



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Elaboración y caracterización de la harina del tronco de brócoli (*Brassica oleracea var. italica*) sometido a diferentes procesos de deshidratación.

Trabajo de Titulación para optar al título de:

Ingeniero/a en Agroindustria

Autor:

Tixi Lopez Josselyn Lizbeth

Tutor:

Ing. Paul Stalin Ricaurte Ortiz. PhD.

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Josselyn Lizbeth Tixi Lopez, con cédula de ciudadanía 065003983-7, autora del trabajo de investigación titulado: Elaboración y caracterización de la harina del tronco de brócoli (*brassica oleracea var. italica*) sometido a diferentes procesos de deshidratación, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Así mismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 16 días del mes de mayo del 2025



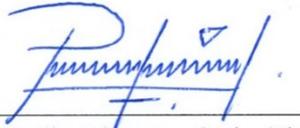
Josselyn Lizbeth Tixi Lopez

C.I:065003983-7

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Paul Stalin Ricaurte Ortiz catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Elaboración y caracterización de la harina del tronco de brócoli (*brassica oleracea var. italica*) sometido a diferentes procesos de deshidratación, bajo la autoría de Josselyn Lizbeth Tixi Lopez; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 10 días del mes de febrero del 2025.



Ing. Paul Stalin Ricaurte Ortiz. PhD.

C.I: 0601436751

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

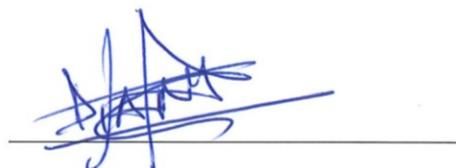
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal delegado para la evaluación del trabajo de investigación “Elaboración y caracterización de la harina del tronco de brócoli (*brassica oleracea var. italica*) sometido a diferentes procesos de deshidratación” presentado por Josselyn Lizbeth Tixi Lopez, con cédula de identidad número 065003983-7, bajo la tutoría de PhD. Paul Stalin Ricaurte Ortiz, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 16 días del mes de mayo del 2025.

Mgs. Daniel Luna Velasco
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



PhD. Diana Yáñez Sevilla
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. María Fernanda Romero Villacrés
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, Tixi Lopez Josselyn Lizbeth con CC: 0650039837, estudiante de la Carrera de Agroindustria, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría con el trabajo de investigación titulado "Elaboración y caracterización de la harina del tronco de brócoli (*brassica oleracea var. italica*) sometido a diferentes procesos de deshidratación", cumple con el 4%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio COMPILATIO, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 8 de abril del 2025

Ing. Paul Stalin Ricaurte Ortiz. PhD.

TUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por darme la fuerza, la paciencia y la sabiduría para superar cada obstáculo en este camino.

A mis padres, Manuel Tixi y Margoth López por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por ser mi mayor inspiración. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación.

A mis hermanos, y en especial a un ángel que está en el cielo Henry Tixi que hasta el día de su partida me dejó un gran ejemplo de lucha y perseverancia, por estar siempre presente con palabras de aliento y motivación, recordándome que los sueños se construyen con constancia y pasión.

A mis profesores y asesores, por compartir su conocimiento, por su guía y por impulsarme a alcanzar nuevas metas.

A todos aquellos que, de una u otra manera, han sido parte de esta etapa, les dedico este trabajo con gratitud y cariño.

Josselyn Lizbeth Tixi Lopez

AGRADECIMIENTO

Al concluir esta investigación, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, mis padres, mi familia y personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo.

Al Ing. Paul Ricaurte, por su orientación, paciencia y conocimientos compartidos, que fueron fundamentales para el desarrollo de este estudio.

A mi familia, por su amor incondicional, su paciencia y su constante apoyo durante todo este proceso. Su confianza en mí ha sido la mayor fuente de motivación para seguir adelante.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron con su conocimiento, tiempo y esfuerzo para que esta investigación fuera posible.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes.....	14
1.2 Planteamiento del Problema.....	15
1.2.1 <i>Formulación del problema</i>	17
1.3 Justificación.....	17
1.4 Objetivos	17
1.4.1 <i>General</i>	17
1.4.2 <i>Específicos</i>	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.	18
2.1 MARCO REFERENCIAL	18
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	19
2.2.1 <i>El brócoli</i>	19
2.2.2 <i>Usos del brócoli</i>	22
2.2.3 <i>Aplicaciones en la agroindustria</i>	23
2.2.4 <i>Producción nacional de brócoli</i>	24
2.2.5 <i>El secado</i>	24
2.2.6 <i>Tipos de secado</i>	25
2.2.7 <i>La harina</i>	27

2.2.8	<i>Tipos de harina</i>	27
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.		29
3.1	Tipo de Investigación.....	29
3.2	Diseño de Investigación	29
3.3	Técnicas de recolección de datos.....	30
3.3.1	<i>Materiales, equipos, reactivos y materia prima</i>	30
3.3.2	<i>Análisis proximales y fisicoquímicos</i>	30
3.3.3	<i>Análisis microbiológicos</i>	34
3.3.4	<i>Análisis sensorial</i>	35
3.3.5	<i>Proceso harina deshidratación por aire caliente</i>	36
3.3.6	<i>Descripción de los procesos de harina por aire caliente</i>	37
3.3.7	<i>Descripción de proceso de harina por deshidratación por liofilización</i>	38
3.3.8	<i>Descripción del proceso por liofilización para harina</i>	39
3.3.9	<i>Operacionalización de las variables</i>	40
3.4	Población de estudio y tamaño de muestra	42
3.4.1	<i>Lugar de la investigación</i>	42
3.4.2	<i>Población</i>	42
3.4.3	<i>Muestra</i>	42
3.5	Hipótesis.....	42
3.6	Métodos y Procesamiento de datos.....	43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		44
4.1	Resultados	44
4.1.1	<i>Análisis en la materia prima</i>	44
4.1.2	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico del producto terminado</i>	46
4.1.3	<i>Análisis económico</i>	49
4.1.4	<i>Resultados de la encuesta de aceptabilidad</i>	52
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		55
5.1	Conclusiones.....	55
5.2	Recomendaciones.....	56
BIBLIOGRAFÍA		57
ANEXOS		62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del brócoli.....	20
Tabla 2. Requerimientos básicos del cultivo	22
Tabla 3. Composición nutricional de 100 de brócoli.....	22
Tabla 4. Tipos de secado	25
Tabla 5. Ventajas y desventajas del deshidratado por aire caliente.....	26
Tabla 6. Ventajas y desventajas del deshidratado por liofilización	27
Tabla 7. Tipos de harina	28
Tabla 8. Equipos y reactivos utilizados en el análisis de las muestras.	30
Tabla 9. Requisitos físicos y químicos de la harina de trigo	31
Tabla 10. Análisis microbiológico de la harina	34
Tabla 11. Criterios de ponderación para el análisis sensorial de la harina.....	35
Tabla 12. Operacionalización de las variables de estudio.....	40
Tabla 13. Análisis físico-químico de los troncos de brócoli	44
Tabla 14. Análisis físico-químico de la harina a partir de troncos de brócoli.....	47
Tabla 15. Análisis microbiológico de la harina a partir de troncos de brócoli.....	49
Tabla 16 Costo de materia prima de los troncos de brócoli	50
Tabla 17. Costo mano de obra directa por proceso de deshidratación de Aire Caliente....	50
Tabla 18. Costo mano de obra directa por proceso de deshidratación de Liofilización. ...	50
Tabla 19. Costo de producción proceso de deshidratación por Aire Caliente.....	51
Tabla 20. Costo de producción proceso de deshidratación por Liofilización	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de florete de brócoli	21
Figura 2 Diagrama para la elaboración de la harina de tronco de brócoli por el proceso de deshidratación por Aire Caliente.	36
Figura 3 Diagrama para la elaboración de la harina de tronco de brócoli por el proceso de deshidratación por Liofilización.	38
Figura 4 Apariencia en harina mediante secado por aire caliente vs por liofilización	52
Figura 5 Aroma en harina mediante secado por aire caliente vs por liofilización	53
Figura 6 Sabor en harina mediante secado por aire caliente vs por liofilización	53
Figura 7 Textura en harina mediante secado por aire caliente vs por liofilización	53
Figura 8 Preferencia de harina por aire caliente vs por liofilización	54

RESUMEN

El cambio climático en el mundo supone un gran obstáculo para alcanzar un desarrollo sostenible, todo esto debido a la alta generación de residuos que la industrias generan, uno de los cultivos que supone este problema es el brócoli que anualmente genera aproximadamente 18,2 millones de toneladas de residuos desaprovechados que se conforman por el tallo y las hojas de la planta. Es por ello, que la investigación buscó como objetivo elaborar una harina a partir del tronco de brócoli (*brassica oleracea var. italica*) para optimizar los desperdicios como recursos factibles que permitan potenciar una economía sostenible y ayudar en el impacto que representa el problema en la provincia de Chimborazo. Para la investigación se aplicó una metodología de tipo cuantitativa-experimental, debido a que se estudió todas las variables que fueron la aplicación de dos procesos de deshidratación al tallo de la hortaliza (brócoli) para después calificar la calidad composicional de la harina del tallo del brócoli, con un análisis de laboratorio de los parámetros proximales, fisicoquímicos, microbiológicos y de factibilidad para verificar la aceptación de la harina con un panel de catadores no entrenados, en los parámetros fisicoquímicos se realizó una prueba t para muestras independiente que permitió verificar la diferencia entre los dos procesos de secado. Realizada la investigación se determinó que en la materia prima la aplicación del deshidratado por aire caliente y por liofilización solo se diferencia en la humedad, en contraste con los indicadores como la fibra, proteína, cenizas y grasas, de igual forma en las harinas obtenidas solo existió diferencias significativas en la humedad (15.67%) y proteína (8.67%) mediante el deshidratado por liofilización, también se observó que el producto terminado en los dos casos no evidenció presencia de *Aerobios mesófilos*, *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Coliformes*, la factibilidad del proyecto demostró un beneficio costo de \$1.15, es decir que por cada dólar de inversión se tiene una rentabilidad de 0.15 centavos. Finalmente, se determinó que los panelistas con un 63.3% prefirieron la harina de tallo de brócoli deshidratada por liofilización con una mayor aceptación en la apariencia, aroma, sabor y finura del grano.

Palabras claves: Liofilización, Deshidratación, Secado, Desperdicios, Brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*), Fisicoquímico, Aceptabilidad.

ABSTRACT

Climate change in the world is a major obstacle to achieving sustainable development, all due to the high generation of waste generated by industries. One of the crops that poses this problem is broccoli, which annually generates approximately 18.2 million tons of wasted waste consisting of the stem and leaves of the plant. For this reason, the objective of the research was to produce flour from broccoli stems (*brassica oleracea* var. *italica*) to optimize waste as a feasible resource to promote a sustainable economy and help reduce the impact of the problem in the province of Chimborazo. For the research, a quantitative-experimental methodology was applied, because all the variables were studied, which were the application of two dehydration processes to the stem of the vegetable (broccoli) to qualify later the compositional quality of the flour of the broccoli stem, the laboratory analysis of proximate, physicochemical, microbiological and feasibility parameters was carried out to verify the acceptance of the flour with a panel of untrained tasters. A T-test for independent samples was performed for physicochemical parameters to confirm the difference between the two drying processes. After the research, it was determined that in the raw material, the application of dehydration by hot air and freeze-drying only differed in moisture, unlike indicators such as fiber, protein, ash, and fat, similarly in the flours obtained there were only significant differences in moisture (5.67%) and protein (8.67%) by freeze-drying. It was also observed that the finished product in both cases did not show the presence of mesophilic aerobes, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and coliforms. The feasibility of the project showed a cost benefit of \$1.15, which means that for each dollar of investment, there is a profitability of 15 cents.

Finally, it was determined that 63.3% of the panelists preferred the freeze-dried broccoli stalk meal with a higher acceptance in appearance, aroma, flavor and fineness of the grain.

Key words: Freeze-drying, Dehydration, Drying, Waste, Broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*), Physicochemical, Acceptability.



MARCELA PATRICIA
GONZALEZ ROBALINO

Reviewed by

Mgs. Marcela González R.
ENGLISH PROFESSOR

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes

El brócoli (*brassica oleracea var. italica*) es una hortaliza domesticada de la especie *Brassica oleracea L.* Esta se originó en la región del Mediterráneo, su nombre hace referencia a la inflorescencia inmadura de cualquier miembro de la familia Brassicaceae, su cultivo se remonta a la cultura de los etruscos localizada en Italia en la región de la toscana como actualmente se conoce, por varios años desde las primeras décadas del siglo XX el brócoli se convirtió en un alimento preferido para el consumidor que migró desde Italia a Estados Unidos durante la segunda guerra mundial para abastecer la demanda alimenticia la cual tomó una mayor relevancia en el proceso de cultivo a nivel industrial (Das y Ghosh, 2021).

Actualmente el brócoli tiene mayor importancia en la agricultura por su demanda en el mercado, todo esto gracias a sus beneficios en la salud, de acuerdo con la Fundación Española de la Nutrición (2024) el brécol también llamado brócoli posee una elevada cantidad de fibra, minerales, potasio y vitaminas, específicamente nutrientes antioxidantes (b-carotenos y vitamina C), estos contribuyen al funcionamiento normal del sistema nervioso y de los músculos.

El brócoli es consumido principalmente en los países de Sudamérica y medio Oriente, A nivel mundial se estima una demanda per cápita de 105 kilogramos en promedio, aunque solo en China su consumo bordea los 300 kilogramos per cápita. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estableció que para el 2018 la producción de brócoli a nivel mundial fue de 25,984,760 toneladas, de las cuales, el 81% se concentra en tres países, China, China continental e India. Además, México ocupa el quinto lugar con el 2 % y Ecuador el veintitresavo puesto con 0.29% (FAO, 2018).

En el Ecuador los cultivos de brócoli son transitorios, de acuerdo con cifras del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020) entre 2017 y 2019, se siembra en promedio más de 9,000 hectáreas de esta hortaliza, consiguiendo una cosecha equivalente al 99.8% de la siembra evidenciando un gran rendimiento, con un lapso de siembra y cosecha de entre 90 a 100 días (Sánchez, 2020).

Con relación al consumo del brócoli Campas et al. (2021) mencionan que aunque toda la planta del brócoli es comestible, se generan residuos en el campo, tales como las inflorescencias, tallos y hojas, los cuales representan alrededor de un 70% del volumen total, este factor determina pérdidas e inconvenientes para los agricultores debido a que al no tener un destino específico para dichos desperdicios, la materia prima se termina descartando y en pocos casos una pequeña cantidad se utiliza para la alimentación de ganado en zonas agrícolas aledañas.

A través de la agroindustria se han implementado nuevos procesos y ayudas técnicas que permitan dar una mano al pequeño agricultor para la elaboración de nuevos productos, Quishpe et al (2023) determinan que, el brócoli es un gran alimento como producto terminado y el aprovechamiento de residuos como el tallo puede ser una alternativa para mitigar el impacto de los desperdicios agroindustriales sobre el medio ambiente.

A nivel mundial la demanda de productos naturales ha tenido un incremento potencial sobre las economías de países de primer mundo, el uso de materias primas como alternativas más saludables mediante la aplicación de procesos sostenibles han tomado más relevancia con aplicación de estudios e investigaciones para mejorar el bienestar del consumidor, Delgado (2020) analiza que los desperdicios del brócoli como el tallo es un ejemplo para la elaboración de nuevos productos en el campo alimentario y de la producción animal para una mejora de la productividad en la alimentación animal.

Es por ello que, para la investigación se utilizó los desperdicios del brócoli para elaborar un tipo de harina a partir de su tronco, con la aplicación de diferentes procesos de deshidratación, con la finalidad de ayudar a disminuir el impacto de los desperdicios sobre el medio ambiente y ofrecer un nuevo producto que tenga aplicaciones prácticas en el campo de la agroindustria en el Ecuador.

1.2 Planteamiento del Problema

El cambio climático en países en desarrollo supone el principal obstáculo para alcanzar un progreso sostenible, la generación de residuos en toda la cadena de producción es uno de los factores que atenta contra la seguridad alimentaria debido al impacto sobre el medio ambiente con un indiscriminado uso de los recursos agrícolas sin una retribución rentable y practica para mitigar la contaminación, como es el caso del brócoli ya que en el mercado solo se consume la cabeza floral y se descartan los tallos y hojas una vez cosechada (Oropesa et al, 2020).

De acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2024), a nivel mundial la producción de brócoli ha alcanzado 26 millones de toneladas anuales, lideradas por China que produce un 70% de este volumen seguida por India y los Estados Unidos, estos países aplican sistemas de alta densidad para maximizar la producción por hectárea para suplir su creciente demanda como alimento saludable y versátil. Con respecto a estos datos Campas et al. (2021) menciona que de esta producción aproximadamente un 70% (18.2 millones de toneladas) son residuos desaprovechados que se conforman por el tallo y las hojas de la planta, indicando un nulo aprovechamiento de la materia prima que trae consecuencias ambientales (gases de efecto invernadero) por su acumulación en vertederos que pueden contaminar el suelo.

