no orientado): Tiene las características de buena transparencia, alto brillo, buena rigidez, buena resistencia a la humedad, excelente resistencia al calor y fácil termosellado. Los usos potenciales incluyen: envases de alimentos, envases de dulces (película retorcida), envases farmacéuticos (bolsa de infusión), entre otros (Emblem y Emblen, 2012)

PP tiene una excelente resistencia al calor. Dado que el punto de reblandecimiento del PP es de unos 140 °C, este tipo de película se puede utilizar en el llenado en caliente, bolsas autoclave, envasado aséptico y otros campos. Junto con una excelente resistencia a los ácidos, álcalis y grasas, se convierte en la primera opción para el envasado de productos de pan o materiales laminados. Es seguro en contacto con los alimentos, tiene un excelente rendimiento, no afecta el sabor de los alimentos en su interior y puede elegir diferentes grados de resina para obtener las características requeridas (Emblem y Emblen, 2012).

PET: El tereftalato de polietileno (PET) es un material plástico que ha encontrado cada vez más aplicaciones en el campo del embalaje. Es un polímero simple de cadena larga. La inercia química, junto con sus propiedades físicas, lo convierte en un material especialmente apropiado para su utilización en aplicaciones de envasado de alimentos. . Las tres principales aplicaciones de envasado del PET son como envases (botellas, tarros y tarros), lámina semirrígida para termoformado (bandejas y blisters) y películas delgadas orientadas (bolsas y envoltorios de snacks) (International Life Sciences Institute, 2000). Adicionalmente se considera seguro y aprobado para estar en contacto con alimentos.

Kraft: El papel kraft es un material naturalmente biodegradable, utilizado en una amplia gama de operaciones industriales y comerciales para embalaje y protección. Su textura natural de

aspecto "leñoso" significa que también se adapta a una amplia gama de opciones de marca, por lo cual en nuestro caso encaja a la perfección con el propósito de proyectar un producto natural, sostenible y más amigable con el medio ambiente (Emblem y Emblen, 2012).

### **Construcción de Tabla Nutricional**

Para la construcción de la tabla nutricional teórica se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando bases de datos confiables tales como la Central de Datos de Alimentos del Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos para la información nutricional de la harina de avena (USDA, 2019), artículos científicos para la información nutricional del aislado de proteína de ajonjolí y del kefir deshidratado (Essa et al, 2015; Coutinho Favilla et al., 2022) y para la remolacha se tomó la información nutricional reportada por la empresa GRINSUP S.A.S. en el empaque. Con esta información y considerando la formulación se presenta la composición de macronutrientes de los ingredientes utilizados en el desarrollo experimental en la Tabla 11

**Tabla 11.***Composición de macronutrientes de los ingredientes utilizados en el desarrollo experimental*

Ingrediente	Agua (g)	CarbH (g)	Proteína(g)	Lípidos (g)	Cenizas (g)
Remolacha	7,00	71,58	12,06	1,27	8,09
Kéfir	1,00	40,4	42,87	7,33	9,83
Proteína de Ajonjolí	7,79	4,5	92,43	0,26	2,8
Avena	8,55	65,7	14,7	9,12	1,97

Posteriormente, de acuerdo a la fracción que aportaba cada ingrediente en la formulación y teniendo en cuenta que todos los ingredientes utilizados en la formulación se encontraban deshidratados y pulverizados, se calculó el aporte total para cada nutriente tomando una base de cálculo de 100 gramos de producto, reportado en la Tabla 12.

**Tabla 12.**

*Aporte nutricional de cada ingrediente en polvo para 100g de producto de acuerdo a la formulación*

Ingrediente	Fracción	Agua	CarboH	Proteína	Lípidos	Cenizas
Remolacha	0,66	0,05	0,47	0,08	0,01	0,05
Kéfir	1,50	0,11	0,56	0,60	0,10	0,14
Proteína de Ajonjolí	90	6,30	3,77	77,37	0,22	2,34
Avena	7,84	0,55	5,24	1,17	0,73	0,16
Total	100	7,00	10,04	79,22	1,05	2,69

Una vez se encontró la composición nutricional para cada 100g de producto, se construyó la tabla nutricional teniendo en cuenta también el tamaño de la porción que es de 30g (Figura 16).

