

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Evaluación del efecto de extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de un snack de sémolas de garbanzo (*Cicer arietinum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniera en Alimentos

AUTORA: Arias Almeida Emely María

TUTOR: Ing. Rivas Rosero Carlos Alberto, MSc.

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Arias Almeida Emely María con el número de cédula 1729137750 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del efecto de extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de un snack de sémolas de garbanzo (*Cicer arietinum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. Rivas Rosero Carlos Alberto, MSc

TUTOR

Tulcán, enero de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Arias Almeida Emely María con cédula de identidad número 1729137750 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature reads "Emely Arias".

Arias Almeida Emely María

AUTORA

Tulcán, enero de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Arias Almeida Emely María declaro ser autora de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación del efecto de extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de un snack de sémolas de garbanzo (*Cicer arietinum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature appears to read "Emely Arias".

Arias Almeida Emely María

AUTORA

Tulcán, enero de 2026

AGRADECIMIENTO

A Dios por concederme salud, fortaleza y sabiduría para superar cada reto académico y perseverar hasta cumplir mi sueño. Gracias por sostenerme en mis días de cansancio y por recordarme que cada meta alcanzada es también un acto de fe.

Agradezco a todos los docentes de la carrera de Alimentos quienes han compartido sus conocimientos, experiencias y habilidades en mi formación académica, en especial al MSc. Carlos Rivas por haberme acompañado, guiado y compartido su conocimiento a lo largo del proceso de titulación. Cada recomendación y guía recibida han contribuido significativamente al desarrollo de este proyecto.

A mi mami Elena Almeida por ser mi guía y ejemplo de resiliencia, valentía, dedicación y enseñarme a luchar con humildad y determinación para cumplir mis metas con responsabilidad.

A mis hermanos, gracias por acompañarme, por creer en mis capacidades y su apoyo constante en cada paso para la realización de este sueño.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación, con todo mi amor y gratitud a mi madre Elena por ser mi ejemplo de fortaleza, sacrificio y amor incondicional. Gracias por impulsarme, motivarme y brindarme la oportunidad de cumplir mi sueño porque a pesar de las dificultades me apoyaste constantemente para ser profesional.

A mis hermanos, por ser mi compañía, motivarme y recordarme siempre que con esfuerzo y perseverancia se logra cumplir los objetivos.

Este trabajo representa no solo el cumplimiento de una meta académica, sino el reflejo del amor, la unión y el apoyo familiar que me acompañaron a lo largo de este camino.

ÍNDICE

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
I. EL PROBLEMA	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3. JUSTIFICACIÓN	19
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo General	20
1.4.2. Objetivos Específicos	20
1.4.3. Preguntas de Investigación	20
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1. Zanahoria blanca	22
2.2.1.1. Origen	22
2.2.1.2. Harina de zanahoria blanca.....	23
2.2.1.3. Valor nutricional	23
2.2.1.4. Composición química	24
2.2.2. Garbanzo	24
2.2.2.1. Origen	24
2.2.2.2. Harina de garbanzo.....	25
2.2.2.3. Composición nutricional.....	25
2.2.3. Snacks	26
2.2.4. Proceso para la obtención de snacks	26
2.2.4.1. Fritura.....	26

2.2.5. Extrusión	27
2.2.6. Clases de extrusión	28
2.2.6.1. Extrusión a baja presión	28
2.2.6.2. Extrusión a alta presión	28
2.2.6.3. Tipos de extrusores	28
2.2.6.4. Extrusores de pistón	28
2.2.6.5. Extrusor de rodillos	29
2.2.7. Extrusores de tornillo.....	29
2.2.7.1. Extrusores de un solo tornillo	29
2.2.7.2. Extrusores de doble tornillo	29
2.2.7.3. Variables en el proceso de extrusión y modificaciones.	30
2.2.7.4. Efecto sobre los almidones.....	30
2.2.8. Efecto sobre las proteínas	30
2.2.9. Efecto sobre las grasas	31
2.3.1. Efecto sobre las vitaminas.....	31
2.3.2. Ventajas del proceso de extrusión.....	31
2.3.3. Definiciones de harina, sémolas y gritz	32
2.3.3.1. Harinas.....	32
2.3.3.2. Sémolas	32
2.3.3.3. Gritz	33
III. METODOLOGÍA	35
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	35
3.1.1. Enfoque	35
3.1.2. Tipo de Investigación	35
3.2. HIPÓTESIS	35
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	35
3.3.1. Operacionalización de las variables	37
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	39