En cuanto al manejo de residuos orgánicos en la mayoría de países de América enfrentan desafíos significativos debido a la intensificación de la actividad agrícola, como alternativas en países como Estados Unidos, México y Brasil se promueve la conversión agrícola que busca el aprovechamiento de los descartes de materia orgánica para la producción de biocombustibles (Díaz y Trelles, 2017).

La producción de brócoli en América estima aproximadamente 1,5 millones de toneladas al año, aunque el volumen de producción es significativamente bajo en comparación a países de medio oriente, los residuos orgánicos que no se aprovechan son de hasta 1.05 millones de toneladas y pocas regiones aplican métodos para optimizar dichos recursos, esto evidencia una clara problemática en la gestión de residuos por una mala gestión que no permite disminuir el impacto de la producción del brócoli sobre el medio ambiente (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2023).

Para el 2023 se estimó una producción total de 191,029.28 toneladas de brócoli en el territorio nacional, junto con la creciente demanda de alimentos en el mundo el gobierno ha realizado incentivos económicos para mejorar la producción y aumentar la exportaciones agrícolas desde la empresa pública y privada, cabe destacar que aunque existe ventajas económicas para los agricultores en la producción de brócoli, esto no sucede en materia de seguridad ambiental ya que no se tienen proyectos específicos que ayuden con la problemática que los desechos del cultivo dejan una vez cosechado, contando así un aproximado de 133,720.5 toneladas de residuos (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2024).

De acuerdo con datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2023) en la provincia de Chimborazo se estima que un 4.7% de la producción total de brócoli en el país corresponden aproximadamente a 9 toneladas, aunque este valor no representa una gran cantidad de materia prima comestible en comparación a la producción nacional, solo en desechos por descartes de cultivo (tallos y hojas) se tiene hasta 6.3 toneladas, estos residuos en su mayoría son desechados y una mínima cantidad se utiliza para alimentar a especies de pastoreo.

De acuerdo a los datos analizados en la problemática, la producción de brócoli presenta una gran desventaja como hortaliza en la venta final, debido a que al cosecharse la planta se le despoja del tallo y las hojas que no son apetecibles para el consumidor, este factor presenta un mayor inconveniente en las plazas de distribución como mercados minoristas y mayoristas, donde se observan los desperdicios tirados en la basura y en lugares adyacentes a la venta, es por ello que la investigación buscó como objetivo elaborar una harina a partir del tronco de brócoli (*brassica oleracea var. italica*) para optimizar los desperdicios como recursos factibles que permitan potenciar una economía sostenible y ayudar en el impacto que representa el problema en la provincia de Chimborazo.

1.2.1 Formulación del problema

¿De qué manera la elaboración y caracterización de la harina del tronco de brócoli (*brassica oleracea var italica*) sometida a diferentes procesos de deshidratación ayudará a disminuir el impacto ambiental que los desperdicios de brócoli provocan en la provincia de Chimborazo?

1.3 Justificación

El brócoli es una hortaliza muy completa en lo respecta a componentes nutricionales, como los glucosinolatos, la vitamina C y antioxidantes, estos han resultado beneficiosos para reducir enfermedades crónicas cardiovasculares, cáncer, disminución y control del colesterol por su poder de reducción de la degeneración oxidativa (Rodríguez y Silva, 2016). Al igual que el brócoli, su tallo también posee grandes beneficios en la salud y sus componentes nutricionales evidencian carbohidratos (1.8 g), proteínas (4.4 g), tiene fibra (1.8 g) y pocas grasas (0.9 g), rico en vitaminas B1, B2, B6, C, K, A, calcio, hierro (Rodríguez y Rojas, 2022).

En relación a la calidad nutricional, el tallo de brócoli posee componentes esenciales muy importantes para su consumo, es por ello que el trabajo de titulación permitió aprovechar estas características para elaborar un nuevo producto como la harina del tronco del brócoli, aprovechando los desperdicios que los productores dejan en el mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba y permitiendo la reducción del impacto sobre la contaminación que estos desechos provocan en el medio ambiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Elaborar y caracterizar harina del tronco de brócoli (*brassica oleracea var. italica*) sometido a diferentes procesos de deshidratación obtenidos del Mercado Mayorista de la Ciudad de Riobamba.

1.4.2 Específicos

- Realizar un análisis físico-químico de la materia prima (Tronco de brócoli).
- Analizar las características microbiológicas y físico-químico del producto terminado (harina), que se obtuvo mediante los procesos de deshidratación por Aire Caliente y por Liofilizado.
- Determinar la factibilidad del producto obtenido a través de indicadores, financieros (costos de producción y beneficio costo)
- Determinar la aceptación de la harina mediante un análisis organoléptico de la misma.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 MARCO REFERENCIAL

Para la investigación se realizó un análisis en fuentes científicas que indican las características del uso del brócoli y el tallo como materia prima para la producción de harina, a continuación, los estudios encontrados:

Moraflores (2014) en su estudio: Desarrollo y caracterización de la harina de tronco de brócoli (*brassica oleracea var. italica*) sometido a diferentes procesos de deshidratación, estableció que la harina obtenida fue muy versátil para la elaboración de productos agroindustriales con una aceptación de 85%, también indicó que en comparación con la harina de trigo tradicional se presentó una mayor capacidad de adsorción y una mejor cantidad de nutrientes con una humedad máxima de 7.43%, proteína 18.15%, grasas con 2.81%, cenizas 12.75%, carbohidratos 47.04% y 34.07% de fibra dietética. Finalmente evaluó los rendimientos y costo del proceso por secado por convección.

Para el proceso y fabricación de harina de subproductos del brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*) y su implementación parcial en un producto de panificación, Pérez (2014) determinó que el secado debe realizarse en bandejas a temperaturas no mayores de 60 y 70°C, también verificó la calidad de la harina con un análisis proximal y una evaluación organoléptica por medio de 30 panelistas no entrenados, obteniendo como resultado un contenido promedio de 0.73% de grasa cruda, 29.05% de fibra cruda, 18.96% de proteína cruda, 15.57% de cenizas y 27.92% extracto libre de nitrógeno, también se obtuvo hasta un 85% de aceptabilidad en el producto.

Por otra parte, Ramírez (2014) realizó la obtención y caracterización de la fibra dietética a partir del bagazo de brócoli (*Brassica olerácea var italica*), donde obtuvo una mayor eficiencia en la harina a partir del peciolo de brócoli, con una humedad (10.4%), proteína (3.88%), grasa (2.65%), ceniza (3.56%), fibra cruda (5.65%), carbohidratos (73.86%) y en el análisis fisicoquímico obtuvo un pH de 6.1 y % de acidez titulable de 0.16 (expresado en ácido cítrico), determinado que los niveles de lavado no afectan a la capacidad de solubilidad en agua de la harina y evidencian una mejora en la calidad de la harina para la producción de nuevos alimentos.

Drabińska et al. (2022) en su estudio: Valorización de subproductos del brócoli: propiedades tecnológicas, sensoriales y gustativas de la pasta de trigo duro enriquecida con polvo de hojas de brócoli, determinaron que el brócoli es una fuente rica de proteínas y minerales, con un contenido de grasa relativa con aproximadamente un 4%, esta inclusión en la elaboración de pasta representó un cambio significativo en la parte nutricional del producto final ya que los incrementa gradualmente los componentes esenciales en el alimento y valoriza su inclusión en el mercado.

Como establecen Nuñez et al. (2022) en su investigación: Fracciones ricas en fibra dietética aisladas de tallos de brócoli como posible ingrediente funcional con compuestos fenólicos y glucosinolatos, aplicando un proceso de deshidratación por liofilización en la cual la humedad alcanza hasta un 0.3%, un contenido de proteína de 5.6%, carbohidratos totales de hasta 43.9%, fibra total de 38% y un alto valor de cenizas con 12.2%, demostrando que los tallos de brócoli pueden considerarse importantes desde un punto de vista nutricional debido a la presencia de fibra, (poli)fenoles y glucosinolatos.

Con relación al valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile, Rodríguez y Rojas (2022) establecen que el brócoli presentó un bajo contenido de grasas con 0.1%, de igual forma un 1.8% de cenizas, también un 6.3% de carbohidratos y un bajo valor de proteína con 1%, estableciendo que el uso de diferentes tipos de secado afectan directamente a la calidad, mejorando el valor nutricional, concluyendo que estos excedentes son una opción de un alimento saludable en la dieta diaria y su valorización debe ser contemplada para la elaboración en otras líneas de producto.

Finalmente, con relación a los subproductos a partir del brócoli, Quishpe (2023) en su investigación “Diseño de un proceso agroindustrial para la obtención de sopas deshidratadas a partir de brócoli” estableció que, en la harina la humedad disminuye significativamente hasta un 6.1% en un proceso de deshidratación por liofilización a diferencia del secado por convección que indica un 7.9%, también destacó un ligero incremento de las propiedades en la liofilización con fibra 12.66%, cenizas 5.35% y proteína con 11.71% y una mayor acidez con 0.36. Cabe destacar que el secado por aire caliente determinó mayores valores en el contenido de grasa (2.43%), pH (5.72) y contenido de elementos libres de nitrógeno (64.46%), demostrando la incidencia del tipo de proceso de deshidratación disminuye el contenido de agua, pero concentra mejor las propiedades composicionales de la harina.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 *El brócoli*

El brócoli o conocido también por su nombre científico como (*Brassica oleracea var. italica*) es una hortaliza de invierno de la familia de las crucíferas, su nombre proviene del italiano brocco que significa rama de brazo, es decir hace referencia a los diversos brotes en la forma de Brassica Oleracea. En la actualidad se conoce dos tipos de brócoli: el italiano (*Brassica Oleracea Itálica*) que es el más común en Estados Unidos y el brócoli de cabeza (*Brassica Oleracea*) que se parece a una coliflor y es el que se cultiva en Ecuador (González et al., 2018, p. 1).

2.2.1.1 Taxonomía

En consideración con Ñacato y Valencia (2016) la clasificación taxonómica del brócoli corresponde a lo indicado en la tabla 1:

Tabla 1.

Taxonomía del brócoli

Característica	Nombre
Reino	Plante
División	Fanerógama Magnoliophyta
Clase	Dicotiledónea Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	Brassica
Especie	B.oleracea
Variedad	Italica
Nombre científico	<i>Brassica oleracea var. Italica</i>
Nombre común	Brócoli, brécoles, bróculis

Nota. Tomado de (Ñacato et al., 2016)

2.2.1.2 Morfología de la planta

De acuerdo con Ñacato y Valencia (2016) la planta de brócoli es de naturaleza herbácea, con un tallo que varía en su tamaño entre 2 a 6 centímetros y 20 a 50 centímetros de longitud, en él se presentan entrenudos cortos con un hábito de desarrollo intermedio entre la forma roseta, la parte superior del tallo es limitada por el desarrollo de la inflorescencia principal, las únicas ramificaciones presentes en el tallo son inflorescencias secundarias que se ubican en los nudos superiores. En cuanto a las hojas estas tienen entre 15 a 30 hojas grandes, cada una aproximadamente de 50 centímetros de longitud y 30 centímetros de ancho, la superficie de las hojas presenta una cutícula cerosa bastante desarrollada e impermeable.

Mientras que la inflorescencia del tipo pella es un corimbo conformado por distintas flores, las que en estado inmaduro constituyen la parte comestible del brócoli. Inicialmente es compacta y firme, pero pierde consistencia debido al crecimiento y desarrollo de los pedúnculos, maduración de las flores y separación de los floretes, sus colores varían dentro de las tonalidades del verde.

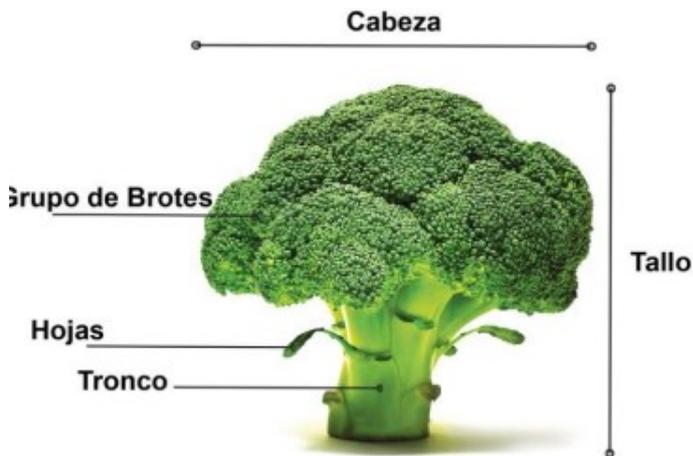
En cuanto a las flores son perfectas y actinomorfas, sus pétalos libres, en número de cuatro, son de color amarillo y están colocados en forma de cruz, características que tienen las crucíferas.

Hay que mencionar que el fruto es una silicua con más de 10 semillas dehisciente cuando madura, las semillas son redondas pequeñas con un tamaño aproximado de 2 milímetros de diámetro y de color marrón oscuro a rojizo.

Finalmente, el sistema radicular es pivotante y leñoso, la raíz primaria puede profundizar hasta 0.8 m en el perfil del suelo y normalmente se pierde durante el proceso de extracción de plantas del almácigo. Este sistema en caso de ser trasplantado en campo definitivo esta principalmente conformado por raíces adventicias secundarias, terciarias y raicillas, las que se forman en los primeros 0.4 a 0.6 metros de profundidad.

Figura 1.

Diagrama de florete de brócoli



Nota. Tomado de (González et al.,2018)

2.2.1.3 Requerimientos básicos del cultivo

El brócoli es una planta mesofítica, es decir que prefiere condiciones ambientales moderadas especialmente en lo relacionado a la humedad por lo tanto requiere de acondicionamientos de temperatura, disponibilidad de agua y luminosidad, a continuación, se deriven los requerimientos básicos que se deben de cumplir para su normal desarrollo (Toledo, 2004, p. 10).

En la tabla 2 se indican los requerimientos básicos del cultivo.

2.2.1.4 Propiedades nutricionales

De acuerdo con Zamora (2016) el brócoli contiene diversidad de nutrientes dentro de los cuales se encuentran los indicados en la tabla 3.

Tabla 2.*Requerimientos básicos del cultivo*

Factores	Descripción
Agua	Disponer permanentemente de agua de buena calidad para la obtención de máximos rendimientos.
Suelo	Suelos fértiles, de textura media, profundos y con buen drenaje
Temperatura	El rango óptimo de temperatura para su crecimiento y desarrollo es de 14°C y 18°C. Se conoce que el límite inferior de temperatura para su crecimiento está alrededor de los 5°C en tanto que por encima de 24°C la calidad del producto se observa seriamente afectada debido a la pérdida de compactación de cabeza por el crecimiento y separación de los floretes.
Luz	La inducción y diferenciación flora y formación de la cabeza ocurren independientemente de la duración del día o fotoperiodo. El exceso de luminosidad puede constituir un factor limitante para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo, por el hecho que comúnmente esta situación está relacionada con altas temperaturas.

Nota. Tomado de (Toledo, 2004).

Tabla 3.*Composición nutricional de 100 de brócoli*

Nutrientes	Valor
Agua (%)	91
Energía (kcal)	28
Proteína	3.0
Grasa (g)	0.4
Carbohidrato (g)	5.2
Fibra (g)	1.1
Ca (mg)	48
P (mg)	66
Fe (mg)	0.9
Na (mg)	27
K (mg)	325
Vitamina A (UI)	1542
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.12
Niacina (mg)	0.64
Ácido ascórbico (mg)	93.2
Vitamina B6 (mg)	0.16

Nota. Tomado de (Zamora, 2016).

2.2.2 Usos del brócoli

En la actualidad, algunos vegetales de la familia de las Brassicas cuentan con propiedad antifúngicas para la prevención o control de distintos microorganismos en cultivos de importancia económica, mediante una investigación se verificó que el efecto antifúngico del jugo de brócoli mediante la severidad e incidencia del daño sobre la calidad post-cosecha en hojas de arúgula fue efectiva (Flores et al., 2014)

Por otra parte, García et al. (2012) demostraron que el polvo de brócoli puede ser utilizado en la fabricación de productos alimentarios como por ejemplo un requesón que contenía el 2% de polvo vegetal de brócoli que se añadió después de la separación del cuajo y suero. Además, se elaboró productos de panadería que contenían el 2% al 2.5 % de polvo de brócoli añadido con el resto de ingredientes antes del horneado. Además, el uso de subproductos del brócoli, como las hojas y tallos que son ricos en compuestos bioactivos, incluyendo compuestos de nitrógeno-azufre glucosinolatos e isotiocianatos) y compuestos fenólicos (clorogénico y derivados de ácido sinápico, y flavonoides), así como nutrientes esenciales como los minerales y vitaminas. Dichas características pueden ser aprovechadas por medio de la creación y producción de nuevos productos funcionales como las harinas (Gutierrez, 2016).

Mediante un estudio realizado por González et al. (2012) se determinó que las harinas de brócoli contenían una cantidad significativa de aminoácidos y ácidos grasos que cuentan con el potencial necesario para ser utilizados como complementos alimenticios naturales en presentaciones como cápsulas, tabletas o polvo, así también como materia prima para la extracción de compuestos quimiopreventivos.