**Figura 16.**

*Tabla nutricional del producto final*

<b>Información nutricional</b>		
Tamaño por porción 3 Cucharada (30 g)		
Porciones por envase Aprox. 17		
<b>Calorías (Kcal)</b>	<b>Por 100 g</b>	<b>Por porción</b>
	<b>364</b>	<b>111</b>
Grasa total	1.1 g	00 g
<b>Grasa saturada</b>	<b>0.2 g</b>	<b>00 g</b>
<b>Grasa trans</b>	<b>0.0 mg</b>	<b>00 mg</b>
Carbohidratos totales	10 g	03 g
Fibra dietaria	0.7 g	00 g
Azúcares	0.4 g	00 g
<b>Azúcares añadidos</b>	<b>0.0 g</b>	<b>00 g</b>
Proteína	79 g	24 g
Colesterol	0.0 mg	00 mg
<b>Sodio</b>	<b>4.6 mg</b>	<b>01 mg</b>
Vitamina A	0.0 ER	00 ER
Vitamina C	0.1 mg	00 mg
Calcio	5.2 mg	02 mg
Hierro	0.4 mg	00 mg
Vitamina D	0.0 UI	00 UI
Zinc	0.3 mg	00 mg

Los datos científicos muestran que el contenido de proteína de la proteína en polvo de origen vegetal es relevante para los clientes potenciales. Las fuentes de origen vegetal dominan el suministro de proteínas, y el 43 % restante consiste en fuentes lácteas y de origen animal (Langyan et al., 2022). Los aislados y concentrados de proteínas vegetales, que a menudo contienen un 80 % o más de proteínas en peso, permiten consumir entre 10 y 20 g o más de

proteínas por ración (Hertzler et al., 2020). Sin embargo, es común que los suplementos proteicos de origen vegetal se vendan como mezclas de dos o más tipos complementarios diferentes, como proteínas de arroz y guisantes, para garantizar un perfil completo de aminoácidos. Por lo tanto, los clientes potenciales deben considerar el contenido de proteínas y el perfil de aminoácidos de la proteína en polvo de origen vegetal al tomar una decisión de compra.

Considerando lo anterior, se destaca el contenido de proteína por porción obtenido en la tabla nutricional teórica, el cual es de 24g, siendo muy similar al de proteínas comerciales tales como Herbivore que tiene 24,5g de proteína por cada serving de 30g.

Adicionalmente se observa que el producto presenta 111 Kcal por porción, lo cual es menor al producto de herbivore de proteína de arveja que contiene 124 Kcal por porción. Es posible afirmar que la tabla nutricional teórica obtenida para el producto final presenta información muy relevante para el consumidor y presenta características similares con la de otros productos disponibles en el mercado.

### ***Diseño de Empaque***

Las propuestas de diseño para la etiqueta se realizaron de acuerdo a los lineamientos dados por la empresa GRINSUP S.A.S. Estos buscaban principalmente que el empaque estuviera acorde con el concepto general del producto, evocando lo natural, lo sostenible y lo saludable; de igual forma se buscaba plasmar la identidad visual de la marca en el empaque. Los diseños propuestos se presentan en la Figura 17.

**Figura 17.**

*Diseños propuestos para el la etiqueta del producto*



Inicialmente se presentaron tres propuestas, codificadas como E01, E02, E03. Para la selección del empaque, se discutieron las diferentes opciones presentes en la Figura 17 con los miembros de la empresa GRINSUP S.A.S., quien realizaron una votación escogiendo el empaque que consideraban más atractivo y más acorde con la identidad de marca de la empresa, de las cuales la propuesta E03 fue seleccionada por la empresa por votación unánime. Una vez se tuvo la propuesta seleccionada se terminó el diseño del empaque por ambas caras (frontal y trasera), teniendo en cuenta la resolución 810 de 2021 (Figura 18 a la Figura 21).