3.4.1. Obtención de sémola de garbanzo	39
3.4.2. Obtención de sémola de zanahoria blanca	40
3.4.3. Obtención de snack extruido	42
3.4.3.1. Análisis fisicoquímicos	43
3.4.3.1.1. Humedad	43
3.4.3.1.2. Ceniza	44
3.4.3.1.3. Grasa	44
3.4.3.1.4. Fibra	45
3.4.3.1.5. Proteína	45
3.4.3.2. Análisis Microbiológicos	46
3.4.3.3. Análisis sensorial.....	46
3.4.3.4. Características Texturales	47
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1. RESULTADOS	49
4.1.1 Análisis fisicoquímico de las materias primas	49
4.1.2 Análisis fisicoquímico	49
4.1.2.1 Humedad.....	49
4.1.2.2 Proteína.....	50
4.1.2.3 Grasa.....	51
4.1.2.4 Cenizas.....	52
4.1.2.5 Fibra.....	53
4.1.3 Análisis microbiológico	53
4.1.4 Análisis de textura	54
4.1.4.1 Dureza	54
4.1.4.2 Adhesividad.....	54
4.1.4.3 Cohesividad	55
4.1.4.4 Elasticidad	55
4.1.4.5 Firmeza	56

4.1.4.6 Masticabilidad.....	56
4.1.4.7 Fracturabilidad	56
4.1.5 Análisis sensorial	57
4.1.5.1. Sabor	57
4.1.5.2. Olor	58
4.1.5.3. Apariencia	59
4.1.5.4. Textura.....	59
4.2. DISCUSIÓN	61
4.2.1 Caracterización fisicoquímica.....	61
4.2.2 Análisis fisicoquímico	62
4.2.3 Análisis microbiológicos.....	64
4.2.4 Análisis texturales	64
4.2.5 Análisis sensorial	67
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
5.1. CONCLUSIONES	69
5.2. RECOMENDACIONES	70
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
VII. ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional de la zanahoria blanca	24
Tabla 2. Composición química de Arracacia xanthorrhiza.....	24
Tabla 3. Composición química de la harina de garbanzo.	26
Tabla 4. Operacionalización de variables: Snack extruido	37
Tabla 5. Formulación de la mezcla (70% de sémola de garbanzo - 30% de sémola de zanahoria blanca).....	38
Tabla 6. Formulación de la mezcla (50% de sémola de zanahoria blanca – 50% de	38
Tabla 7. Formulación de la mezcla (30% de sémola de garbanzo - 70% de sémola de zanahoria blanca).....	38
Tabla 8. Arreglo factorial.	47
Tabla 9. Diseño de tratamientos y combinaciones.....	47
Tabla 10. Caracterización fisicoquímica de las materias primas.	49
Tabla 11. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de humedad.	50
Tabla 12. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para humedad.	50
Tabla 13. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de proteína.	50
Tabla 14. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para proteína.	51
Tabla 15. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de grasa.....	51
Tabla 16. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para grasa.....	51
Tabla 17. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de cenizas.....	52
Tabla 18. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para cenizas.....	52
Tabla 19. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de fibra.....	53
Tabla 20. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para fibra.....	53
Tabla 21. Análisis microbiológico de los tratamientos de snacks extruidos.	54
Tabla 22. Resultados de la prueba de Tukey para dureza.....	54
Tabla 23. Resultados de la prueba de Tukey para adhesividad.	55
Tabla 24. Resultados de la prueba de Tukey para cohesividad.....	55
Tabla 25. Resultados de la prueba de Tukey para elasticidad.....	55
Tabla 26. Resultados de la prueba de Tukey para firmeza.	56

Tabla 27. Resultados de la prueba de Tukey para masticabilidad.	56
Tabla 28. Resultados de la prueba de Tukey para fracturabilidad.	57
Tabla 29. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de sabor.	57
Tabla 30. Prueba de Kruskall Wallis para sabor.	58
Tabla 31. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de olor.	58
Tabla 32. Prueba de Kruskall Wallis para olor.	58
Tabla 33. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de apariencia.	59
Tabla 34. Prueba Kruskall Wallis para apariencia.	59
Tabla 35. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de textura.	60
Tabla 36. Prueba Kruskall Wallis para textura.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de sémola de garbanzo.....	39
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de sémola de zanahoria blanca.....	41
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de snack extruido.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.....	79
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	80