2.2.3 Aplicaciones en la agroindustria

Como mencionan Varquez et al. (2020) el brócoli en la actualidad tiene distintas aplicaciones en la agroindustria, más allá del consumo directo como verdura, dentro de las cuales se encuentra el procesamiento de productos congelados que consiste en conservar a largo plazo por medio de un proceso de lavado, cortado y blanqueado, lo que facilita su comercialización en mercados en todas las épocas del año. Además, se utiliza para la producción de jugos o extractos con la finalidad de conseguir bebidas saludables, suplementos alimenticios o líquidos nutricionales, debido a su alto contenido de minerales, vitaminas y antioxidantes.

El brócoli también es utilizado como ingrediente en la producción de sopas, salsas, purés o productos de alimentación procesada, su sabor y características nutricionales lo hacen adecuado para incorporar en productos comercializados.

Esta verdura en su forma de polvo o extracto concentrado sirve para la elaboración de alimentos funcionales como galletas, cereales, batidos y suplementos.

Las partes del brócoli como son los tallos o las hojas se utilizan para producir fertilizantes orgánicos, estos subproductos son ricos en nutrientes y pueden mejorar la calidad del suelo mientras promueven el crecimiento de las plantas.

Indagaciones recientes han demostrado la posibilidad de utilizar los extractos del brócoli como biopesticidas naturales. Los compuestos como los glucosinolatos tienen propiedades que a largo plazo pueden ayudar a proteger las plantas de plagas y enfermedades de manera más natural.

El brócoli contiene una fuente importante de aceite en su semilla que es utilizado en la producción de cosméticos gracias a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias lo que lo hace atractivo en la formulación de productos para el cuidado de la piel como cremas, lociones o simplemente en presentación de aceite natural.

Finalmente, existen indagaciones en las cuales se señala que los residuos agrícolas como los restos del brócoli son aprovechados para producir biogas mediante procesos de gestión anaeróbica en países de primer mundo. Este avance contribuye a la generación de energía renovable y una mejor gestión de residuos agroindustriales en estos países.

2.2.4 Producción nacional de brócoli

La producción del brócoli en el Ecuador comenzó en el año 1990 y desde ese momento ha demostrado un constante crecimiento hasta transformarse en el principal exportador de brócoli en Sudamérica, las provincias en las cuales se despliegan estos cultivos son: Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Imbabura y Pichincha.

El último dato oficial registrado señala que para el año 2017 hasta el 2019 se sembraron en promedio más de 9,000 hectáreas de brócoli en el país consiguiendo una cosecha equivalente al 99.8% de la siembra. La producción de esta hortaliza forma parte de la matriz productiva del país con el objetivo de implementar progresivamente últimas tecnologías que contribuyan y faciliten al sector agrícola en la producción de esta verdura (Sanchez et al., 2020).

A nivel micro, la provincia de Cotopaxi produce el 90% de brocoli en todo el país, a penas el 4.7% le corresponde a Chimborazo y el 2.6% a Tungurahua, a continuación le siguen las provincias de Imbabura, Pichincha, Azuay, Cañar y Loja. Cañar empezó a producir brócoli en el 2015 y dejó de hacerlo en 2016, mientras que Loja inicia esta producción en 2018 con 28.09 toneladas métricas llegando a 2019 con 61.95 TM. Tungurahua tiene producción continua, sin embargo, las variaciones anuales son atípicas, entre 2016 y 2017 por ejemplo, pasa de producir 1,700 TM a producir 392 TM, crecimiento de más del mil por ciento, mientras que entre 2018 y 2019 la producción disminuye 95%.

2.2.5 El secado

Desde el punto de vista de Ortega et al. (2021) el secado de alimentos es considerado un método de conservación que consiste en extraer el agua de estos, lo que inhibe la proliferación de microorganismos y dificulta la putrefacción. En la actualidad, es un proceso de gran relevancia en la cadena de producción de alimentos ya que el contenido de humedad es sin duda la característica más importante para determinar si los alimentos se encuentran en riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento.

Por otra parte, Hincanpié et al. (2010) señala que el secado de los alimentos es uno de los métodos más antiguos para deshidratar alimentos, el cual involucra de manera concurrente la transferencia de materia y energía. La transmisión de materia se considera como la transición física del agua del estado líquido al de vapor, en donde la transferencia de masa tiene lugar cuando existe un declive de concentración o de presión. Los alimentos secos y deshidratados son más concentrados que cualquier otra forma de productos alimenticios preservados.

2.2.6 Tipos de secado

Robles (2018) determina la clasificación del secado directo como el indirecto, además de las aplicaciones:

Tabla 4.

Tipos de secado

	Tipo	Aplicaciones
Directos	Secado de horno	Para lúpulo y malta, rodajas de frutas
	Secado de cabina	Para frutas y vegetales
	Bandejas de compartimiento	Trabajos a escala planta piloto
	Secador de túnel	Para frutas y hortalizas troceadas
	Secador de cinta continua	Para sólidos granulares
	Secador de tolva	“Acabado” de productos secado en otras clases de secadores desde humedades de 15% hasta 3%
	Secado de leche fluidizado	Es aplicado tanto es escala comercial como experimental, para sólidos granulares y troceados
	Secado neumático	Para productos sólidos y equipo secundario en la preparación de leche y productos del secado por atomización
	Secado rotatorio	Aplicaciones ilimitadas con productos alimentarios, por ejemplo, tratamiento de semillas
	Secado por atomización	Para soluciones como leche, derivados de huevo, extractos de levadura, productos farmacéuticos
Indirectos	Secador de tambor (de película y de rodillos)	Para sustancias en forma líquida o puré
	Secado al vacío y cámara de calefacción	Para productos muy sensibles al calor como jugos de frutas concentrados
	Secador continuo por infrarrojo	Para pastas de pan, almidones, especias.
	Calefacción con microondas y dieléctrica	Secador de poca aplicación por ser antieconómico
	Secado por congelación	Alimentos sensibles al calor y fármacos

Nota. Tomado de (Robles, 2018).

2.2.6.1 Deshidratación por aire caliente

La deshidratación por aire caliente es considerada una técnica que por medio del calor se elimina el agua que tienen ciertos alimentos por medio de la evaporación, lo que impide el crecimiento de algunas bacterias que pueden vivir en estos ambientes. En el secado de frutas, vegetales y hortalizas mediante el empleo del aire caliente a altas temperaturas se afectan las propiedades sensoriales del producto y su valor nutricional. La cinética del proceso de secado utilizando aire caliente depende tanto de la geometría y espesor del producto como de las propiedades del aire de secado, como son la humedad relativa ambiental, temperatura y velocidad del flujo de aire, por lo que para la deshidratación de frutas por este método se recomienda utilizar temperaturas entre 40°C a 80°C (García et al., 2013).

2.2.6.2 Ventajas y desventajas del deshidratado por aire caliente

Yupangui (2022) considera las distintas ventajas y desventajas del deshidratado por medio del uso del aire caliente:

Tabla 5.

Ventajas y desventajas del deshidratado por aire caliente

Ventajas	Desventajas
Permite almacenar los alimentos por largos periodos de tiempo	Si se expone las frutas, verduras, hortalizas y hierbas a elevadas temperaturas pueden provocar la pérdida de algunos compuestos activos volátiles como la vitamina C.
Optimiza espacio en la despensa	El producto deshidratado pierde algunas particularidades organolépticas como: forma, textura, olor y sabor lo cual ocasiona que sea poco llamativo
En una correcta deshidratación se mantiene la mayoría de los nutrientes	Para su preservación prolongada es necesario la aplicación de conservantes.
Los productos deshidratados se pueden consumir como snacks o bocadillos	
Es una alternativa para comenzar un emprendimiento mientras se aprovecha las frutas y verduras	
Se aprovechan las verduras y frutas que usualmente no son consumidas	

Nota. Tomado de (Yupangui, 2022).

2.2.6.3 Deshidratado por liofilización

La deshidratación o secado por medio de la técnica de la liofilización es un proceso conocido también por congelación por medio del cual un producto que se va a secar, se congela mediante exposición al aire frío, luego se coloca en una cámara de vacío en donde la humedad se sublima y se elimina por bombeo mediante eyectores de vapor o bombas mecánicas de vacío. Este secado es uno de los métodos más apropiados para ciertos productos farmacéuticos, extractos acuosos de plantas medicinales, hierbas aromáticas, extractos de café, carne, verdura, zumo de frutas, especias y dietas completas (Siccha y Lock, 2015).

2.2.6.4 Etapas en el secado por liofilización

De acuerdo con Guallpa (2021) las etapas de secado por liofilización son tres: congelación, secado primado y secado secundario, en la primera fase el producto requiere de un congelado para en lo posterior remover el hielo aplicando calor en condiciones de vacío, de este modo el hielo se sublima evitando el paso por la fase líquida, el porcentaje de humedad final será del 2 al 5%, permitiendo obtener un producto con elevada estabilidad microbiológica y facilitando su distribución y almacenamiento. Cabe mencionar que los alimentos pueden ser sometidos a esta técnica en distintos formatos como: cubos, deshilachado, tiras, picado, granulado o polvo para luego ser utilizados como ingredientes en la fabricación de salsas, sopas instantáneas, caldos en polvo, caldos en cubos, jugos instantáneos, purés, confitería, repostería o como productos de consumo directo como cereales, snacks o alimentos funcionales.

2.2.6.5 Ventajas y desventajas del deshidratado por liofilización

Tabla 6.

Ventajas y desventajas del deshidratado por liofilización

Ventajas	Desventajas
Se conserva mejor la estructura y el aspecto original del alimento	Los costos elevados se requiere una gran inversión para equipamiento e infraestructura
Se preserva sus propiedades organolépticas como la forma, sabor y aroma	Se debe contar con la capacitación necesaria para el manejo de equipos
Permite mayor tiempo de conservación, pueden llegar a durar entre 15 a 25 años	Se tiene un alto consumo de energía eléctrica y los tiempos de proceso son altos entre 4 y 10 horas por ciclo de secado
Optimiza espacio en la despensa	

Nota. Tomado de (Yupangui, 2022).

2.2.7 La harina

La harina es un polvo fino que se obtiene como resultado de la molienda por lo general de un cereal o leguminosa seca, con la finalidad de utilizarla en distintas preparaciones, la harina también proporciona energía, ya que es una rica fuente de carbohidratos. Es considerado uno de los ingredientes básicos en la alimentación humana, debido a que también cumple como aglutinante, la calidad de este producto depende de los distintos factores como el tipo de grano utilizado, el proceso de molienda y finalmente en el almacenamiento (Sifre et al., 2019).

2.2.8 Tipos de harina

La autora Lluminquina (2022) determina que existen 3 grupos de harinas, las provenientes de cereales, vegetales y de origen animal:

Tabla 7.*Tipos de harina*

Tipos	Descripción
Harina de origen cereal	Harina de trigo Harina de maíz Harina de centeno Harina de cebada Harina de avena Harina de arroz
Harina de origen vegetal	Harina de garbanzos Harina de habas Harina de guisantes Harina de castañas Harina de yuca Harina de patatas Harina de acacias
Harina de origen animal	Harina de huesos Harina de pescado Harina de sangre Harina de cuernos

Nota. Tomado de (Lluminquina, 2022).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación.

Para el estudio se aplicó una investigación cuantitativa, debido a que se realizó un enfoque metodológico que buscó analizar los procedimientos en la elaboración y caracterización de la harina del tronco de brócoli con dos procesos de deshidratación diferentes, mediante la recopilación sistemática de todos los datos obtenidos a través de los análisis para identificar relaciones o tendencias entre las variables de estudio.

Se aplicó una investigación de tipo experimental ya que, en el estudio se manipuló dos variables que fueron la deshidratación por aire caliente y por liofilización, para determinar el efecto del proceso de secado en la composición la harina del tronco de brócoli y la variabilidad entre los tratamientos, por lo general este enfoque se utiliza para establecer relaciones causales y generalmente se lleva a cabo en un entorno controlado, como un laboratorio.

3.2 Diseño de Investigación

Para el diseño de la investigación cuantitativa se estudió todas las variables de estudio que fueron la aplicación de dos procesos de deshidratación al tallo de la hortaliza (brócoli) para después determinar la calidad composicional de la harina del tallo del brócoli, con un análisis experimental de los parámetros proximales, fisicoquímicos, microbiológicos y de factibilidad para verificar la aceptación de la harina con un panel de catadores no entrenados en relación a indicadores de calidad y los costos de producción que este producto evidencia los beneficios sobre los costos aplicados.

Para la elaboración de la harina, en primer lugar, se recolectó los tallos de brócoli para un lavado previo que permitió eliminar alguna impureza sobre la materia prima, luego se realizó una deshidratación por aire caliente y por liofilización que permitieron obtener la harina luego de la molienda para los análisis de calidad respectivos.

Para los indicadores de calidad en la harina a partir del tallo del brócoli se utilizó como referencia la normativa NTE INEN 616 que determina los requisitos mínimos que la harina de trigo debe cumplir, en relación a estos aspectos se estudiaron los parámetros proximales, fisicoquímicos y microbiológicos en las muestras dependiendo el proceso.

Para la prueba de aceptación se tomó como referencia la metodología de la UPAEP (2014) que determina los parámetros a calificar sobre un análisis sensorial afectivo para la aceptabilidad de un producto determinado.

Mediante un análisis de todos los costos de producción (directos e indirectos, y otros costos de fabricación), se determinó la rentabilidad por kilogramo de producto (harina) por medio de la aplicación del beneficio/costo en la investigación.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Para el análisis proximal, fisicoquímico y microbiólogo, se utilizó una ficha de recolección de datos, donde se escribieron todos los valores obtenidos en el laboratorio mediante las pruebas experimentales, para luego ser transcritas en la herramienta de Excel para su posterior cálculo y determinación, este documento se encuentra adjunto en el anexo B de la investigación.

Se escribió todos los valores en una libreta sobre los costos desde la compra de la materia prima (tallos de brócoli) hasta la obtención de la harina mediante la aplicación de los dos procesos de secado para el cálculo respectivo que conlleva el análisis del beneficio costo en una hora de Excel.

Se aplicó una prueba de aceptación afectiva que tuvo cuatro escalas de calificación en relación a: la apariencia, el color, calidad de aroma, sabor de acuerdo a la intensidad y la textura de la harina con respecto al tamaño del gránulo, la ficha se encuentra en el anexo C de la investigación.

3.3.1 Materiales, equipos, reactivos y materia prima

Tabla 8.

Equipos y reactivos utilizados en el análisis de las muestras.

Equipos	Marca	Reactivos	Marca
Balanza analítica	MKLAB	Hidróxido de sodio	
Balanza de humedad	Radwag	Ácido sulfúrico	
Estufa	Thermo Fisher Scientific	Catalizador Kjeldahl	
Equipo de Kjeldahl para digestión y destilación.		Hexano o éter de petróleo	
Buretas		Fenolftaleína al 0,1%	Merck
Mufla	VEE GEE	MacConkey Agar	TM MEDIA
Equipo de extracción tipo Soxhlet		Plate Count Agar	TM MEDIA
Cápsula de porcelana		Potato Dextrose Agar	TM MEDIA
Incubador	Memmert		
Liofilizador	ilShinBioBase		TFD5503
Autoclave	Tuttnauer		

3.3.2 Análisis proximales y fisicoquímicos

Para el análisis de los parámetros proximales y fisicoquímicos, se tomó como referencia la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 616: 2015, que permitió conocer los indicadores máximos de los requisitos que la harina a partir de tallo de brócoli debe cumplir.

Tabla 9.*Requisitos físicos y químicos de la harina de trigo*

Requisitos	Unidad	Harina panificable		Harina integral	Harinas especiales						Harina para todo uso	Método de ensayo		
		Extra		Min. Máx	Pastificios		Galletas		Autoleud		Min. Máx			
		Min	Máx		Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx				
Humedad	%	-	14.5	-	15	-	14.5	-	14.5	-	14.5	-	14.5	Inen 518
Proteína B.s	%	10	-	1	-	10	-	-	-	9	-	9	-	Inen 519
Cenizas B.s	%	-	*0.75	-	2.0	-	0.8	-	0.75	-	3.5	-	0.85	Inen 520
Acidez	%	-	0.1	-	0.1	0	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1	Inen 529
Grasas	%	-	2	-	3	-	2	-	2	-	2	-	2	Inen ISO 11085

*Para el caso de harina panificables enriquecida extra, el porcentaje de cenizas será máximo de 1.6%

3.3.2.1 Determinación de humedad

Para el análisis de la humedad en la harina se utilizó la metodología de la INEN 518, la cual consiste en la relación de la cantidad de agua que la materia prima pierde por efecto de la diferenciación de altas temperaturas.

Cálculos:

El cálculo se expresa con la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad \%} = \frac{(B - C)}{(B - A)} * 100$$

Dónde:

- ✓ A: Peso de capsula limpia y seca
- ✓ B: peso de la cápsula + muestra húmeda
- ✓ C: peso de la cápsula + muestra seca

3.3.2.2 Determinación de cenizas

Para el contenido de cenizas presente en la harina de tallo de brócoli, se utilizó la metodología de INEN 520, la cual expresa la correlación entre la temperatura a una alta curva de elevación (550°C), la cual hace que la materia prima se calcine hasta un punto que se pueda determinar los minerales en la muestra.