**Figura 18.**

*Montaje frontal del empaque*



**Figura 19.**

*Montaje trasero del empaque*





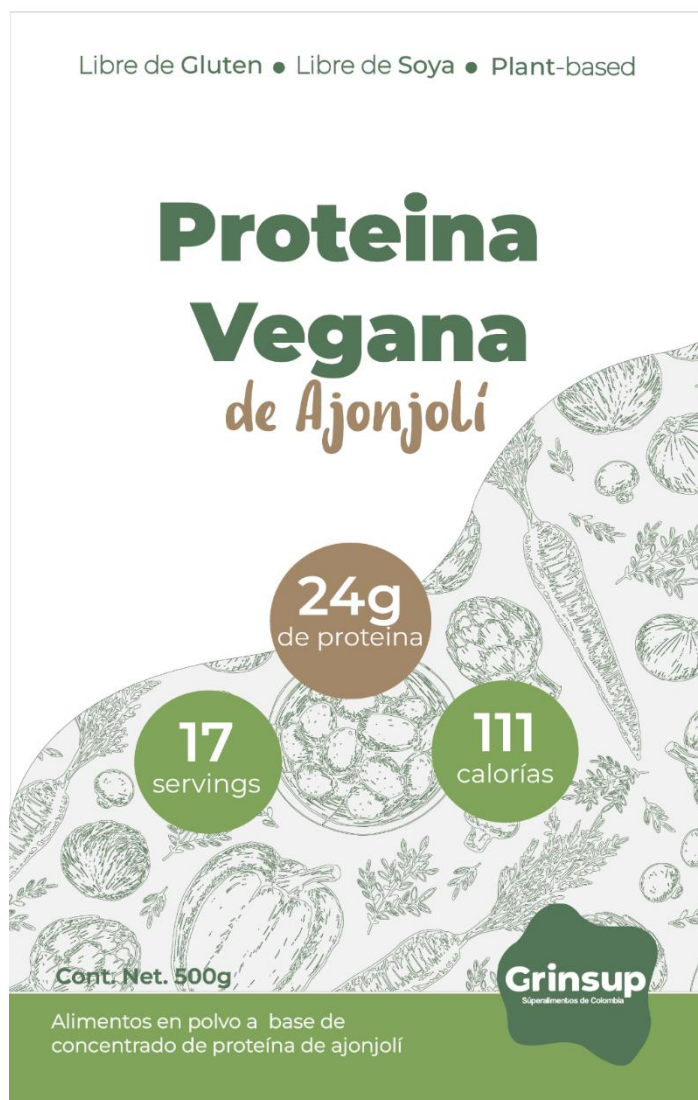
**Figura 20.***Etiqueta frontal del producto*

Figura 21.

## Etiqueta trasera del producto

Hecho en Colombia • Producción Sostenible

**Ingredientes:** concentrado de proteína de ajonjolí, avena, kefir y remolacha deshidratada.

**Con ingredientes funcionales**

Modo de uso: agrega tres cucharadas (30g) de proteína en agua, leche o tu bebida favorita, agita o licúa para obtener una bebida más homogénea. Además, lo puedes usar para enriquecer otras preparaciones como panes, muffins, tortas, galletas, bowls, entre otros.

**Grinsup**  
Superalimentos de Colombia

**Información Nutricional**

Tamaño por porción: 3 cucharadas (30 g)  
Porciones por envase: Aprox. 17

Calorías (Kcal)	Por 100 g	Por Porción
	<b>364</b>	<b>111</b>
Grasa total	1.1 g	0.0 g
<b>Grasa Sat.</b>	<b>0.2 g</b>	<b>0.0 g</b>
<b>Trans</b>	<b>0.0 mg</b>	<b>0.0 mg</b>
Carb. total	10 g	3.0 g
Fibra	0.7 g	0.0 g
Azúcares	0.4 g	0.0 g
<b>Azúcar añadido</b>	<b>0.0 g</b>	<b>0.0 g</b>
Proteína	79 g	24 g
Colesterol	0.0 mg	0.0 mg
<b>Sodio</b>	<b>4.6 mg</b>	<b>1.0 mg</b>
Vitamina A	0.0 ER	0.0 ER
Vitamina C	0.1 mg	0.0 mg
Calcio	5.2 mg	2.0 mg
Hierro	0.4 mg	0.0 mg
Vitamina D	0.0 UI	0.0 UI
Zinc	0.3 mg	0.0 mg

Panadería

Repostería

Batidos

Bowls y otras recetas

Producto apropiado para **veganos, vegetarianos, deportistas** y todas aquellas que busquen complementar su dieta con proteína más limpia y sostenible

Consérvese en un lugar fresco y seco. Una vez abierto, consumir en el menor tiempo posible

Fabricado por:  
Grinsup Súperalimentos  
de Colombia  
Calle 19a #81b-51  
Medellín, Colombia  
Teléfono: 2380793  
NSA-0010114-2021  
Vencimiento: Ver en el empaque

Finalmente la etiqueta desarrollada fue atractiva, informativa y coherente con la identidad de marca de la empresa y el mercado objetivo. El diseño de empaque holístico es crucial en la industria alimentaria, especialmente cuando es dirigida a un consumidor consciente, es decir, alguien que toma decisiones de compra en base a sus valores y creencias, teniendo en cuenta el impacto social, ambiental y económico de su consumo (White et al., 2019).