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo en los laboratorios de análisis en alimentos de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi. El objetivo general fue evaluar el efecto de la extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de un snack elaborado a partir de sémola de garbanzo (*Cicer arietinum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), considerando dos factores de estudio, proporción de materias primas y temperatura de extrusión. Se empleó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial AxB, conformado por seis tratamientos con tres repeticiones cada uno, obteniendo un total de 18 unidades experimentales, con un peso de 3 kg por unidad. Se realizó la caracterización fisicoquímica de las sémolas, analizándose humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra, lo que evidenció que la sémola de garbanzo presentó un valor nutricional superior a la zanahoria blanca. Los resultados fueron satisfactorios para todos los tratamientos, dado que cumplieron con los parámetros establecidos en la Norma INEN 2561:2010. En cuanto a la evaluación sensorial del snack el tratamiento 6 fue el más aceptable con una formulación de 70% de sémola de zanahoria blanca y 30% de sémola de garbanzo y una temperatura de extrusión de 140°C. En cuanto a los análisis microbiológicos se encontraron dentro de los límites establecidos por la Norma INEN 2561:2010 garantizando la inocuidad del producto.

Palabras Claves: Sémolas, extrusión, garbanzo, zanahoria blanca.

ABSTRACT

This research was conducted in the food analysis laboratories at Universidad Politécnica Estatal del Carchi. The overall objective was to evaluate the effect of extrusion on the physicochemical and rheological properties of a snack made from chickpea (*Cicer arietinum*) and white carrot (*Arracacia xanthorrhiza*), considering two study factors: raw material ratio and extrusion temperature. For the experimental analysis, a completely randomized design was used, with an AxB factorial arrangement, consisting of six treatments with three replicates each, obtaining a total of 18 experimental units, weighing 3 kg per unit. The physicochemical characterization of the semolina was carried out, analyzing moisture, protein, fat, ash, and fiber, which showed that chickpea semolina had a higher nutritional value than white carrot. The results were satisfactory for all treatments, as they complied with the parameters established in INEN Standard 2561:2010. In terms of sensory evaluation of the snack, treatment 6 was the most acceptable, with a formulation of 70% white carrot semolina and 30% chickpea semolina and an extrusion temperature of 140°C. Microbiological analyses were found to be within the limits established by INEN Standard 2561:2010, guaranteeing the safety of the product.

Keywords: Semolina, extrusion, chickpea, white carrot.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la alimentación es un factor de suma importancia para garantizar la salud, por lo que el gasto en alimentos nutritivos es una alternativa para mejorarla. La población más vulnerable son los niños y adolescentes, que no cuentan con una dieta equilibrada y, por tanto, su consumo no contribuye a desarrollo. Esto se debe a que actualmente se consume muchos snacks con un alto contenido calórico un bajo aporte nutricional. Por este motivo, es importante destacar que el consumo de snacks ha aumentado un 64% en los últimos 4 años, ya que estos productos son de fácil acceso y bajo coste, y resultan atractivos para los niños y adolescentes.

Los snacks extruidos se han establecido como aquellos productos que son procesados, esto a partir de varios cereales que aportan propiedades y un valioso contenido de almidón. Fortalece las necesidades energéticas de manera natural y permiten evitar enfermedades relacionadas con el sobrepeso y la hipertensión que en muchas ocasiones son causadas por los snacks tradicionales.

Desde esta perspectiva, el garbanzo y la zanahoria blanca se han establecido como productos con un gran aporte nutricional. Entre sus propiedades, se destacan la vitamina C, Potasio, Fibra y una gran cantidad de antioxidantes que contribuyen a la protección del cuerpo mediante la estimulación del sistema inmunológico. Por esta razón, actualmente la demanda de aperitivos saludables requiere un producto con propiedades fisicoquímicas que puedan satisfacer sus necesidades. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de un aperitivo de sémolas de garbanzo y zanahoria blanca.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global los problemas más frecuentes en la sociedad es la desnutrición y la inseguridad alimentaria debido al desaprovechamiento de productos que contengan propiedades nutritivas como la zanahoria blanca y el garbanzo que se han caracterizado por ser productos alimenticios que contienen un alto nivel de proteínas y vitaminas, sin embargo, para cumplir con los requerimientos de la demanda la agroindustria en sus procesos de extrusión ha utilizado productos tradicionales con un bajo nivel nutritivo, incumpliendo con las propiedades reológicas y fisicoquímicas que requiere la demanda (Cerón, Guerra, Legarda, Enríquez, & Portilla, 2019).