Cálculos:

La determinación se denota con la siguiente formula:

$$Cenizas \% = \frac{(A - B)}{(C)} * 100$$

Dónde:

- ✓ A: Peso del crisol con ceniza
- ✓ B: peso del crisol
- ✓ C: peso de la muestra

3.3.2.3 Determinación de fibra

Para el análisis de fibra se aplicó el método de la norma INEN 522 (2013), esta utiliza un ácido y una base para una ebullición extrayendo las propiedades que no constan en las fibras, las cuales se desprende al momento de ser filtrado para luego secarse y realizar una extracción, su ceniza permite determinar la cantidad real de fibra en la muestra analizada.

Cálculos:

La fibra bruta se determina con la siguiente fórmula:

$$Fibra\ bruta\ \% = \frac{(A - B)}{(C)} * 100$$

Dónde:

- ✓ A: Peso del crisol con el residuo seco
- ✓ B: Peso del crisol con ceniza
- ✓ C: Peso de la muestra

3.3.2.4 Determinación de grasa

Se utilizó la normativa INEN-ISO 11085, la cual menciona que para determina el contenido de grasas en la muestra, se somete al contacto con un solvente orgánico (Hexano) que logra extraer todos los componentes lipídicos de la muestra aplicando una ebullición con el mismo solvente por un tiempo de 3 a 5 horas.

Cálculos:

La cantidad de grasa se determina con la siguiente formula:

$$Grasa \% = \frac{(B - A)}{(C)} * 100$$

Dónde:

- ✓ A: Peso del dedal con muestra desengrasada
- ✓ B: Peso del dedal con muestra
- ✓ C: Peso de la muestra

3.3.2.5 Determinación de proteína

Se aplicó la norma NTE INEN 0519 (1981), que indica el método Kjeldahl, el cual consiste en la extracción de la cantidad de nitrógeno presente en la muestra, después de alcalinizarse con hidróxido de sodio, destilar y de recogerse el destilado sobre ácido bórico, para una titulación con ácido N/10, esta técnica consiste en una digestión, ebullición y titulación.

Cálculos:

En contenido de Nitrógeno en la muestra se determina con la siguiente formula:

$$Proteína \% = \frac{(A - B)}{(C)} * 100 * 5.83$$

El factor de conversión para obtener la tasa de proteína cruda a partir del nitrógeno total en harinas es de 5.83k.

Dónde:

- ✓ A: Volumen de titulación del ácido clorhídrico (ml)
- ✓ B: Normalidad del ácido estándar
- ✓ C: Peso de la muestra

3.3.2.6 Determinación de acidez

Se utilizó la norma INEN 521, (2015) que menciona el método de acidez en harinas, estableciendo que para la acidez se utiliza una solución estandarizada de hidróxido de sodio, usando fenolftaleína como indicador.

Cálculos:

La acidez se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$A = \frac{490NV}{m(100 - H)} * \frac{V_1}{V_2}$$

Siendo:

- ✓ A= Acidez en harinas de origen vegetal.
- ✓ N: normalidad de la solución de hidróxido.
- ✓ V1= Volumen del alcohol empleado
- ✓ V2= Volumen de la alícuota tomada para la titulación
- ✓ V= Volumen de la solución de hidróxido.
- ✓ m= Masa de la muestra.
- ✓ H = Porcentaje de humedad de la muestra.

3.3.3 Análisis microbiológicos

Para la evaluación de la inocuidad en la harina de tronco de brócoli se utilizó la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 616: 2015 que indicó los parámetros microbiológicos para la calidad e inocuidad alimentaria con la siguiente tabla:

Tabla 10.

Análisis microbiológico de la harina

Requisitos	Unidad	n	e	m	M	Métodos de ensayo
<i>Aerobios mesófilos</i>	Ufc/g	5	1	10 ⁵	10 ⁶	NTE INEN 1529-5
<i>Coliformes</i>	Ufc/g	5	2	10 ²	10 ³	NTE INEN 1529-7
<i>E. coli</i>	Ufc/g	5	2	0		NTE INEN 1529-8
<i>Salmonella</i>	Ufc/25g	5	0	0		NTE INEN 1529-15

3.3.3.1 Aerobios mesófilos (UFC/g)

Para determinar la presencia de aerobios mesófilos, en la norma INEN 1529-5 indica, para que el conteo de las colonias se realizan diluciones decimales de la suspensión inicial de la muestra y se inocula el medio nutritivo de cultivo (PCA). Se incuba el inóculo a 30°C por 72 horas y luego se realiza el conteo de colonias formadas.

3.3.3.2 Escherichia Coli (UFC/g)

Para determinar la contaminación de *Escherichia coli*, la norma INEN 1529-8 se basa en el método por medios de cultivo selectivos y diferenciales (Agar MacConkey-EMB) diseñados para favorecer su crecimiento y diferenciarlo de otros microorganismos.

3.3.3.3 *Salmonella* en 25 g

La norma NTE INEN 1529-15 indica que para la determinación de salmonella se realiza una siembra en placa de medios selectivos sólidos (Agar XLD). Inoculación del enriquecimiento selectivo que se realiza a la superficie para ser incubadas a 37°C durante 18-24 horas.

3.3.3.4 *Coliformes* (UFC/g)

Según la norma INEN 1529-7, (1990) los *Coliformes* son bacterias gran negativas bacilares, estas se incuban a 30°C en agar selectivos y diferenciales como el agar Mac Conkey y Agar Eosina Azul de Metileno, cabe destacar que este tipo de bacteria son un indicador del grado de limpieza tanto en procesos y elaboración de productos alimenticios.

3.3.4 *Análisis sensorial*

Para la prueba de aceptación se obtuvo dos harinas diferentes, y se realizó una encuesta a través de un análisis sensorial afectivo para la aceptabilidad del mismo, se aplicó la metodología de la UPAEP (2014), a continuación, se indican los parámetros a calificarse

Tabla 11.

Criterios de ponderación para el análisis sensorial de la harina

Apariencia: Color		Aroma: Calidad		Sabor: Intensidad		Textura de la harina: grano	
Muy Atractivo	-----	Muy agradable	-----	Muy fuerte	-----	Muy grueso	-----
Atractivo	-----	Agradable	-----	Fuerte	-----	Grueso	-----
Poco Atractivo	-----	Desagradable	-----	Poco fuerte	-----	Fino	-----
Nada Atractivo	-----	Muy desagradable	-----	Nada fuerte	-----	Poco fino	-----

Nota. Proceso por Aire Caliente (Código M1)- Proceso por Liofilizado (Código M2)

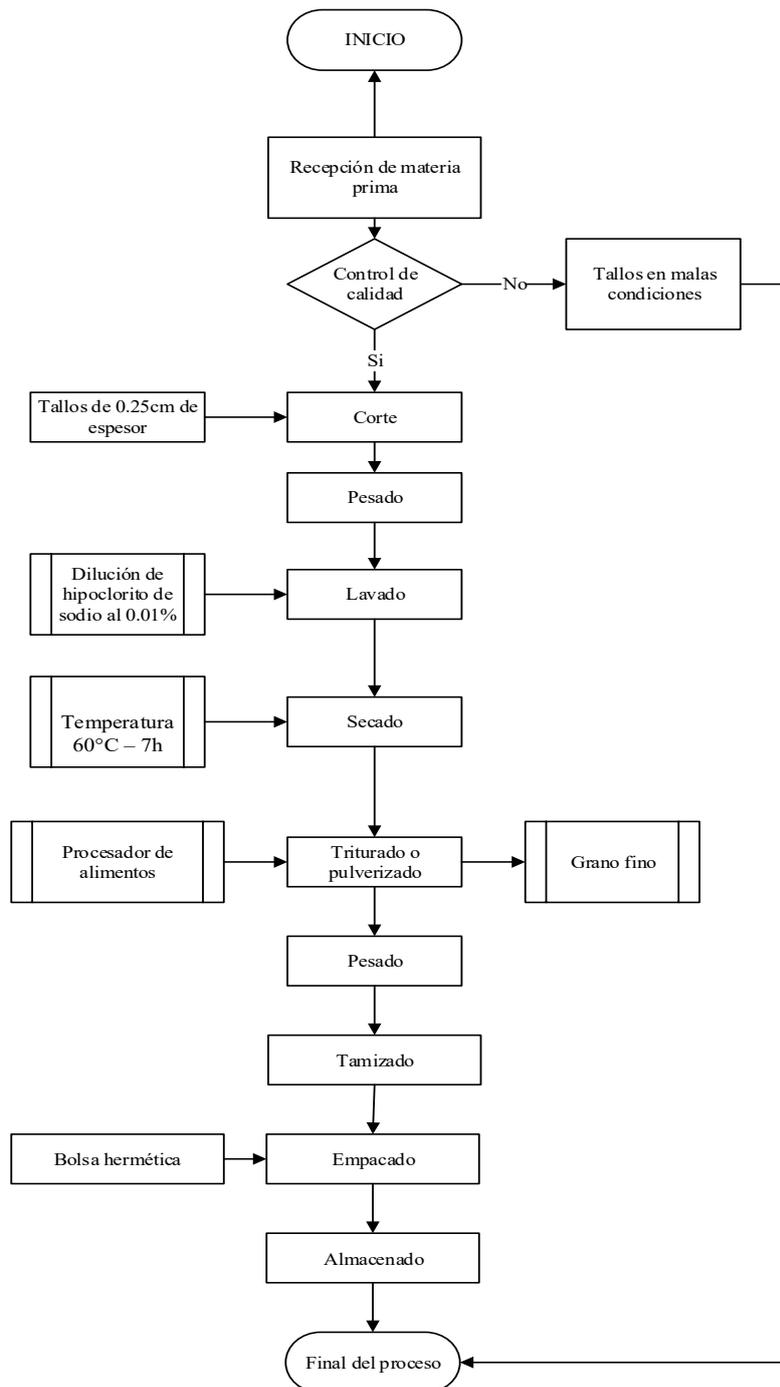
La evaluación se llevó a cabo mediante un panel conformado por 30 jueces no entrenados, mediante una valoración de atributos clave como: color, aroma, sabor y textura de la harina de tronco de brócoli.

3.3.5 Proceso harina deshidratación por aire caliente

En la figura 2 se indica el proceso para la obtención de la harina de tallo de brócoli mediante la deshidratación por aire caliente:

Figura 2.

Diagrama para la elaboración de la harina de tronco de brócoli por el proceso de deshidratación por Aire Caliente.



3.3.6 Descripción de los procesos de harina por aire caliente

Recepción de la materia prima.

Para iniciar el proceso de obtención de harina de brócoli, se procede a controlar y verificar la inocuidad de la materia prima.

Control de calidad

Se realizó un minucioso control de calidad a cada brócoli, se elimina cualquier objeto o material extraño que se encuentre presente en la materia prima, en caso de encontrarse tallos agrietados o en descomposición se descartan y finaliza el proceso.

Cortes de inflorescencias y tallos

Realizar cortes de 0,25 cm a las inflorescencias y tallos del brócoli, para obtener cortes uniformes.

Pesado de la materia prima

Se pesó la materia prima en una balanza digital de marca Mettler Toledo (ME204) para controlar la cantidad exacta de producto que fue sometido a un proceso de deshidratación.

Lavado

Lavar la materia prima en solución de hipoclorito de sodio al 0.01% g/l; así se garantiza la inocuidad en el proceso de obtención de la harina.

Secado

Este proceso consiste en secar o deshidratar los cortes de los tallos del brócoli; mismo que tuvo lugar en un secador de bandejas de marca Arcor (MO4225/DC) a una temperatura de 60°C durante un tiempo de 7 horas.

Triturado

Se realizó en una licuadora de marca Oster, con el fin de triturar y reducir el tamaño de los tallos.

Pesado de la harina

Pesar la cantidad de harina obtenida en una balanza digital de marca Mettler Toledo (ME204) para conocer su rendimiento.

Tamizado

El tamizado se realizó con un tamiz N°40 (450 μ), con el fin de eliminar las partículas de mayor tamaño y obtener como producto final una harina homogénea.

Empacado

La harina de brócoli se empacó en bolsas herméticas.

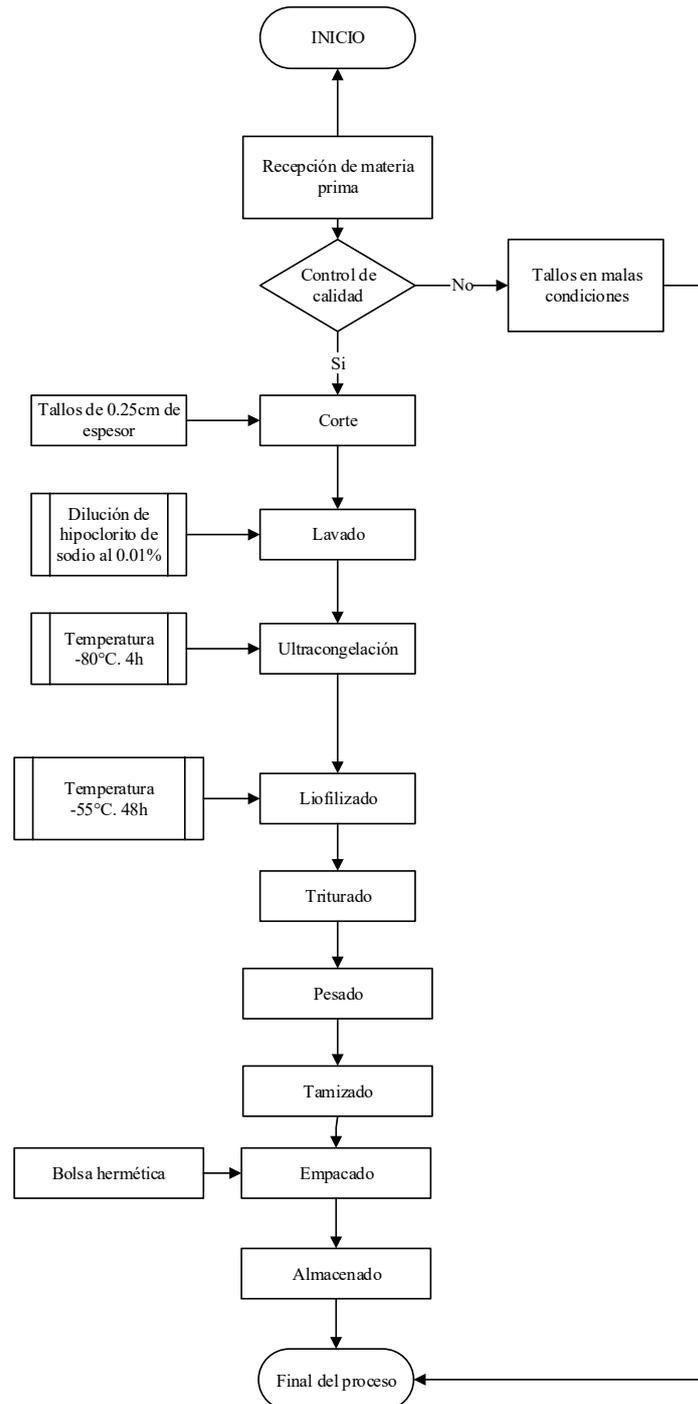
Almacenado Almacenar en un lugar fresco y seco.

3.3.7 Descripción de proceso de harina por deshidratación por liofilización

En la figura 3 se indica el proceso para la obtención de la harina de tallo de brócoli mediante la deshidratación por liofilización:

Figura 3.

Diagrama para la elaboración de la harina de tronco de brócoli por el proceso de deshidratación por Liofilización.



3.3.8 Descripción del proceso por liofilización para harina

Recepción de la materia prima.

Para iniciar el proceso de obtención de harina de brócoli, se procede a controlar y verificar la inocuidad de la materia prima.

Control de calidad

Se realizó un minucioso control de calidad a cada brócoli, se elimina cualquier objeto o material extraño que se encuentre presente en la materia prima, en caso de encontrarse tallos agrietados o en descomposición se descartan y finaliza el proceso.

Cortes de inflorescencias y tallos

Realizar cortes de 0,25 cm a las inflorescencias y tallos del brócoli, para obtener cortes uniformes.

Lavado

Lavar la materia prima en solución de hipoclorito de sodio al 0.01% g/l; así se garantiza la inocuidad en el proceso de obtención de la harina.

Ultra congelamiento

En este paso se colocó los troncos de brócoli en el ultra congelador a – 80 °C durante 24 horas.

Liofilizado

Este proceso es el secado en frío o liofilización de los cortes de los tallos del brócoli; mismo que tuvo lugar en un liofilizador a una temperatura de -55°C durante un tiempo de 48 horas.

Triturado

Se realizó el triturado en una licuadora de marca Oster, con el fin de triturar y reducir el tamaño de los tallos.

Pesado de la harina

Pesar la cantidad de harina obtenida en una balanza digital de marca Mettler Toledo (ME204) para conocer su rendimiento.

Tamizado

El tamizado se realizó con un tamiz N°40 (450 μ), con el fin de eliminar las partículas de mayor tamaño y obtener como producto final una harina homogénea.

Empacado

La harina de brócoli se empacó en bolsas herméticas.

Almacenado Se almacenó en un lugar fresco y seco.