Los envases sostenibles son beneficiosos, seguros y saludables para las personas y las comunidades a lo largo de su ciclo de vida. Las opiniones de los consumidores sobre la sostenibilidad en relación con los materiales de embalaje están cambiando y están buscando embalajes respetuosos con el medio ambiente. Una comprensión granular de los segmentos de usuarios finales es fundamental, y los envases sostenibles deben abordar una amplia gama de preocupaciones, incluidos el impacto ambiental, el precio, la calidad y la marca, lo cual se consideró para el desarrollo de este empaque para la empresa GRINSUP S.A.S..

## Conclusiones

A través de este proyecto aplicado se logró definir los ingredientes y composición de una formulación en polvo a base de proteína de ajonjolí. Se seleccionaron tres ingredientes funcionales en polvo (remolacha, avena y kéfir) y se encontró la mejor mezcla a través de un diseño experimental de tipo simplex lattice, utilizando la solubilidad, humectabilidad y dispersabilidad como variables de respuesta. Al calcular las propiedades físicas para la mezcla óptima, se encontró que el modelo presentó errores menores al 5% en todos los casos, lo cual indica que el modelo obtenido es confiable y puede ser utilizado para predecir las propiedades de mezclas similares en diferentes formulaciones evaluadas en los rangos estudiados. Los resultados obtenidos en esta investigación pueden ser utilizados por la empresa GRINSUP S.A.S. para desarrollar productos de alta calidad a base de proteína de ajonjolí y mejorar su posición en el mercado.

Por otro lado, la evaluación sensorial en escala hedónica realizada para el producto en polvo a base de concentrado de proteína de ajonjolí demostró que la aceptación por parte de los consumidores es positiva en términos generales, aunque se encontraron algunas limitaciones en cuanto al sabor ácido marcado. A pesar de esto, los participantes expresaron su disposición a comprar el producto debido a su producción sostenible y el valor que representa el consumo de fuentes alternativas de proteína. Si bien es cierto que la proteína de arveja sigue siendo una de las opciones más populares entre los consumidores, el hecho de que la proteína de ajonjolí haya obtenido puntajes similares en términos de sabor, textura y aceptabilidad, brinda una oportunidad interesante para su lanzamiento al mercado. Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan información valiosa para la empresa interesada en comercializar la proteína de

ajonjolí y pueden ser utilizados para mejorar el sabor del producto y ajustar su posicionamiento en el mercado.

Finalmente, el diseño de empaque propuesto para el producto alimenticio en polvo a base de concentrado de proteína de ajonjolí cumple con todos los requisitos técnicos y de identidad de marca de la empresa GRINSUP S.A.S. Además, se tuvo en cuenta la importancia de la sostenibilidad en la industria alimentaria y se logró desarrollar un empaque que es atractivo para el consumidor consciente y respetuoso con el medio ambiente. Es importante destacar que la elección de un diseño de empaque adecuado puede ser un factor determinante en la aceptación y el éxito comercial de un producto. En este caso, se ha logrado un diseño que se alinea con las tendencias actuales de sostenibilidad y que puede generar una buena impresión en los consumidores potenciales.

## Recomendaciones

Considerando los resultados de las pruebas sensoriales y los comentarios recurrentes de los participantes evaluados en donde expresaban que percibían un sabor ácido desagradable que estaba presente solo en el producto a base de ajonjolí, se recomienda a la empresa GRINSUP S.A.S. reevaluar el método de extracción de la proteína de ajonjolí utilizada en la formulación del producto en polvo, o buscar la implementación de un protocolo posterior que permita minimizar los sabores indeseables que pueden afectar la aceptación del producto en el mercado, ya que estos sabores ácidos provienen directamente del proceso de extracción alcalina que se lleva a cabo para obtener la proteína concentrada de ajonjolí. Es importante considerar la implementación de técnicas alternativas de extracción que permitan minimizar la presencia de compuestos que puedan generar sabores indeseables. Asimismo, se sugiere llevar a cabo más investigaciones y experimentos para determinar los efectos de diferentes protocolos de extracción sobre la calidad y aceptación del producto.

Además, se recomienda enfocar esfuerzos en la educación del consumidor, ya que la proteína de ajonjolí es un ingrediente relativamente nuevo en el mercado y puede haber una falta de familiaridad con su sabor y beneficios nutricionales. Se puede hacer uso de estrategias de marketing y publicidad para educar a los consumidores sobre los beneficios y características del producto y su proceso de producción sostenible, lo cual puede aumentar la aceptación del producto en el mercado.