Desde el contexto nacional, en Ecuador la mayoría de la extrusión de alimentos se los realiza a base de maíz, a pesar de las extensas variedades de garbanzo y zanahoria blanca que no son aprovechados por la agroindustria nacional; por esta razón, se han intentado realizar esfuerzos para obtener snacks de zanahoria blanca, sin embargo, en muchas agroindustrias la extrusión húmeda ha ocasionado la pérdida de vitamina C; puesto que no ha sido protegida. En este sentido, en Ecuador existe insuficientes procesos de extrusión de snack a base de zanahoria blanca y sémolas de garbanzo, esto ha ocasionado el desaprovechamiento de las propiedades nutritivas de estos alimentos; incumpliendo con las necesidades nutritivas de los consumidores, es decir, la extrusión de snacks a bases de estos alimentos ha ocasionado que la demanda consuma snacks con niveles bajos proteicos (Rivera, 2023).

En virtud de ello, esta problemática surge cuando existen grandes cultivos de zanahoria blanca y garbanzo en el país que mantienen diversas bondades nutritivas, sin embargo, los escasos estudios a estos productos han ocasionado que se desaproveche esta materia prima para la extrusión de snacks; vulnerando con las expectativas de los consumidores y de ofertar un producto innovador que contienen

grandes propiedades nutritivas como vitamina C, Potasio, Hierro, entre otras bondades nutritivas propias de estos productos.

En este sentido, la industrialización de snacks nutritivos en Ecuador han sido considerados como aperitivos para los consumidores, no obstante, el poco conocimiento sobre la extrusión de la zanahoria blanca y sémolas de garbanzo ha ocasionado que estos productos sean ajenos a las necesidades nutritivas de la demanda de snacks, por tal motivo, el sector agroindustrial se encuentra en la constante búsqueda de productos con grandes propiedades nutritivas, el desconocimiento de los beneficios de la zanahoria blanca y las sémolas de garbanzo ha obligado a estas industrias a realizar un proceso de extrusión con productos que mantienen un bajo valor nivel nutricional (Calderón , 2019).

En consecuencia, los afectados directos de esta problemática son los consumidores de snacks quienes no cuenta con un producto con bondades nutritivas que cumplan con sus expectativas, esto debido a la limitación de la evaluación del efecto de extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de un snack de sémolas de garbanzo y zanahoria blanca que pueden traer consigo características sensoriales en relación a los gustos y preferencia de la demanda; mientras tanto, los afectados indirectos son los productos de zanahoria blanca y garbanzo por su escasa demanda de consumo (Rivera, 2023).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida influye el proceso de extrusión en las propiedades fisicoquímicas y reológicas en la elaboración de un snack con sémolas de garbanzo y zanahoria blanca?

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la sociedad opta por productos funcionales que contribuyan a su salud y bienestar evitando en mayor parte la incidencia de contaminación y destrucción en el ambiente. Por tal razón, la industria alimentaria se enfoca en el mejoramiento de sus productos buscando nuevas alternativas que mejoren los procesos con propiedades funcionales para el consumo humano.

El consumo de snacks está presente en la mayoría de las dietas desde niños a adultos mayores, debido a sus bajos costos y larga vida útil con un valor nutricional aceptable por su composición en cereales, aun así, presentan una alta probabilidad de mejorar dicho valor nutricional. La revolución tecnológica de la industria alimentaria ha permitido implementar nuevos métodos como la extrusión que llega a ofrecer ventajas económicas nutricionales y productivas (Sisú, 2021).

La elaboración de productos expandidos mediante cocción-extrusión permite la obtención de snacks sin el empleo de grasas, manteniendo a su vez las propiedades químicas de la materia prima y proporcionando al producto final un valor nutritivo más elevado, considerando que este método permite aprovechar de mejor manera la producción de cereales de las zonas andinas (Gutierrez, 2008).

La zanahoria blanca es un producto que presenta altas concentraciones de almidón, agua, hidratos de carbono, vitaminas y minerales que además de mejorar la digestibilidad del consumidor, también permite mejorar las propiedades de conservación del producto siendo una excelente materia prima para la elaboración de snacks. De forma similar, el garbanzo posee un alto contenido proteico con diferentes ácidos grasos polisaturados que ayudan a disminuir el colesterol mejorando la digestibilidad y motricidad del consumidor aportando a su vez diferentes vitaminas y minerales e hidratos de carbono mucho más altos respecto a otros componentes (Jácome, 2009).