(harina) tendrán diferencias frente a los dos procesos de deshidratación.	que se obtuvo mediante los procesos de deshidratación por Aire Caliente y por Liofilizado.		Fibra Ceniza Acidez		calcinación. Método de kjeldahl Extracción del aceite por Soxhlet Estufa, Campana de esterilización Autoclave
H02: las características microbiológicas y físico-químicas del producto terminado (harina) tendrán diferencias frente a los dos procesos de deshidratación. Ha3: La aceptación de la harina dependerá del tipo de deshidratación aplicado en el análisis organoléptico.	Determinar la aceptación de la harina mediante un análisis organoléptico de la misma.	Análisis microbiológico: Prueba de aceptación	Aerobios mesófilos Coliformes E. coli Salmonella Apariencia, Aroma, Sabor, Textura de la harina	Ufc/g Ufc/g Ufc/g Ufc/25g Color, Calidad, Intensidad, Tamaño de grano.	Hoja, esfero gráfico, ficha de test de aceptación
H03: La aceptación de la harina dependerá del tipo de deshidratación aplicado en el análisis organoléptico.	Determinar la factibilidad del producto obtenido a través de indicadores, financieros (costos de producción y beneficio costo)	Factibilidad del producto.	Costos directos, costos indirectos y otros costos de fabricación	Dólares americanos	Computadora, Hoja de cálculo.

3.4 Población de estudio y tamaño de muestra

3.4.1 Lugar de la investigación

Para el desarrollo de la investigación, fue necesario realizar la recolección de la materia prima en el Mercado de Productos Agrícolas “San Pedro de Riobamba”, para luego ejecutar el estudio experimental en las instalaciones de los laboratorios de control de calidad y procesos agroindustriales, localizados en la matriz de la Universidad Nacional de Chimborazo, vía Guano.

3.4.2 Población

La población de la investigación se conformó por 10 kilogramos de troncos de brócoli recolectados de pequeños productores en el Mercado de Productos Agrícolas “San Pedro de Riobamba”.

Para la prueba de aceptación se realizó una prueba afectiva con 30 individuos no entrenados, conformado por estudiantes de la carrera de ingeniería agroindustrial.

3.4.3 Muestra

Realizados los pretratamientos a la materia prima de control de calidad, se tomó como muestra 6 kilogramos de tallos para el proceso de deshidratación por los dos métodos (por aire caliente y por liofilización).

Para el análisis proximal, fisicoquímico y microbiológico se tomó una muestra de 40 gramos de materia fresca y producto terminado, por el tipo de deshidratación para las diferentes determinaciones con sus respectivas repeticiones.

Para el panel de aceptación se utilizó 200 gramos de muestra, la cual se conformó por 100 gramos de harina con un proceso de deshidratación por aire caliente y 100 gramos de harina por un proceso de deshidratación por liofilización.

3.5 Hipótesis

La elaboración y caracterización de la harina del tronco de brócoli (*brassica oleracea var italica*) elaborada a partir de dos procesos de deshidratación ayudará a disminuir el impacto ambiental que los desperdicios de brócoli provocan en la provincia de Chimborazo.

3.6 Métodos y Procesamiento de datos

Para el procesamiento de los datos realizado todos los análisis en el laboratorio, en primera instancia se utilizó la herramienta de Excel para todos los cálculos respectivos entre cada parámetro determinado, para la prueba de aceptación se utilizó fichas que luego se ingresaron en la herramienta de Google forms para la elaboración de las gráficas de calificación, para el análisis de las medias se aplicó una prueba t para muestra independientes que permitieron la comparación de la materia prima por los dos procesos de deshidratación y de igual forma se aplicó la misma prueba t para los resultados entre la harina de tallo de brócoli obtenida por los dos métodos. Para el cálculo de las pruebas estadísticas se utilizó el programa de SPSS para su respectiva validación.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Análisis en la materia prima

Para el análisis fisicoquímico de la materia prima se determinó 5 parámetros de calidad, los mismos que permitieron verificar la composición inicial del producto, estos fueron: humedad, fibra, proteína, grasa y cenizas, se aplicó un análisis por triplicado a cada proceso de deshidratación (deshidratación por aire caliente y por liofilización) para determinar la diferencia en las medias obtenidas se realizó una t student para muestra independiente, a continuación, se observan los datos en la tabla 13:

Tabla 13.

Análisis físico-químico de los troncos de brócoli

Parámetro	Análisis de los troncos de brócoli por Aire caliente	Análisis de los troncos de brócoli por Liofilización	*Prob.	Sig.
	$\bar{X} - \sigma$	$\bar{X} - \sigma$		
Humedad	17.374±0.005	17.456±0.079	<0.001	**
Fibra	6.569±0.009	6.568±0.0067	0.750	ns
Proteína	0.972±0.0148	0.970±0.0123	0.733	ns
Cenizas	1.629±0.0093	1.632±0.0083	0.435	ns
Grasa	0.071±0.0060	0.072±0.0067	0.715	ns

Nota. \bar{X} : Medias, σ : Desviación estándar obtenidos del análisis físico-químico por triplicado en el experimento, Prob>0.05: No existen diferencias estadísticas, Prob<0.05: Existen diferencias significativas. Prob<0.01: Existen diferencias altamente significativas. ns: no es significativo.

De acuerdo al análisis estadístico, el contenido de humedad presentó diferencias significativas (<0.001) en la prueba t para muestras independientes, con 17.38% y 17.46% para el análisis de los troncos de brócoli por aire caliente y por liofilizado respectivamente. Con relación al contenido de fibra, proteína cenizas y grasas, no se evidenciaron diferencias significativas (>0.05) entre los dos procesos de deshidratación, cabe destacar que, aunque la prueba estadística no encontró variación entre el tipo de secado, la deshidratación por aire caliente fue ligeramente mayor en fibra (6.57%) y proteína (0.97%) a diferencia del contenido de cenizas y grasas que se destacó con 1.63% y 0.07% en el proceso por liofilización.

4.1.1.1 Discusión

Al determinar el contenido de humedad en la investigación, ambos métodos de deshidratación variaron (17.38% aire caliente y 17.46% liofilización) en la materia prima (tallo de brócoli) se establece que el proceso de liofilización extrae mayor contenido de humedad de la muestra, esto debido al proceso que se aplica. En relación al estudio realizado por Rodríguez y Rojas (2022) sobre brócoli deshidratado por aire caliente, estos encontraron una concentración de 82.5% en el tallo y una menor concentración en la hoja.

De igual forma Vega et al. (2023) en su investigación: Secado al vacío a baja temperatura de brócoli establece que, una humedad mayor de 87.25% con una mayor variación por efecto del secado. De acuerdo a los resultados, se reportaron contenidos de humedad similares con otras investigaciones, destacando que, en la liofilización debido a su capacidad para retener más agua en comparación con el aire caliente, se puede argumentar que este proceso es más eficaz en mantener la estructura celular, cabe destacar que la variación de humedad también puede deberse a la localización del cultivo.

Al no encontrarse diferencias significativas en el contenido de fibra con una media de 6.57%, el tipo de deshidratación no influyó en la determinación de este parámetro, con relación a estos resultados Ramírez (2014) menciona que el contenido de fibra en el brócoli, específicamente en el tallo es relativamente bajo con una 2.7%, destacando que, las variaciones pueden ser el efecto de la variedad entre las hortalizas con un leve incremento o disminución por efecto del proceso ya que la aplicación de calor puede tener un resultado negativo dependiendo del tiempo y la temperatura. Sin embargo, Drabinska et al. (2022) difiere de esta idea debido a que en su estudio: Valorización de subproductos del brócoli: propiedades tecnológicas, sensoriales y gustativas de la pasta la materia prima señala que de acuerdo a los resultados la variación de fibra no se diferencia de tipo de proceso ya sea por el secado por aire caliente o por liofilización, pero se destaca un mayor contenido en relación a otros estudios, estableciendo que la exposición prolongada al calor podría ser la causa de la degradación de componentes de la fibra, como hemicelulosas o pectinas en sus resultados.

Al observar los resultados sobre el contenido de proteína se puede indicar que el tallo del brócoli no posee una gran cantidad de este componente evidenciando que los dos procesos aplicados (por aire caliente y por liofilización) no destacan diferencias significativas con 0.972%. Con relación al contenido de proteína, Rodríguez y Rojas (2022) en su investigación determinaron un valor parecido en el tallo del brócoli (1%) destacando que la proteína se concentra en mayor medida en la parte floral del fruto. Ramírez (2014) difiere de estos valores con 2.3% de proteína argumentado que esta se encuentra en mayor cantidad en el peciolo del brócoli. Finalmente, Batlle (2017) analiza que la influencia de las variables de secado en la calidad nutricional de los vegetales puede disminuir la proteína debido a que el calor produce alteraciones químicas de residuos de aminoácidos con formación de nuevos enlaces covalentes intra e intermoleculares, que provoca una caída en dichos nutrientes. De acuerdo a los resultados, se analizó que el contenido obtenido fue mínimo, y con relación a otras investigaciones, este efecto de debe al proceso aplicado y la locación de la materia prima utilizada para el análisis como lo fue el tallo, destacando que puede existir una mayor presencia en otras partes del futo.

Con respecto a los datos obtenidos se determinó una ligera diferencia entre el contenido de cenizas de la deshidratación por aire caliente y por el proceso por liofilización, la liofilización indicó un 1.63%, Quishpe (2023) en su diseño de un proceso industrial para sopas deshidratadas establece que el tallo de brócoli posee una media de 0.92% de cenizas, donde el tallo posee en su mayoría se conforma por celulosa,

hemicelulosa, lignina y agua, lo que establece una fracción mineral menor en relación a otras partes como las flores (inflorescencias). Ramírez (2014) también menciona que en el fruto fresco del brócoli se puede obtener hasta un 0.88% conformado por minerales esenciales como calcio, potasio, y magnesio. Al analizar los resultados se puede comprobar que el contenido de cenizas es bajo en relación a otras propiedades, de acuerdo a otras investigaciones, los minerales en las hortalizas se transportan a través del sistema vascular del tallo, pero gran parte de ellos se almacenan en las hojas y flores, esto puede evidenciar la baja composición sin importa los procesos deshidratación en la investigación.

Con relación al contenido de grasas, Vega et al. (2023) indica que el contenido de grasas es muy bajo y que generalmente no representa más del 1% peso fresco del fruto, esta característica se debe a las funciones biológicas y la composición química. Nuñez et al, (2022) en su investigación: Fracciones ricas en fibra dietética aisladas de tallos de brócoli como posible ingrediente funcional con compuestos fenólicos y glucosinolatos, argumenta que el brócoli al ser un vegetal no elogiado, no necesita almacenar grandes cantidades de grasa como sucede con otro tipo de vegetales. Finalmente, Quishpe (2023) determinó una media de 0.35% de grasas en su investigación con el tallo del brócoli para la preparación de sopas instantáneas. De acuerdo a los resultados se obtuvo un 0.071% de grasas con la aplicación de los dos procesos de deshidratación, lo que no indicó diferencias significativas en la investigación, como lo analizan otras investigaciones, el bajo contenido de grasas se debe a la bioquímica de la planta debido a que su principal función es el crecimiento y la reproducción.

4.1.2 *Análisis fisicoquímico y microbiológico del producto terminado*

Para el análisis fisicoquímico del producto terminado y el control de calidad en relación a los parámetros microbiológicos se determinó la humedad, fibra, proteína, grasa y cenizas, de igual forma se realizó un conteo microbiológico (ufc/g) de la cantidad de *Aerobios mesófilos*, *E-Coli*, *Salmonella* y *Coliformes*. Para estas pruebas se aplicó un análisis por triplicado en cada proceso de deshidratación (deshidratación por aire caliente y por liofilización) para determinar la diferencia en las medias obtenidas se realizó una t student para muestras independientes, a continuación, se observan los datos en la tabla 14:

Tabla 14.*Análisis físico-químico de la harina a partir de troncos de brócoli*

Parámetro	Deshidratado por Aire Caliente	Deshidratado por Liofilización	*Prob.	Sig.
	$\bar{X} - \sigma$	$\bar{X} - \sigma$		
Humedad	14.567±0.0071	15.666±0.0053	<0.001	**
Fibra	11.127±0.0071	11.126±0.0053	0.710	ns
Proteína	7.676±0.0053	8.676±0.0053	<0.001	**
Cenizas	3.459±0.0060	3.454±0.0053	0.115	ns
Acidez	0.067±0.0071	0.070±0.0071	0.332	ns

Nota. \bar{X} : Medias, σ : Desviación estándar obtenidos del análisis físico-químico por triplicado en el experimento, Prob>0.05: No existen diferencias estadísticas, Prob<0.05: Existen diferencias significativas. Prob<0.01: Existen diferencias altamente significativas. ns: no es significativo.

Realizado el análisis estadístico al producto terminado se determinó que el contenido de humedad presentó diferencias significativas (<0.001) en la prueba t para muestras independientes, con 14.57% y 15.67% en relación a los dos procesos aplicados (deshidratación por aire caliente y por liofilizado) respectivamente. De acuerdo con el contenido de fibra, cenizas y acidez, no se demostraron significancias a nivel estadístico (>0.05) entre los dos procesos de deshidratación, finalmente para el porcentaje de proteínas se destacan diferencias significativas en los dos procesos con un mayor contenido en la liofilización (8.68%).

4.1.2.1 Discusión

Con respecto al análisis de humedad de la harina en base seca, la deshidratación por liofilización se evidenció un mayor desprendimiento de humedad con 15.67%. Miraflores (2014) en su investigación: Desarrollo y caracterización de la harina del tronco de brócoli (*Brassica Oleracea var. Italica*) sometido a diferentes procesos de deshidratación, indica que al realizar el deshidratado por liofilización se puede llegar a tener un 7.43% de desprendimiento de agua en 100 gramos de muestra, destacando que este proceso es más preciso y ofrece una mayor estabilidad en la extracción. Con relación a este efecto, Ortega (2023) indica un comportamiento contrario a la investigación con un 6% de humedad en un secado por aire caliente y un menor valor en el secado por liofilización (5%). Finalmente, Quishpe (2023) objeta estos valores con un 7.9% de humedad en el secado por bandejas y un 6.10% por una deshidratación por liofilización. Como lo analizan otras investigaciones, la humedad de la harina a partir de tallos de brócoli varía significativamente dependiendo del proceso, destacando que el secado por aire caliente reduce la humedad eficazmente debido a una mayor exposición al calor, cabe destacar el calor puede tener efectos adversos sobre otras propiedades, como lo es la composición nutricional.

Aunque no se destacaron diferencias significativas en el contenido de fibra, la aplicación de los dos procesos de deshidratación indicó un 11.13% que es un valor mucho

mayor al obtenido en la materia prima de los tallos de brócoli. Con relación a estos valores Pérez (2013) indica valores más altos al combinar la harina de tallo de brócoli en pequeñas porciones para la panificación con harina de trigo, llegando hasta una media de 31% de fibra. De igual forma Quishpe (2023) mediante una deshidratación por liofilización obtiene hasta un 12.66% de fibra, destacando una mejor preservación estructural en el alimento debido a que se retiene tanto las fibras solubles como las insolubles, ya que no hay daño térmico significativo. De acuerdo con los resultados, aunque no existan diferencias significativas, varios autores mencionan que el proceso de liofilización realiza un secado a bajas temperaturas y este no daña la estructura celular de los alimentos, resultado con una mejor composición.

Con relación al análisis del contenido de proteínas, se evidenció diferencias significativas en los dos procesos de deshidratación con una media de 8.68% en el deshidratado por liofilización, Nuñez et al. (2022) determina una media de 5.6% en su investigación destacando que las proteínas son parte de los sólidos del brócoli y al eliminar el agua, los nutrientes restantes se concentran, es por ello que la composición incrementa con respecto al fruto fresco. De igual forma Quishpe (2023) establece valores cercanos a la investigación con 11.71% al aplicar un proceso de liofilizado a diferencia del secado por bandejas, este efecto se debe a que el liofilizado es un método que conserva casi intactas las proteínas, lo que resulta en una concentración proporcional más alta en la harina de brócoli. De acuerdo a los resultados el proceso de deshidratación si influyen entre la composición final del producto lo indican los datos y otras investigaciones.

El análisis de cenizas (minerales) estableció que no existió diferencias significativas en los dos procesos aplicado con valores de (3.46% para aire caliente y 3.45% para liofilización), esto demostró que el proceso de secado no influye en la concentración de minerales. De acuerdo con Pérez (2013) en su estudio para analizar los subproductos del brócoli en la cadena de producción utilizados en panificación, indica que el secado por aire caliente determina hasta una 10.95% de cenizas por una mayor concentración de minerales en la deshidratación por bandejas a 70°C. Ramírez (2014) difiere de estos valores con 3.97% de minerales que se acercan a los indicados en la investigación, destacando un incremento por un mayor desprendimiento de agua en su estudio. Con relación a los resultados, el tallo fresco del brócoli no posee una alta concentración de minerales, pero al eliminar una gran cantidad de agua en el proceso de secado esta propiedad se concentra hasta un 3.45% dependiendo del proceso de deshidratación.