Por último, se sugiere que la empresa GRINSUP S.A.S. continúe con la investigación y desarrollo de productos funcionales a base de proteína de ajonjolí, ya que se trata de un ingrediente altamente nutritivo y sostenible, que puede ofrecer una alternativa valiosa a las proteínas de origen animal y vegetales más comunes en el mercado. La empresa puede

considerar la incorporación de otros ingredientes funcionales que complementen las propiedades nutricionales de la proteína de ajonjolí y aumenten su valor agregado.

## Referencias

- Ada, A. ., & Trigueros, S. (2016). “Alimentos Funcionales: Problemática y relación con la infancia.” . <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/16811/TFG-G1719.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguilar, A. (2022, 2 de noviembre) Así se reinventaron dos empresas colombianas que apostaron por la proteína vegetal. Goula. <https://goula.lat/asi-se-reinventaron-dos-empresas-colAs%C3%AD%20se%20reinventaron%20dos%20empresas%20colombianas%20que%20apostaron%20por%20la%20prote%C3%ADna%20vegetalmbianas-que-apostaron-por-la-proteina-vegetal/#:~:text=El%20mercado%20de%20prote%C3%ADna%20vegetal,millones%20de%20d%C3%B3lares%20en%202020>.
- Aiking, H. (2011). Future protein supply. *Trends in Food Science & Technology*, 22. 112-120. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422441000107X>
- Alvarado, G. (2015) El Empaque y su Influencia en la Conducta de Compra del Consumidor de la Ciudad de Quetzaltenango [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar] Repositorio Institucional URL. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/01/04/Cuellar-Glenda.pdf>
- Banwo, K., Olojede, A. O., Adesulu-Dahunsi, A. T., Verma, D. K., Thakur, M., Tripathy, S., Singh, S., Patel, A. R., Gupta, A. K., Aguilar, C. N., & Utama, G. L. (2021). Functional importance of bioactive compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends. *Food Bioscience*, 43, 101320. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101320>
- Brandner, M., Fyfe, C. L., Horgan, G. W., & Johnstone, A. M. (2022). Self-Reported Purchasing Behaviour, Sociodemographic Predictors of Plant-Based Protein Purchasing and



- Knowledge about Protein in Scotland and England. *Nutrients*, 14(21), 4706.  
<https://doi.org/10.3390/NU14214706/S1>
- Beardsworth, A., & Bryman, A. (2004). Meat consumption and meat avoidance among young people: An 11-year longitudinal study. *British Food Journal*, 106(4), 313–327.  
<https://doi.org/10.1108/00070700410529573/FULL/XML>
- Berryman C.E., Agarwal S., Lieberman H.R., Fulgoni V.L., Pasiakos S.M. (2016) Diets higher in animal and plant protein are associated with lower adiposity and do not impair kidney function in US adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, pp. 743-749.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27465374/>
- Briones, M. (2021) Informe Comercio Exterior: Aceite de Sésamo. Prosalta.  
<https://prosalta.org.ar/wp-content/uploads/2022/05/investigacion-de-mercados-aceite-de-sesamo-2021-1.pdf>
- Chamorro, R., & Mamani, E. C. (2010). Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Revista de Investigación En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1).  
[https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri\\_alimentos/article/view/813](https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_alimentos/article/view/813)
- Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., & Stevenson, E. J. (2015). The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease. *Nutrients* 2015, Vol. 7, Pages 2801-2822, 7(4), 2801–2822. <https://doi.org/10.3390/NU7042801>
- Coutinho-Favilla, A. L., Rosa-dos Santos, E., Novo-Leal, M. C., Baião, D. dos S., Flosi-Paschoalin, V. M., Lemos-Miguel, M. A., da Silva-Carneiro, C., & Rocha-Pierucci, A. P. (2022). Microbial and physicochemical properties of spray dried kefir microcapsules during storage. *LWT*, 154, 112710. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112710>

- Day, L. (2013). Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science & Technology*, 32(1), 25–42.  
<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2013.05.005>
- Diplock, AT., Aggett, PJ., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, EB., Roberfroid, MB. (1999) Scientific concepts of functional foods in Europe: Consensus document. *Brit. J. Nutr.* 81: S1-S27
- Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., & Attia, H. (2007). Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chemistry*, 103(2), 641–650.  
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2006.09.008>
- Emblem, A. y Emblem, H. (2012) *Packaging Technology: Fundamentals, Materials and Processes*. WoodHead Publishing.
- Essa, Y., Rowida, E., Rasha, K. & Hanan, G. (2015). Isolation and Characterization of Protein Isolated from Sesame Seeds (*Sesamum indicum*) Meal. *Weber Agricultural Research & Management*, 1. 160-168.  
[https://www.researchgate.net/publication/329440714\\_Isolation\\_and\\_Characterization\\_of\\_Protein\\_Isolated\\_from\\_Sesame\\_Seeds\\_Sesamum\\_indicum\\_Meal](https://www.researchgate.net/publication/329440714_Isolation_and_Characterization_of_Protein_Isolated_from_Sesame_Seeds_Sesamum_indicum_Meal)
- Falk, L.W., Sobal, J., Bisogni, C.A., Connors, M., Devine, C.M. (2001) *Managing Healthy Eating: Definitions, Classifications, and Strategies*. *Health Education & Behavior*. 28(4):425-439. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/109019810102800405>
- Flores-Peña, F. F., Lozano-Quezada, F. Y., Ramos-Martínez, A., Salgado-Delgado, R., Guerrero-Prieto, V. M., Ramírez-Mancinas, S., Bello-Pérez, L. A., & Zamudio-Flores, P. B. (2020). Caracterización fisicoquímica, reológica y funcional de harina de avena (*Avena sativa* L. cv Bachíniva) cultivada en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 8(3), 152-162. <https://doi.org/10.54167/tch.v8i3.611>

- Fournaise, T., Petit, J., & Gaiani, C. (2021). Main powder physicochemical characteristics influencing their reconstitution behavior. *Powder Technology*, 383, 65–73.  
<https://doi.org/10.1016/J.POWTEC.2021.01.056>
- Friel S., Schram A., Townsend B. (2020) The nexus between international trade, food systems, malnutrition and climate change. *Nature Food*, pp. 51-58,  
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085962590&origin=inward&txGid=23e2783360aa8882ded964fc13f8a2da>
- García, G. (2012) *Alimentos que ayudan a combatir y prevenir enfermedades*. Palibrio.  
[https://books.google.com.co/books/about/Alimentos\\_Que\\_Ayudan\\_a\\_Prevenir\\_y\\_Combatir.html?id=83fVC9M8v\\_MC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Alimentos_Que_Ayudan_a_Prevenir_y_Combatir.html?id=83fVC9M8v_MC&redir_esc=y)
- Gibson, G. y Roberfroid, M. (1995) Dietary modulation of the human colonic microflora: Introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 125: 1401-1412.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7782892/>
- Gil, A. (2005) *Tratado de nutrición. Tomo 1. Bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición*. Acción Médica. Madrid. <https://www.medicapanamericana.com/co/libro/tratado-de-nutricion-tomo-1>
- Gilland, B. (2002). World population and food supply - Can food production keep pace with population growth in the next half-century. *Food Policy*, 27. 47-63.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306919202000027>
- Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (2016). *Food systems and diets: facing the challenges of the 21st century*. London, UK.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-017-0678-y>

- Goldberg, I. (1994) *Functional Foods: Designer Foods, Pharmafoods, and Nutraceuticals*. An Aspen Publication, Chapman and Hall, London, UK. pp. 3-4
- Goula, A. M., Adamopoulos, K. G., & Kazakis, N. A. (2007). Influence of Spray Drying Conditions on Tomato Powder Properties. [Http://Dx.Doi.Org/10.1081/DRT-120038584](http://dx.doi.org/10.1081/DRT-120038584), 22(5), 1129–1151. <https://doi.org/10.1081/DRT-120038584>
- Herrán, O. F., & Zea, M. D. P. (2022). Intake of Animal Protein and Dietary Sources in the Colombian Population: Results of the National Nutrition Survey (ENSIN-2015). *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2345400>
- Hertzler, S. R., Lieblein-Boff, J. C., Weiler, M., & Allgeier, C. (2020). Plant Proteins: Assessing Their Nutritional Quality and Effects on Health and Physical Function. *Nutrients*, 12(12), 1–27. <https://doi.org/10.3390/NU12123704>
- Hoehnel, A., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2022). Targeted formulation of plant-based protein- foods: Supporting the food system’s transformation in the context of human health, environmental sustainability and consumer trends. *Trends in Food Science & Technology*, 128, 238–252. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2022.08.007>
- Huijbrechts, A. M. L., Desse, M., Budtova, T., Franssen, M. C. R., Visser, G. M., Boeriu, C. G., & Sudhölter, E. J. R. (2008). Physicochemical properties of etherified maize starches. *Carbohydrate Polymers*, 74(2), 170–184. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2008.02.001>
- International Life Sciences Institute (2000) *Report on Packaging Materials: 1. Polyethylene Terephthalate (PET) for Food Packaging Applications- ILSI Europe Packaging Material Task Force*. Belgium. [https://www.pac.gr/bcm/uploads/1-polyethylene-terephthalate-\(pet\)-for-food-packaging-applications.pdf](https://www.pac.gr/bcm/uploads/1-polyethylene-terephthalate-(pet)-for-food-packaging-applications.pdf)