Finalmente, el contenido de acidez en harinas de origen vegetal se establece dependiendo de ácido orgánico presente en el alimento, en el caso de los tallos de brócoli, los resultados se representan en porcentaje de ácido ascórbico. Como lo indican los resultados la concentración de acidez fue de 0.07% de ácido ascórbico en promedio por los dos procesos de deshidratado, esto determinó que el tipo de deshidratación no influyó en este parámetro fisicoquímico. Ramírez (2014) en su estudio indica una acidez menor en la harina de brócoli de 0.032% estableciendo que el secado por bandejas no influyó en

este parámetro con respecto a la materia prima fresca. Ortega (2023) analiza que, en las harinas vegetales a partir de frutas y hortalizas, la acidez varía según su madurez, como sucede en el brócoli, debido a que en frutos más jóvenes la concentración de acidez puede llegar hasta 0.09% de ácido ascórbico, provocando un sabor menos ácido que en frutos más maduros con una incidencia directa en el producto final. De acuerdo a los resultados el proceso de secado por los dos métodos no generó diferencias en las dos harinas, destacando que, la madurez del fruto y hasta el tipo de molienda puede afectar significativamente la concentración.

Tabla 15.

Análisis microbiológico de la harina a partir de troncos de brócoli

Parámetro	Deshidratado por	Deshidratado por	*Prob.	Sig.
	Aire Caliente	Liofilización		
	$\bar{X} - \sigma$	$\bar{X} - \sigma$		
<i>Aerobios mesófilos (UFC/g)</i>	0	0	0	-
<i>E-Coli (UFC/g)</i>	0	0	0	-
<i>Salmonella UFC/25 g</i>	0	0	0	-
<i>Coliformes UFC/g</i>	0	0	0	-

Nota. \bar{X} : Medias, σ : Desviación estándar obtenidos del análisis físico-químico por triplicado en el experimento, Prob>0.05: No existen diferencias estadísticas, Prob<0.05: Existen diferencias significativas. Prob<0.01: Existen diferencias altamente significativas. UFC/g: Unidades formadoras de colonias/ gramo.

De acuerdo al análisis microbiológico, en la tabla 15 de los resultados realizados a la harina de tronco de brócoli, obtenida por los procesos de deshidratación de aire caliente y liofilización se observó que existe ausencia de crecimiento microbiano en todos los parámetros de calidad, indicando que con relación a la NTE INEN 616 (2015), se cumplió con lo establecido por la normativa y se encuentran dentro de los límites permitidos para el control de *aerobios mesófilos*, *E-Coli*, *Salmonella* y *Coliformes*.

Para el análisis microbiológico se demostró que los tratamientos cumplieron con los requisitos microbiológicos prestablecidos, lo cual hace que sea un producto inocuo para el consumo humano, sin riesgos microbiológicos significativos.

4.1.3 *Análisis económico*

Para el análisis económico de la elaboración de la harina a partir del tronco de brócoli se establecieron todos los costos junto con el cálculo de todas las materias primas e insumos utilizados para su producción, a continuación, se detallan los resultados:

Tabla 16.*Costo de materia prima de los troncos de brócoli*

Descripción	Unidad de medida	Materias primas		V.UNIT	V. Total
		Cantidad	unidades		
Troncos de brócoli	Kg	2,5	17	\$ 0,05	\$ 0,13
Hipoclorito de sodio	Unidad	1	12 ml	0,013	\$ 0,16
Total					\$ 0,29

Nota: Valores costo de materia prima

La evaluación de los costos de producción es esencial para comprender la viabilidad económica de la elaboración de la harina de tronco de brócoli. La Tabla 16 describen los ingredientes para la elaboración de la harina, así mismo los valores dando un costo de producción para materia prima de \$ 0,29 (veintinueve centavos de dólar) por los 10 kg de troncos de brócoli.

Tabla 17.*Costo mano de obra directa por proceso de deshidratación de Aire Caliente*

Mano de obra directa	
Horas de trabajo	2 h
SBU	\$ 450,00
Horas semanales	8 h
tiempo de trabajo	16 h
Sueldo por hora	\$1,93
Producción x 2,25 Kg	9 fundas de harina
Por producción	\$ 9,60
MDO Por producto	\$0,97

Nota. Valores costo de producción por Aire Caliente

La evaluación detallada de la mano de obra directa es fundamental para calcular la estructura de costos asociada a la producción de la harina de tronco de brócoli. En la Tabla 17, se presenta un análisis exhaustivo que abarca las horas de trabajo, el Sueldo Básico Unificado (SBU), las horas semanales y mensuales, el sueldo por hora, y la relación con la producción de 9 fundas de harina de 250 gramos. La inversión en mano de obra directa, calculada a partir del sueldo por hora y el tiempo de trabajo necesario para producir 2,25 Kg de harina de tronco de brócoli, asciende a \$ 1,23 por unidad.

Tabla 18.*Costo mano de obra directa por proceso de deshidratación de Liofilización.*

Mano de obra directa	
Horas de trabajo	4 h
SBU	\$ 450,00
Horas semanales	10 h
tiempo de trabajo	40 h
Sueldo por hora	\$ 4,00
Producción x 2,25 Kg	9 fundas de harina
Por producción	\$11,87
MDO Por producto	\$ 1,00

Nota. Valores costo de producción por Liofilización

Por el otro método de deshidratación la mano de obra directa es fundamental para calcular la estructura de costos asociada a la producción de la harina de tronco de brócoli. En la Tabla 18, se presenta un análisis exhaustivo que abarca las horas de trabajo, el Sueldo Básico Unificado (SBU), las horas semanales y mensuales, el sueldo por hora, y la relación con la producción de 9 fundas de harina de 250 gramos. La inversión en mano de obra directa, calculada a partir del sueldo por hora y el tiempo de trabajo necesario para producir 2,25 Kg de harina de tronco de brócoli, asciende a \$ 1,53 por unidad.

4.2 Costo total de producción

Una vez calculado los costos de materia prima y mano de obra por kg de la harina de troncos de brócoli se determinó el costo total de producción.

Tabla 19.

Costo de producción proceso de deshidratación por Aire Caliente

Costo de producción harina por aire caliente	
Costo de materia prima (kg)	\$0,29
Mano de obra directa	\$7,20
Otros	\$2,25
Costo de producción (kg)	\$9,74
Costo ventas (kg)	\$11,05
Beneficio/Costo	\$1,15

Nota. Valores costo total de producción por Aire Caliente

En la Tabla 19 se muestran los costos totales asociados a la producción de la harina de tronco de brócoli. El costo de materia prima se establece en \$ 0,29 de los kilogramos, mientras que la mano de obra directa representa \$7,20 en total de los 2,25 Kg. Se incluyen también otros costos diversos por un total de \$2,25, los cuales engloban gastos adicionales asociados al proceso de elaboración. Estos elementos, junto con la materia prima y la mano de obra, contribuyen al costo de producción total de \$9,74 de los 2,25 Kg. Considerando el margen de beneficio, el costo de ventas se fija en \$11,05 en total, proporcionando un margen favorable de \$1.15. Esta relación beneficio/costo es indicativa de la rentabilidad del producto en el mercado. La estructura de costos detallada en estas tablas brinda una visión holística de la viabilidad económica de la harina de troncos de brócoli, permitiendo tomar decisiones informadas y estratégicas para su comercialización en el mercado.

Tabla 20.

Costo de producción proceso de deshidratación por Liofilización

Costo de producción harina por aire caliente	
Costo de materia prima (kg)	0,29
Mano de obra directa	\$ 9,6
Otros	\$ 2,5
Costo de producción (kg)	\$12,39
Costo ventas (kg)	\$13,65
Beneficio/Costo	\$ 1,16

Nota. Valores costo total de producción por Liofilización

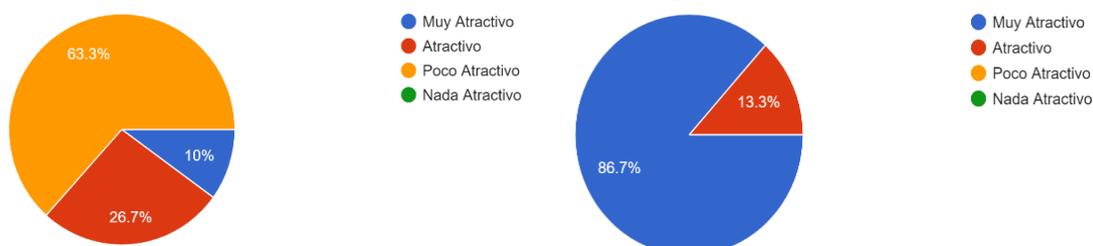
En la Tabla 20 se muestran los costos totales asociados a la producción de la harina de tronco de brócoli. El costo de materia prima se establece en \$ 0,29 de los kilogramos, mientras que la mano de obra directa representa \$9,60 en total de los 2,25 Kg. Se incluyen también otros costos diversos por un total de \$2,50 los cuales engloban gastos adicionales asociados al proceso de elaboración. Estos elementos, junto con la materia prima y la mano de obra, contribuyen al costo de producción total de \$12,39 de los 2,25 Kg. Considerando el margen de beneficio, el costo de ventas se fija en \$13,65 en total, proporcionando un margen favorable de \$1.16. Esta relación beneficio/costo es indicativa de la rentabilidad del producto en el mercado. La estructura de costos detallada en estas tablas brinda una visión holística de la viabilidad económica de la harina de troncos de brócoli, permitiendo tomar decisiones informadas y estratégicas para su comercialización en el mercado.

4.2.1 Resultados de la encuesta de aceptabilidad

La prueba de degustación se realizó a 30 panelistas no entrenados mediante una ficha con 4 criterios de calificación, esta se puede observar en el anexo 4 de la investigación, en la ficha se asignaron dos códigos a las 2 muestras para poder identificar la mejor harina a partir de tallos de brócoli.

Figura 4.

Apariencia en harina mediante secado por aire caliente vs por liofilización

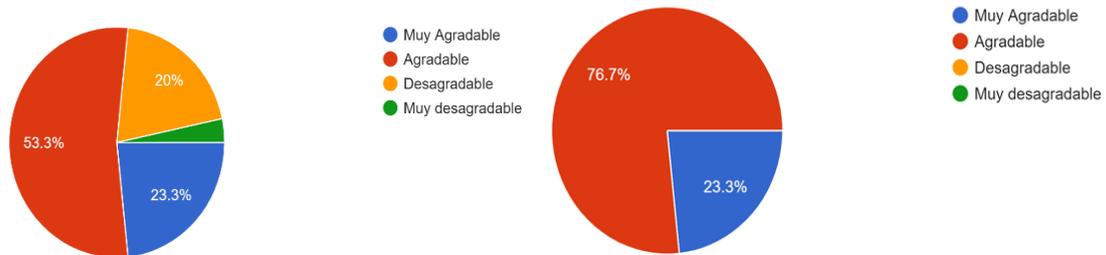


De acuerdo al parámetro de apariencia se determinó que, de los 30 estudiantes encuestados, solo un 10% de la población le pareció muy atractiva la muestra M1 (deshidratado por aire caliente) a diferencia de la muestra M2 (harina de brócoli con un

deshidratado por liofilización) que obtuvo un 86.7% siendo muy atractiva para los catadores.

Figura 5.

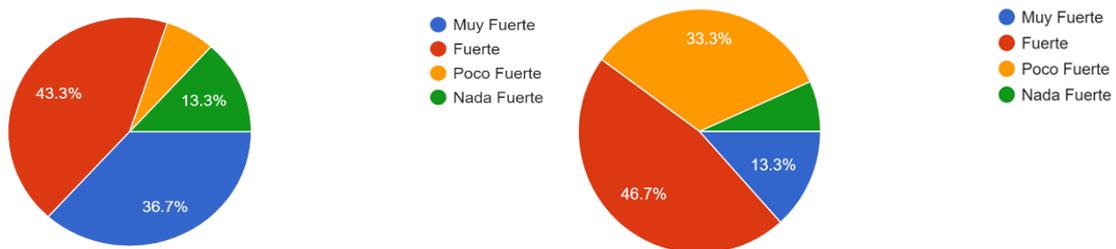
Aroma en harina mediante secado por aire caliente vs por liofilización



Como se observa en la figura 5, el parámetro de aroma indicó una mayor valoración con un 76.7% siendo la muestra M2 (harina de brócoli con un deshidratado por liofilización) agradable, a diferencia de M1 (deshidratado por aire caliente) que indicó un 53.3%, cabe recalcar que para las dos muestras los catadores calificaron con un 23.3% al indicador muy agradable.

Figura 6.

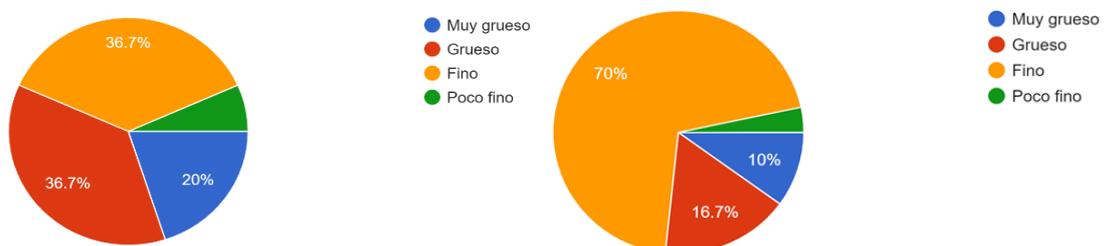
Sabor en harina mediante secado por aire caliente vs por liofilización



Como lo indica la figura 6, la muestra M2 estableció un sabor más fuerte con 46.7% de calificación, a diferencia de la muestra M1 que obtuvo un 43.3% en la clarificación entre los 30 catadores.

Figura 7.

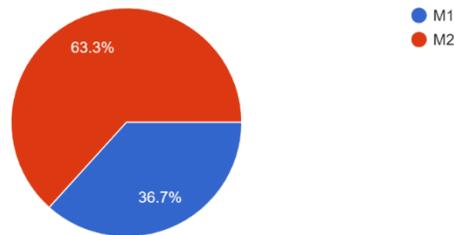
Textura en harina mediante secado por aire caliente vs por liofilización



Con relación al tamaño del grano en la textura de la harina, la encuesta indicó que a un 70% de la población le pareció fina la muestra M2 (harina de brócoli con un deshidratado por liofilización, de igual forma a un 36.7% de encuestados consideró fina la muestra M1 (deshidratado por aire caliente), estableciendo la diferencia entre el tamaño del grano por efecto de deshidratado en el proceso de molienda.

Figura 8.

Preferencia de harina por aire caliente vs por liofilización



De acuerdo con la figura 8 se observa que un 63.3% de la población les gusta más la harina con un proceso de deshidratación por liofilización, a diferencia de la muestra M1 que solo obtuvo un margen de aceptación de 36.7%.

4.2.1.1 Conclusión de la prueba de aceptación

Como lo indican los resultados de la prueba de aceptación, los panelistas establecieron una mayor preferencia con la harina de tallo de brócoli deshidratada por liofilización, esto se evidencia con una mayor aceptación, prefiriendo más la muestra M2 con una mejor apariencia, un mejor aroma, un sabor fuerte, destacando un grano fino para su gusto, todo esto se evidenció con un 63.3%, de aceptación.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Una vez finalizado el proyecto de investigación se concluye que:

- Se realizó el análisis físico-químico de la materia prima (Tronco de brócoli) por los dos métodos de deshidratación, donde se determinó que la humedad es el parámetro que indicó diferencias entre los dos procesos con una mayor extracción de agua por la liofilización ($17.456 \pm 0.079\%$) a diferencias de los otros parámetros estudiados como lo fue la fibra, proteína, cenizas y grasas que no evidenciaron diferencias.
- Se analizaron los parámetros microbiológicos del producto terminado en los dos procesos de deshidratación, que evidenciaron la elaboración un alimento inocuo libre de cargas bacterianas como lo fueron: *aerobios mesófilos*, *E-Coli*, *Salmonella* y *Coliformes*. Al igual que los indicadores físico-químicos que demostraron diferencias significativas en la humedad (15.67%) y proteína (8.67%) en el secado por liofilización y una nula incidencia del tipo de proceso sobre el contenido de fibra, cenizas y acidez que no indicó diferencias.
- Se determinó la factibilidad del producto con el cálculo del costo total de \$32.44 dólares americanos para 18 unidades producidas de 250 gramos, obteniendo un beneficio/costo de \$1.15 para la deshidratación por aire caliente y un beneficio/costo de \$1.16 por el método de liofilización, es decir que por cada dólar de inversión se tiene una rentabilidad de 0.15 centavos en el método por aire caliente y para el liofilizado una rentabilidad de 0.16 centavos.
- De acuerdo con la prueba de aceptación se determinó que, entre 30 panelistas no entrenados, un 63.3% prefirió la harina de tallo de brócoli deshidratada por liofilización con una mayor aceptación en parámetros de apariencia, aroma, sabor y finura del grano.