- Jang, M., Cai, L., Udeani, G., Slowing, K., Thomas, C., Beecher, C. (1997) Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. *Science* 275: 218-220
- Jinapong, N., Suphantharika, M. y Jamnong, P. (2008) Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2):194-205.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877407002853?via%3Dihub>
- Kantar (2021) Who Cares, Who Does? Latam 2021. Consultora Kantar. [Informe]  
<https://www.kantar.com/latin-america/campaigns/kwp/2021/wcwg-latam>
- Kaur, S., & Das, M. (2011). Functional foods: An overview. *Food Science and Biotechnology*. 20:4, 20(4), 861–875. <https://doi.org/10.1007/S10068-011-0121-7>
- Koç, B., Sakin-Yilmazer, M., Kaymak-Ertekin, F., & BalkIr, P. (2014). Physical properties of yoghurt powder produced by spray drying. *Journal of Food Science and Technology*, 51(7), 1377. <https://doi.org/10.1007/S13197-012-0653-8>
- Krefting, J. (2017). The Appeal of Pea Protein. *Journal of Renal Nutrition*, 27(5), e31–e33.  
<https://doi.org/10.1053/j.jrn.2017.06.009>
- Langyan, S., Yadava, P., Khan, F. N., Dar, Z. A., Singh, R., & Kumar, A. (2022). Sustaining Protein Nutrition Through Plant-Based Foods. *Frontiers in Nutrition*, 8, 1237.  
<https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.772573/BIBTEX>
- Ozbay, G., Jones, M., Gadde, M., Isah, S., & Attarwala, T. (2021). Design and Operation of Effective Landfills with Minimal Effects on the Environment and Human Health. *Journal of Environmental and Public Health*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6921607>

- Ramprasad, C., Teja, H. C., Gowtham, V., & Vikas, V. (2022). Quantification of landfill gas emissions and energy production potential in Tirupati Municipal solid waste disposal site by LandGEM mathematical model. *MethodsX*, 9, 101869.  
<https://doi.org/10.1016/J.MEX.2022.101869>
- Lopitz-Otsoa, F., Rementeria, A., Elguezabal, N., & Garaizar, J. (2006). Kefir: una comunidad simbiótica de bacterias y levaduras con propiedades saludables. *Revista Iberoamericana de Micología*, 23(2), 67–74. [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(06\)70016-X](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(06)70016-X)
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007) “Food Packaging—Roles, materials and environmental issues”, *Journal of Food Science*, vol. 72, n.º 3,  
<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
- Martin, C., Lange, C., & Marette, S. (2021). Importance of additional information, as a complement to information coming from packaging, to promote meat substitutes: A case study on a sausage based on vegetable proteins. *Food Quality and Preference*, 87, 104058. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2020.104058>
- Millward, D. J., Layman, D. K., Tomé, D., & Schaafsma, G. (2008). Protein quality assessment: impact of expanding understanding of protein and amino acid needs for optimal health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(5), 1576S-1581S.  
<https://doi.org/10.1093/AJCN/87.5.1576S>
- Mimouni, A., Deeth, H. C., Whittaker, A. K., Gidley, M. J. y Bhandari, B. R. (2009) Rehydration process of milk protein concentrate powder monitored by static light scattering. *Food Hydrocolloids*, 23(7):1958-1965.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X0900023X?via%3Dihub>

Ministerio de Salud y Protección Social (2021) Resolución 810 de 2021 Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado. Bogotá D.C.: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia.

[https://minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20810de%202021.pdf](https://minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20810de%202021.pdf)

Montengro, L. (2023, 31 de marzo) Mercado plant based despunta en Colombia: crecerá más de 80% en 2023. Goula. <https://goula.lat/mercado-plant-based-despunta-en-colombia-crecera-mas-de-80-en-2023/>

Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L. y Cuadrado, C. (2013) Tablas de composición de alimentos. Ediciones pirámide.