5.2 Recomendaciones

- Se debe tener un adecuado control de la humedad en el proceso de deshidratación sin importar el tipo de secado, debido a que en la producción de harinas un cambio brusco del contenido de agua en la composición puede provocar un crecimiento repentino de microorganismo no deseados que afectarán la calidad y seguridad alimentaria del producto final.
- Se deberían hacer análisis de otros residuos agroindustriales que mantenga nutrientes esenciales que permitan mejorar la alimentación del consumidor e influyan directamente en la disminución de la contaminación del medio ambiente por el uso de dichos residuos ya sea transformándolos en variedad de productos para un uso sustentable.
- Se puede realizar estudios más profundos del tallo de brócoli que permitan explorar posibles usos para su aplicación como alimentos funcionales y suplementos que se puedan alinear con las nuevas tendencias del mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- Batlle, T. A., Zaniolo, S. M., Leporati, J. L., Balmaceda, M. L., & Bomben. (2016). Influencia de las variables de secado en la calidad organoléptica de bocaditos salados a base de amaranto. *Avances en ciencias e ingeniería*, 10.
- Campas, O., Bueno, C., Mendoza, G., Armenta, J., Espinoza, W., Sánchez, D., & Jaime, L. (5 de Julio de 2021). *Fermentación Láctica De Los Residuos De Brócoli*. Obtenido de [smbb.mx: https://smbb.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA_III/CIII-40.pdf](https://smbb.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA_III/CIII-40.pdf)
- Das, P., & Ghosh, D. (2021). Yours Truly Broccoli. *Science and Culture*, 6.
- Delgado, D. (9 de Marzo de 2020). "Elaboración de pasta alimenticia con sustitución parcial de harina de brócoli (*brassica oleraceae var. italica*). Obtenido de dspace.unach.edu.ec: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6504>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (1 de Noviembre de 2023). *Situación del brócoli en Estados Unidos y Latinoamérica*. Obtenido de producepay.com: https://producepay.com/es/el-blog/situacion-del-brocoli-en-estados-unidos-y-latinoamerica/?utm_source=chatgpt.com
- Díaz, A., & Trelles, S. (5 de Enero de 2017). *Manual de buenas prácticas agrícolas y de producción para el cultivo de la fresa*. Obtenido de repositorio.iica.int: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2932/BVE17058869e.pdf?sequence=1>
- Drabińska, N., Nogueira, M., & Szmatołowicz, B. (4 de Julio de 2022). *Valorización de subproductos del brócoli: propiedades tecnológicas, sensoriales y gustativas de la pasta de trigo duro enriquecida con polvo de hojas de brócoli*. Obtenido de www.mdpi.com: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/15/4672>
- FAO. (2018). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://fliphtml5.com>: <https://fliphtml5.com/ijia/yglj/basic>
- Flores, M., Martínez, M., Rodríguez, J., Colinas, M., & Nieto, D. (Septiembre de 2014). *Jugo de brócoli en la inhibición de alternaria alternata en arúgula mínimamente procesada, calidad postcosecha*. Obtenido de www.redalyc.org: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60932843001>
- Fundación Española de la Nutrición . (4 de Marzo de 2024). *Broccoli*. Obtenido de www.fen.org.es: <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/brecol.pdf>
- García, A., Muñiz, S., Hernández, A., Lázaro, M., & Fernández, D. (Marzo de 2013). *Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa)*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu>: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000100011
- García, C., Moreno, D., Carvajal, M., & Martínez, C. (07 de Junio de 2012). *Polvo vegetal para alimentación y protección vegetal y métodos de preparación*. Obtenido de <http://hdl.handle.net>: <http://hdl.handle.net/10261/55977>
- González, A. (2012). *Desarrollo de un producto de panificación a partir de una harina compuesto de trigo, garbanzo y brócoli*. Obtenido de

- <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/049c05c0-c4fd-4770-93f9-b5fb52a39e59/content>
- González, C., Robles, M., Garcia, M., Rivera, K., & Villa, R. (Enero de 2018). *El brocoli: su importancia propiedades funcionales y biodisponibilidad*. Obtenido de <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol09/pdf/vol-09-1.pdf>
- Gualpa, A. (2021). *Evaluación del proceso de liofilización en fresa para su aplicación en la industria alimentaria*. Obtenido de <http://dSPACE.espace.edu.ec/bitstream/123456789/15528/1/27T00481.pdf>
- Gutierrez, Y. (2016). *Universidad católica de Santiago de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5437/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-4.pdf>
- Hincapié, G., Omaña, M., Hincapié, C., Arias, Z., & Velez, L. (2010). *Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/695/69519014010.pdf>
- Instituto ecuatoriano de normalización . (7 de Julio de 1990). *NTE INEN 1529-7 (1990) (Spanish): Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias*. Obtenido de www.studocu.com: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-del-norte/analisis-y-procesamiento-de-senales/ecnte152971990-coliformes/85135715>
- Instituto ecuatoriano de normalización . (4 de Enero de 2013). *INEN 522 Harinas de origen vegetal. Determinación de fibra cruda*. Obtenido de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/document/653997705/NTE-INEN-522-DETERMINACION-DE-FIBRA-CRUDE-EN-HARINAS-DE-ORIGEN-VEGETAL>
- Instituto ecuatoriano de normalización . (5 de Abril de 2015). *INEN Iso 11085. Determinación del contenido de grasa bruta y grasa total 2015*. Obtenido de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/document/686774580/EX-UNE-EN-ISO-11085-2015>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (4 de Diciembre de 1980). *INEN 0519. Harinas de origen vegetal. Determinación de la proteína*. Obtenido de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/document/387022145/Inen-519-Proteinas-Galletas-pdf>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (4 de Julio de 2012). *NTE INEN 520-2012 Harina Cenizas*. Obtenido de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/doc/187738698/NTE-INEN-520-2012-Harina-Cenizas>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (4 de Septiembre de 2013). *INEN 521. Harinas de origen vegetal. Determinación de la acidez titulables* . Obtenido de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/document/653997386/NTE-INEN-521-DETERMINACION-DE-LA-ACIDEZ-TITULABLE-HARINAS-DE-ORIGEN-VEGETAL>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (4 de Agosto de 2013). *NTE INEN 1529-15 (1996) (Spanish): Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método*

- de detección. Obtenido de es.scribd.com:
<https://es.scribd.com/document/422765462/1529-15-1R>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (9 de Octubre de 2016). *INEN 1529-8: Control microbiológico de los alimentos. Detección y recuento de Escherichia Coli presuntiva po la técnica del número mas probable*. Obtenido de es.scribd.com:
<https://es.scribd.com/document/621633173/nte-inen-1529-8-1>
- Instituto ecuatoriano de normalización. (4 de Enero de 2006). *INEN 1529-5: Mesofilos Aerobios*. Obtenido de es.scribd.com:
<https://es.scribd.com/doc/240179897/1529-5-1-c-Mesofilos-Aerobios>
- Lluminquina, N. (2022). *Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/adf171fb-be3d-480f-958b-e7e4727f3ae1/content>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (7 de Julio de 2018). *Producción de Brócoli: Situación actual*. Obtenido de fliphtml5.com: <https://fliphtml5.com/ijia/yglj/basic>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (7 de Julio de 2024). *Gestión de residuos sólidos y economía circular inclusiva – (GRECI)*. Obtenido de www.ambiente.gob.ec: <https://www.ambiente.gob.ec/proyecto-gestion-integral-de-residuos-solidos-y-economia-circular-inclusiva-greci/>
- Moraflores, C. V. (1 de Julio de 2014). *Desarrollo y caracterización de la harina del tronco de brócoli (Brassica Oleracea var. Italica) sometido a diferentes procesos de deshidratación*. Obtenido de repositorio.uvg.edu.gt:
<https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/381>
- Núñez, V., González, R., Baenas, N., Moreno, D., & Periago, J. (1 de Octubre de 2022). *Fracciones ricas en fibra dietética aisladas de tallos de brócoli como posible ingrediente funcional con compuestos fenólicos y glucosinolatos*. Obtenido de www.mdpi.com: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/21/13309>
- Ñacato, C., & Valencia, M. (Marzo de 2016). *Aislamiento, identificación y pruebas in vitro de cepas autóctonas de Bacillus subtilis como agente de biocontrol de Alternaria spp en brassica oleracea var. italica*. Obtenido de [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12144/1/UPS-QT09671.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12144/1/UPS-QT09671.pdf)
- Oropesa, K., Pentón, G., Lezcano, J., Miranda, T., & Núñez, F. (2020). Biodiversidad y manejo de los residuos agropecuarios en una finca del municipio de Perico, Matanzas. *SciELO*, 6.
- Ortega, M., Rosso, L., Sevilla, E., & Yanez, C. (2021). *Trabajo de conservación de alimentos II secado de granos y cereales*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/545805528/EI-secado>
- Paredes, P. (4 de Julio de 2023). *Obtención e ingredientes en polvo a partir de tallos de brócoli. Estudio de las etapas de fermentación y secado, y respuesta a la digestión simulada in vitro*. Obtenido de riunet.upv.es:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/195968/Paredes%20-%20Obtenci%C3%B3n%20de%20ingredientes%20en%20polvo%20a%20partir%20de%20tallos%20de%20br%C3%Coli.%20Estudio%20de%20las%20etapas%20%20....pdf?sequence=3>

- Peréz, V. (7 de Julio de 2014). *Proceso y fabricación de harina de subproductos del brócoli (Brassica oleracea var. Italica) y su implementación parcial en un producto de panificación*. Obtenido de biblioteca.usac.edu.gt: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1290_Q.pdf
- Quishpe, C. (8 de Julio de 2023). “*Diseño de un proceso agroindustrial para la obtención de sopas deshidratadas a partir de brócoli*”. Obtenido de dspace.espoeh.edu.ec: <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/18800/1/27T00587.pdf>
- Quishpe, G. C. (5 de Abril de Julio). *Diseño de una proceso agroindustrial para la obtención de sopas deshidratadas a partir de brócoli*. Obtenido de dspace.espoeh.edu.ec: <http://dspace.espoeh.edu.ec/handle/123456789/18800>
- Ramírez, E. (2 de Julio de 2014). *Obtención y caracterización de la fibra dietética a partir del bagazo de brocoli*. Obtenido de repositorio.uncp.edu.pe: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1961/Ramirez%20Tixe.pdf?sequence=1>
- Robles, J. (03 de Enero de 2018). *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/381672446/Metodo-de-Secado>
- Rodrigues, L., & Silva, B. (2016). *Natural Bioactive Compounds from Fruits and Vegetables as Health Promoters Part II*. Estados Unidos: Bentham Science Publishers – Sharjah, UAE.
- Rodríguez, X., & Rojas, F. (2022). Valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile. *SciELO*, 8.
- Rodríguez, X., & Rojas, F. (1 de Diciembre de 2022). Valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile. *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud*, 11. Obtenido de [scielo.iics.una.py: http://scielo.iics.una.py/pdf/iics/v20n3/1812-9528-iics-20-03-97.pdf](http://scielo.iics.una.py/pdf/iics/v20n3/1812-9528-iics-20-03-97.pdf)
- Sánchez, A. (4 de Julio de 2020). *Producción de brócoli en el Ecuador*. Obtenido de [obest.uta.edu.ec: https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/12/Brocoli-en-Ecuador-1.pdf](https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/12/Brocoli-en-Ecuador-1.pdf)
- Sanchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). *Universidad técnica de Ambato*. Obtenido de Producción de brocoli en Ecuador: <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/12/Brocoli-en-Ecuador-1.pdf>
- Servicio ecuatoriano de normalización. (4 de Julio de 1981). *NTE INEN 0518 (1981) (Spanish): Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento*. Obtenido de www.collegesidekick.com: <https://www.collegesidekick.com/study-docs/1801819>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (4 de Enero de 2015). *NTE INEN 616: Harina de Trigo: Requisitos*. Obtenido de [es.scribd.com: https://es.scribd.com/document/272228164/nte-inen-616-4](https://es.scribd.com/document/272228164/nte-inen-616-4)
- Siccha, A., & Lock, O. (Diciembre de 2015). *Liofilización*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7337190.pdf>
- Sifre, M., Amparo, D., & Pepita, P. (2019). *Universitat Jaume I*. Obtenido de <https://bibliotecavirtualsenior.es/wp-content/uploads/2019/06/LA-HARINA.pdf>

- Toledo, J. (Noviembre de 2004). *Cultivo del brócoli*. Obtenido de https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/272/1/Cultivo_brocoli%20INIA%20MINAGRI.pdf
- United States Department of Agriculture. (5 de Julio de 2024). *World Agricultural Production*. Obtenido de [downloads.usda.library.cornell.edu: https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/5q47rn72z/j6732z73r/7w62h400b/production.pdf](https://downloads.usda.library.cornell.edu/downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/5q47rn72z/j6732z73r/7w62h400b/production.pdf)
- UPAEP. (7 de Julio de 2014). *Análisis sensorial*. Obtenido de [investigacion.upaep.mx: https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf](https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf)
- Varquez, C., Mejía, B., & Ramírez, C. (2020). *Impacto de las tecnologías de procesamiento del brocoli sobre compuestos fitoquímicos relevantes en la salud humana: una revisión*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/813/81365122003/81365122003.pdf>
- Vega, A., Uribe, E., Pasten, A., Camus, J., Rojas, M., Vivian, G., . . . Maria. (2023). Low-Temperature Vacuum Drying on Broccoli: Enhanced Anti-Inflammatory and Anti-Proliferative Properties Regarding Other Drying Methods. *Foods*, 16.
- Yupangui, I. (2022). *Evaluación de la aceptabilidad de un producto deshidratado a base de arándano de segunda categoría y a los excedentes de producción*. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/14370/1/UDLA-EC-TMACSA-2022-10.pdf>
- Zamora, E. (Enero de 2016). *Universidad de Sonora*. Obtenido de [El cultivo del brocoli: https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf](https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf)

ANEXOS

Anexo A: Fotografías de pruebas de laboratorio

HARINA DE TRONCO DE BROCOLI



Tallos de brocolí



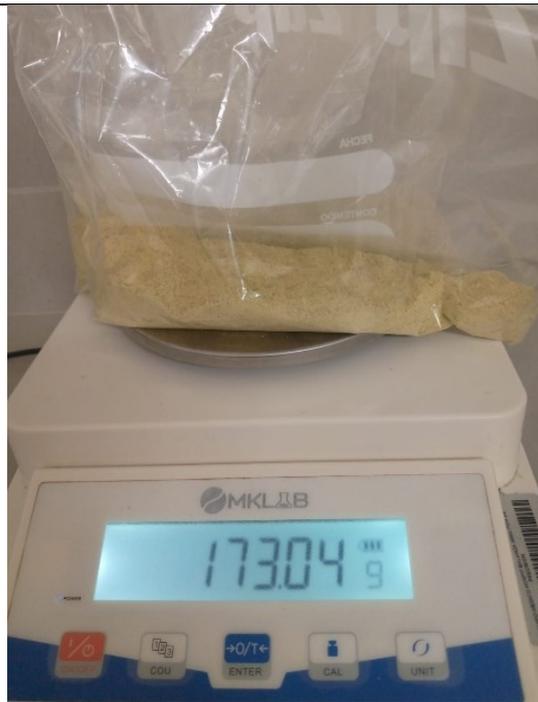
Cortes de tallos



Deshidrataciób de los tallos por aire caliente



Tallos deshidratados



Harina de tallos de brocolí



Pesado de tallos



Deshidratación por liofilización



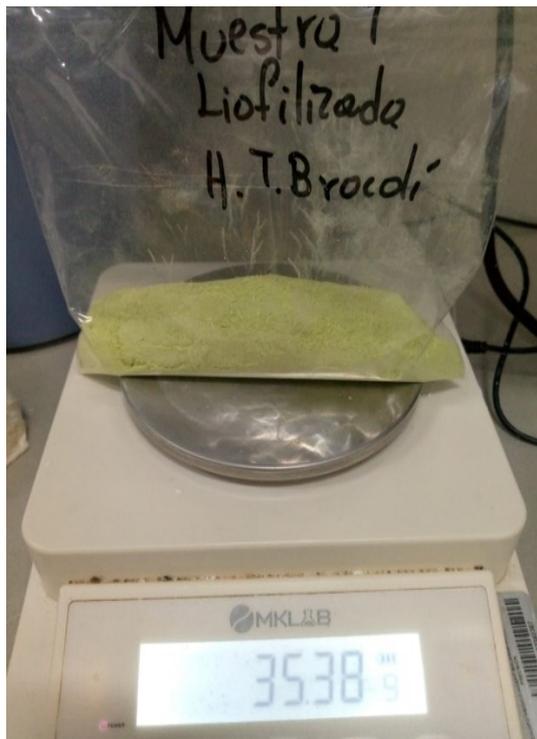
Tallos liofilizados



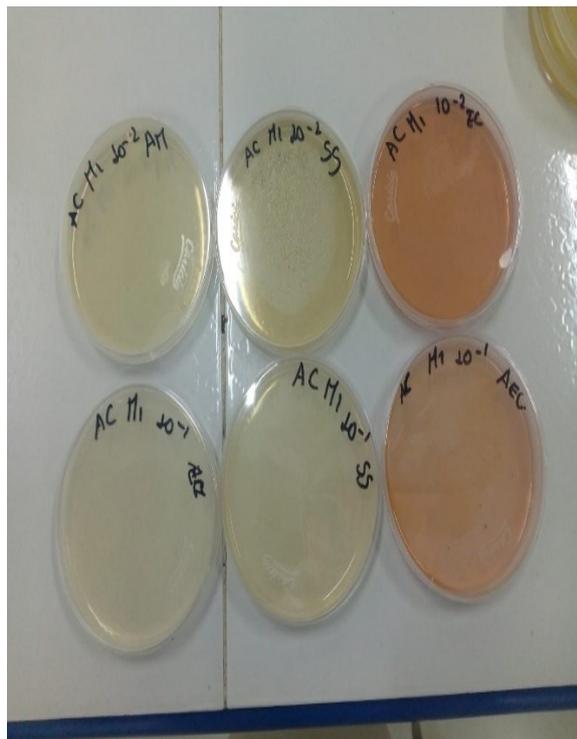
Muestras de harina



Encuesta de aceptabilidad



Pesado de harina



Análisis microbiológicos

Anexo B: Ficha de toma de datos experimental



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA



FICHA DE TOMA DE DATOS EXPERIMENTAL	
DATOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	
Tema de la investigación:	Elaboración y caracterización de la harina del tronco de brócoli (brassica oleracea var. italica) sometido a diferentes procesos de deshidratación.
Objetivo	Elaborar y caracterizar harina del tronco de brócoli (brassica oleracea var. italica) sometido a diferentes procesos de deshidratación obtenidos del Mercado Mayorista de la Ciudad de Riobamba
Nombre del estudiante	Tixi Lopez Josselyn Lizbeth
Fecha de la toma de datos	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Nombre del producto	
Tipo de muestra: (sólido, líquido, polvo)	
Cantidad de la muestra	
Condiciones de la muestra (refrigerado, congelado, temperatura ambiente, etc)	
OBSERVACIONES	
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD	
Firma del estudiante:	
Firma del responsable del laboratorio	

Anexo C: Ficha test de aceptación

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA AGROINDUSTRIAL

Ficha de cata de la harina del tronco de brócoli para el tema de investigación

Fecha:

Instrucciones: Por favor, analice cada muestra de la harina de tronco de brócoli y responda a las siguientes preguntas basándose en sus percepciones sensoriales. Utilice la escala proporcionada para evaluar cada aspecto señalando con una **X** su respuesta.