[https://catedraalimentacioninstitucional.files.wordpress.com/2014/09/3-1-tablas\\_de\\_composicion\\_de\\_alimentos.pdf](https://catedraalimentacioninstitucional.files.wordpress.com/2014/09/3-1-tablas_de_composicion_de_alimentos.pdf)

Mullins, A. P., & Arjmandi, B. H. (2021). Health Benefits of Plant-Based Nutrition: Focus on Beans in Cardiometabolic Diseases. *Nutrients* 2021, Vol. 13, Page 519, 13(2), 519.

<https://doi.org/10.3390/NU13020519>

Pérez-Bolaños, J. (2016) Crecimiento e intercambio gaseoso del ajonjolí (*Sesamum indicum*L.), bajo la oferta ambiental del bs-T, Sucre – Colombia [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional Unal.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/58222/1003594082.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez-Bolaños, J. y Salcedo-Mendoza, J. (2018) Componentes del rendimiento en cultivares de ajonjolí *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae), en el departamento de Sucre (Colombia). .

- Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 19(2), 263-276.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v19n2/0122-8706-ccta-19-02-00263.pdf>
- Pihlanto, A., Mattila, P., Mäkinen, S., & Pajari, A. M. (2017). Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. *Food & Function*, 8(10), 3443–3458.  
<https://doi.org/10.1039/C7FO00302A>
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *American Journal of Clinical Nutrition*.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12936963/>
- Rhim, J., Park, H. y Ha, C. (2013) “Bio-nanocomposites for food packaging applications”, *Progress in Polymer Science*, vol. 38, n.º 10-11, pp. 1629–1652.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S007967001300049X>
- Rodríguez, R., Jiménez, A., Fernández-Bolaños, J., Guillénand, R., Heredia, A. (2006) Dietary fiber from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends Food Sci. Tech.* 17: 3-15 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422440500244X>
- Sapper, M., Martínez-Navarrete, N. y Camacho, M, (2015). Medida de las propiedades físicas de productos de fruta en polvo. Grupo de Investigación e Innovación Alimentaria (CUINA). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56749/SAPPER%20-%20MEDIDA%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20F%C3%93NICAS%20DE%20PRODUCTOS%20DE%20FRUTA%20EN%20POLVO.pdf?sequence=2>
- Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C. Ranganathan, J. (2019). Creating a sustainable food future: a menu of solutions to feed nearly 10 billion people by 2050: World Resources Report. [https://agritrop.cirad.fr/593176/1/WRR\\_Food\\_Full\\_Report\\_0.pdf](https://agritrop.cirad.fr/593176/1/WRR_Food_Full_Report_0.pdf)



- Shahidi, F. (2009) Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods. *Trends Food Sci. Tech.* 20: 376-387.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422440800229X>
- Stephanie, M., Martínez, P., Javier, F., José, A., & Beatriz, L. (n.d.). Semillas de Girasol, Lino, Chía y Sésamo. *Compuestos Nutricionales y su Efecto Sobre La Salud*.  
[http://escuelanutricion.fmed.uba.ar/revistani/pdf/21a/rb/911\\_c.pdf](http://escuelanutricion.fmed.uba.ar/revistani/pdf/21a/rb/911_c.pdf)
- Torres-Sánchez, E. G., Hernández-Ledesma, B., & Gutiérrez, L. F. (2021). Sacha Inchi Oil Press-cake: Physicochemical Characteristics, Food-related Applications and Biological Activity. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1900231>
- Traylor, D. A., Gorissen, S. H. M., & Phillips, S. M. (2018). Perspective: Protein Requirements and Optimal Intakes in Aging: Are We Ready to Recommend More Than the Recommended Daily Allowance? *Advances in Nutrition*, 9(3), 171–182.
- U.S. Department Of Agriculture (2019) FoodData Central, Agricultural Research Service.  
[fdc.nal.usda.gov](http://fdc.nal.usda.gov)
- Vitaglione, P., Napolitano, A., Fogliano, V. (2008) Cereal dietary fibre: A natural functional ingredient to deliver phenolics compounds into the gut. *Trends Food Sci.Tech.* 19: 451-463. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224408000447>
- Weststrate, JA., Poppel, GV., Verschuren, PM. (2002) Functional foods, trends, and future. *Brit. J. Nutr.* 88: S233-S235. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12495465/>
- White, K., Habib, R., & Hardisty, D. J. (2019). How to SHIFT consumer behaviors to be more sustainable: A literature review and guiding framework. *Journal of Marketing*, 83(3), 22–49. <https://doi.org/10.1177/00222429198>