PROCESO DE DESHIDRATADO POR AIRE CALIENTE

Muestra 1

Código: (M1)

Apariencia	Aroma
Color:	Calidad del aroma:
Muy Atractivo ----	Muy agradable -----
Atractivo ----	Agradable -----
Poco Atractivo ----	Desagradable -----
Nada Atractivo ----	Muy desagradable -----
Sabor	Textura de la harina
Intensidad:	Granularidad:
Muy fuerte -----	Muy grueso -----
Fuerte -----	Grueso -----
Poco fuerte -----	Fino -----
Nada fuerte -----	Poco fino -----

PROCESO DE DESHIDRATADO POR LIOFILIZACION

Muestra 2

Código: (M2)

Apariencia	Aroma
Color:	Calidad del aroma:
Muy Atractivo ----	Muy agradable -----
Atractivo ----	Agradable -----
Poco Atractivo ----	Desagradable -----
Nada Atractivo ----	Muy desagradable -----
Sabor	Textura de la harina
Intensidad:	Granularidad:
Muy fuerte -----	Muy grueso -----
Fuerte -----	Grueso -----
Poco fuerte -----	Fino -----
Nada fuerte -----	Poco fino -----

- De todas las muestras probadas, ¿cuál fue su favorita? (Indica el código de la muestra): _____

Anexo D: Norma INEN 616:2015



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 616
Cuarta revisión
2015-01

HARINA DE TRIGO. REQUISITOS

WHEAT FLOUR. REQUIREMENTS

DESCRIPTORES: Productos alimenticios, cereales, productos derivados, harina de trigo, requisitos
ICS: 67.060

8
Páginas

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HARINA DE TRIGO REQUISITOS	NTE INEN 616:2015 Cuarta revisión 2015-01
---	---------------------------------------	--

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las harinas de trigo destinadas al consumo humano y al uso en la elaboración de otros productos alimenticios.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias con fecha, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier enmienda).

NTE INEN 517, *Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de partículas*

NTE INEN 520, *Harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza*

NTE INEN 521, *Harinas de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable*

NTE INEN 525, *Determinación del bromato de potasio en harinas blanqueadas y en harina integral (Método cualitativo y cuantitativo)*

NTE INEN 1334-1, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos*

NTE INEN 1334-2, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos*

NTE INEN 1334-3, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 3. Requisitos para declaraciones nutricionales y declaraciones saludables*

NTE INEN 1529-8, *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E.coli*

NTE INEN 1529-10, *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad*

NTE INEN-CODEX 192, *Norma general del Codex para los aditivos alimentarios (Mod)*

NTE INEN-CODEX 193, *Norma general para los contaminantes y las Toxinas presentes en los alimentos y piensos*

NTE INEN-CODEX STAN 228, *Métodos de análisis generales para los contaminantes*

NTE INEN-ISO 712, *Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia*

NTE INEN-ISO 2171, *Cereales, leguminosas y subproductos. Determinación del rendimiento de cenizas por incineración*

NTE INEN-ISO 20483, *Cereales y leguminosas. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína bruta. Método Kjeldahl*

NTE INEN-ISO 24333, *Cereales y productos derivados. Toma de muestras*

NTE INEN-ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*

NTE INEN-ISO 11085, *Cereales, productos a base de cereales y alimentos para animales. Determinación del contenido de grasa bruta y grasa total mediante el método de extracción Randall*

NTE INEN-ISO 21415-1, *Trigo y harina de trigo. Contenido de gluten. Parte 1: Determinación de gluten húmedo mediante un método manual*

NTE INEN-ISO 21415-2, *Trigo y harina de trigo. Contenido de gluten. Parte 2: Determinación de gluten húmedo por medios mecánicos*

ISO 15141-1, *Productos alimenticios. Determinación de Ocratoxina A en cereales y productos derivados. Parte 1: Método de cromatografía líquida de alta resolución con lavado en gel de sílice*

ISO 15141-2, *Productos alimenticios. Determinación de Ocratoxina A en cereales y productos derivados. Parte 2: Método de cromatografía líquida de alta resolución con lavado en bicarbonato*

Rec. TE INEN-OIML R 87, *Cantidad de producto en paquetes*

AOAC 2003.06, *Grasa bruta en piensos, granos de cereales y forrajes. Método de extracción Randall/Soxtec*

AOAC 997.02, *Contaje de mohos y levaduras en alimentos. Película seca rehidratable. (Método Petrifilm™)*

AOAC 991.14, *Coliformes y Escherichia coli. Contaje en alimentos. Película seca rehidratable (Método Petrifilm™ E. coli/Coliform)*

AOAC 2000.03, *Ocratoxina A en Cebada. Inmunofluorescencia por columna de HPLC columna*

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones.

3.1 Harina de trigo. Producto que se obtiene de la molienda de los granos de trigo. Puede o no tener aditivos alimentarios.

3.2 Fortificación o enriquecimiento. Adición de uno o más micronutrientes a un alimento, tanto si está como si no está contenido normalmente en el alimento, con el fin de prevenir o corregir una deficiencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o en grupos específicos de la población.

3.3 Harina fortificada. Harina de trigo a la que se ha adicionado vitaminas, sales minerales u otros micronutrientes.

3.4 Agentes de tratamiento de harinas. Aditivos alimentarios que se añaden a la harina de trigo para mejorar su funcionalidad.

3.5 Gluten. Sustancia viscoelástica compuesta principalmente por dos fracciones proteicas (gliadina y glutenina) hidratadas.

3.6 Leudante. Toda sustancia química u organismo que actúa como agente de gasificación mediante la producción de dióxido de carbono (CO₂).

3.7 Harina autoleudante. Harina de trigo que contiene sustancias leudantes.

3.8 Harina Integral. Harina elaborada a partir de granos de trigo que conserva el salvado y el germen.

4. CLASIFICACIÓN

La harina de trigo se clasifica de acuerdo a su uso en:

- 4.1 Harina de trigo para panificación,
- 4.2 Harina de trigo para pastificios,
- 4.3 Harina de trigo para pastelería y galletería,
- 4.4 Harina de trigo autoleudante,
- 4.5 Harina de trigo para todo uso,
- 4.6 Harina de trigo integral.

5. REQUISITOS

5.1 Generalidades

La harina de trigo debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Estar exenta de cualquier peligro físico, químico o biológico que afecte la inocuidad del producto,
- b) Tener un olor y sabor característico del grano de trigo molido.

5.2 Requisitos físicos y químicos

Para efectos de esta norma deben cumplirse los requisitos físicos y químicos indicados en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo

REQUISITOS	Unidad	Pastificios	Panificación	Pastelería y galletería	Auto-leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad, máximo	%	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	15,0	NTE INEN-ISO 712
Proteína (materia seca)*, mínimo	%	10,5	10	7	7	9	11	NTE INEN-ISO 20483
Cenizas (materia seca), máximo	%	0,85	1	0,8	3,5	0,8	2,0	NTE INEN-ISO 2171
Acidez (expresado en ácido sulfúrico), máximo	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	NTE INEN 521

REQUISITOS	Unidad	Pastificios	Panificación	Pastelería y galletería	Auto-leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO	
Gluten húmedo, mínimo	%	28	28	20	20	25	-	NTE INEN-ISO 21415-1 o NTE INEN-ISO 21415-2	
Grasa (materia seca), máximo	%	2	2	2	2	2	3	NTE INEN-ISO 11085 AOAC 2003.06**	
Tamaño de partícula									
Pasa por un tamiz de 212 μm , mínimo	%	95						-	NTE INEN 517
* Factor de conversión de nitrógeno a proteína para trigo $w_N \times 5,7$.									
** Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad.									

5.3 Ingredientes facultativos

Los siguientes ingredientes pueden agregarse a la harina de trigo en las cantidades necesarias para fines tecnológicos:

- productos malteados con actividad enzimática, fabricados con trigo, centeno o cebada;
- gluten vital de trigo;
- harina de soja y harina de leguminosas.

NOTA: La harina de trigo puede ser tratada con enzimas como coadyuvantes tecnológicos, el nivel de uso debe estar de acuerdo a las buenas prácticas de fabricación, BPF.

5.4 Aditivos alimentarios

5.4.1 La harina de trigo debe cumplir con el nivel máximo permitido de los aditivos y de los agentes de tratamiento de harinas, conforme a lo establecido en la NTE INEN-CODEX 192.

5.4.2 Bromato de potasio

En la harina de trigo no se admite el uso de bromato de potasio. La determinación debe realizarse según la NTE INEN 525, cuyo resultado debe ser "ausencia".

5.5 Sustancias de fortificación

La harina de trigo debe fortificarse conforme al "Reglamento de fortificación y enriquecimiento de la harina de trigo en el Ecuador para la prevención de las anemias nutricionales" y sus reformas vigentes.

Los métodos de ensayo para determinar las sustancias de fortificación en la harina de trigo, utilizados con fines de control de calidad, se muestran en el apéndice Y.

5.6 Requisitos microbiológicos

La harina de trigo debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la Tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para la harina de trigo

REQUISITO	UNIDAD	Caso	n	c	m	M	MÉTODO DE ENSAYO
Mohos y levaduras	UFC/g	5	5	2	1×10^3	1×10^4	NTE INEN 1529-10 AOAC 997.02*
<i>E. Coli</i>	UFC/g	5	5	2	< 10	-	NTE INEN 1529-8 AOAC 991.14*

* Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad.

donde

- n Número de muestras del lote que deben analizarse,
- c Número de muestras defectuosas aceptables,
- m Límite de aceptación,
- M Límite de rechazo.

5.7 Contaminantes

La harina de trigo debe ser elaborada con granos de trigo que cumpla los niveles máximos de contaminantes establecidos en la Tabla 3 y Tabla 4, según la NTE INEN-CODEX 193.

TABLA 3. Metales pesados en granos de trigo

Metal	Nivel máximo mg/kg
Cadmio	0,2
Plomo	0,2

El análisis de contaminantes para fines de control de calidad puede realizarse de acuerdo a los métodos indicados en la NTE INEN-CODEX STAN 228.

TABLA 4. Micotoxinas en granos de trigo

Micotoxina	Nivel máximo $\mu\text{g/kg}$
Ocratoxina A	5

El análisis de ocratoxina A puede realizarse de acuerdo a las ISO 15141-1 o ISO 15141-2. El método AOAC 2000.03 puede ser utilizado para fines de control de calidad.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

Las muestras que se tomen para el ensayo pueden realizarse de acuerdo a la NTE INEN-ISO 24333 y para la determinación de la cantidad de muestras puede realizarse de acuerdo a la NTE INEN-ISO 2859-1.

7. ENVASADO Y ROTULADO

7.1 Envasado

La harina debe envasarse en recipientes de tal manera que no alteren las cualidades higiénicas, nutritivas y técnicas del producto. Como requisito metrológico debe utilizarse la Recomendación Técnica INEN-OIML R 87.

7.2 Rotulado

El rotulado del producto contemplado en esta norma debe cumplir con lo especificado en las NTE INEN 1334-1, NTE INEN 1334-2 y NTE INEN 1334-3.

Anexo C: Análisis estadístico SPSS

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Visible: 11 de 11 variables

	Proceso	Humedad	Fibra	Proteína	Cenizas	Grasaa	Humedad H	ProteínaH	CenizasH	AcidezH	FibraH	var	var	var	var	var
1	1,00	82.62	6.56	.95	1.62	.07	4.56	7.67	3.45	.06	11.12					
2	1,00	82.63	6.57	.98	1.63	.08	4.56	7.67	3.46	.06	11.13					
3	1,00	82.63	6.57	.98	1.63	.07	4.57	7.68	3.46	.07	11.12					
4	1,00	82.63	6.56	.96	1.62	.06	4.57	7.68	3.46	.06	11.12					
5	1,00	82.62	6.56	.98	1.63	.07	4.56	7.67	3.45	.06	11.14					
6	1,00	82.62	6.57	.98	1.62	.07	4.57	7.68	3.46	.07	11.13					
7	1,00	82.62	6.57	.95	1.63	.07	4.57	7.68	3.46	.07	11.13					
8	1,00	82.63	6.58	.98	1.63	.08	4.56	7.68	3.47	.08	11.12					
9	1,00	82.63	6.58	.99	1.65	.07	4.58	7.67	3.46	.07	11.13					
10	2,00	83.88	6.57	.96	1.63	.07	5.67	8.67	3.45	.06	11.12					
11	2,00	83.87	6.58	.96	1.64	.07	5.66	8.68	3.46	.07	11.13					
12	2,00	83.87	6.57	.98	1.62	.08	5.67	8.68	3.46	.07	11.13					
13	2,00	83.72	6.56	.96	1.63	.08	5.66	8.68	3.45	.06	11.13					
14	2,00	83.71	6.57	.98	1.64	.08	5.66	8.67	3.45	.07	11.13					
15	2,00	83.71	6.57	.98	1.64	.07	5.67	8.68	3.46	.07	11.12					
16	2,00	83.72	6.56	.95	1.63	.06	5.67	8.67	3.45	.07	11.12					
17	2,00	83.71	6.56	.98	1.64	.07	5.66	8.68	3.46	.08	11.12					
18	2,00	83.73	6.57	.98	1.62	.07	5.67	8.67	3.45	.08	11.13					
19																
20																
21																
22																

Vista de datos Vista de variables

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado

- Registro
- Prueba T
 - Título
 - Notas
 - Conjunto de da
 - Estadísticas de
 - Prueba de mue
 - Tamaños de ef
- Registro
- Gráfico
 - Título
 - Notas
 - Barra de error c
- Registro
- Prueba T
 - Título
 - Notas
 - Estadísticas de
 - Prueba de mue
 - Tamaños de ef
- Registro
- Gráfico
 - Título
 - Notas
 - Barra de error c
- Registro
- Prueba T
 - Título
 - Notas
 - Estadísticas de
 - Prueba de mue
 - Tamaños de ef
- Registro
- Gráfico

Prueba T

[ConjuntoDatos1]

Estadísticas de grupo

Proceso	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Humedad Deshidratación por aire caliente	9	82,6256	,00527	,00176
Deshidratación por liofilización	9	83,7689	,07865	,02622

Prueba de muestras independientes

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Humedad	Se asumen varianzas iguales	51,445	<,001	-43,512	16	<,001	-1,14333	,02628	-1,19904	-1,08763
	No se asumen varianzas iguales			-43,512	8,072	<,001	-1,14333	,02628	-1,20383	-1,08283

Tamaños de efecto de muestras independientes

Humedad	d de Cohen	Standardizer ^a	Estimación de puntos	Intervalo de confianza al 95%	
				Inferior	Superior
		,05574	-20,512	-27,597	-13,411

IRM SPSS Statistics Procesos está lista. Uniendo ACTIVADO

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado

- Registro
- Prueba T
 - Título
 - Notas
 - Conjunto de da
 - Estadísticas de
 - Prueba de mue
 - Tamaños de ef
- Registro
- Gráfico
 - Título
 - Notas
 - Barra de error c

Tamaños de efecto de muestras independientes

Humedad	d de Cohen	Standardizer ^a	Estimación de puntos	Intervalo de confianza al 95%	
				Inferior	Superior
		,05574	-20,512	-27,597	-13,411
	corrección de Hedges	,05853	-19,533	-26,279	-12,771
	delta de Glass	,07865	-14,537	-21,575	-7,518

a. El denominador utilizado en la estimación de tamaños del efecto.
 La d de Cohen utiliza la desviación estándar combinada.
 La corrección de Hedges utiliza la desviación estándar combinada, más un factor de corrección.
 El delta de Glass utiliza la desviación estándar de muestra del grupo de control.