En este contexto esta investigación se enfocará en elaborar snack extruido a base de sémolas de materias primas naturales para obtener un producto con mayor valor nutricional.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de un snack de sémolas de garbanzo (*Cicer arietinum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades reológicas del snack de sémolas de garbanzo y zanahoria blanca.
- Realizar un análisis sensorial del snack extruido.
- Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológicas a los mejores tratamientos.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las propiedades reológicas del snack a partir de sémolas de garbanzo y zanahoria blanca?
- ¿Qué tratamiento tuvo mayor aceptabilidad en la evaluación sensorial?
- ¿Cuál es la calidad fisicoquímica, reológica y microbiológica del snack?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo investigativo se sustenta con los siguientes investigativos:

Según (Ávalos, y otros, 2019) evaluando el efecto de las condiciones de extrusión en un equipo de un solo tornillo con dos zonas de calentamiento (80 a 120°C), y muestras con un contenido de humedad de (50 a 60%); un contenido de garbanzo de (25 a 35%) sobre las propiedades fisicoquímicas de botana de tercera generación enriquecidas con proteína vegetal. Evaluaron el índice de expansión, densidad, y dureza. Los resultados identificaron como condiciones óptimas 100°C para la zona A y 110 °C para la zona B, 60% de humedad y 25% de garbanzo; obteniéndose extruidos con mayor expansión, menor densidad y características más deseables, especialmente con mayor humedad y menor contenido de garbanzo.

En la investigación de (Carvajal, 2018) evaluó el efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y funcional de snacks elaborados con mezclas de maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y camote (*Ipomoea batata*). El estudio considero dos temperaturas de extrusión 110 °C y 140 °C, con un contenido de humedad de 15% y 20 % y dos formulaciones: (80/10/10 y 70/15/15). Los resultados indicaron que la mezcla 70/15/15 a 15% de humedad y 140 °C presentó los mayores valores nutricionales de proteína (12,48 %), ceniza (1,36 %) y fibra (1,28 %) superando al testigo comercial 100 % maíz. En cuanto a las propiedades funcionales, la formulación 80/10/10 mostró mayor índice de expansión y menor densidad aparente; atribuibles a las características del almidón de las materias primas. Además, los tratamientos con 15% de humedad y 104 °C registraron menores valores de índice de adsorción de agua y mayores índices de solubilidad de agua.

Según (Delgado, y otros, 2024) evaluaron el efecto del proceso de extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas, fitoquímicas y de cocción de pastas libres de gluten elaboradas a partir de harinas de arroz quebrado y garbanzo. Él estudió analizo la influencia de la temperatura de extrusión, velocidad de tornillo y contenido de harina de garbanzo. Los resultados mostraron que el tiempo de cocción disminuyó cuando

se aplicaron temperaturas altas combinadas con contenidos intermedios de harina de garbanzo. Las condiciones óptimas determinadas fueron: 12.57 % de harina de garbanzo, 117°C de temperatura y 134.4 rpm la velocidad de tornillo.

En la investigación de (Flores, 2019) evaluó el efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional, funcional y de textura de snacks elaborados a partir de la mezcla de maíz, zanahoria blanca y chocho en relación (80/10/10 y 70/15/15). El proceso se desarrolló bajo temperaturas de extrusión entre 110°C – 140°C y niveles de humedad de 15% - 20%. Los resultados identificaron que las mejores condiciones para las propiedades fisicoquímicas se alcanzaron con una temperatura de 100°C; una formulación con 70% en el maíz, 15% zanahoria blanca y 15% chocho, y una humedad del 15%. Los factores evaluados mostraron un efecto significativo sobre las propiedades funcionales de los extruidos, evidenciando la influencia directa de la extrusión en la calidad del producto final.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Zanahoria blanca

2.2.1.1. Origen

La Arracacia xanthorrhiza o también conocida de forma local como zanahoria blanca es uno de los productos más antiguos juntamente con la domesticación de la papa desde la época preincaica. Según varios estudios los países con mayor variabilidad de zanahoria son Colombia, Perú y el sur de Ecuador (Avilés & Vera, 2018).

Entre las variedades de zanahoria blanca existen diferencias a partir de su color de follaje y contorno externo e interno de la raíz. En base a ello se pueden diferenciar tres variedades principales.

Naranja: Las raíces presentan un sabor agradable con follaje verdoso, pero debido al grosor de sus troncos que representa una desventaja para el sector agricultor, es mayormente utilizado como alimento de animales.

Blanca: Esta variedad es la más conocida y mayormente cultivada para su comercialización, pero su desventaja reside en su delicadeza al ser tratada desde su siembra hasta su transporte.

Morada: Presentan un color carmín y sus raíces presentan una mayor coloración amarilla, pero son muy difíciles de conseguir así que algunos lo usan solamente como decoración de platos (Barrera, 2018).

2.2.1.2. Harina de zanahoria blanca

Las harinas en base al Codex 192 (2018) son el producto de las molturaciones de cereales, raíces, granos, legumbres, leguminosas, palmeras etc. Que dependiendo de su aplicación en la industria alimentaria pueden ser mezclados con harinas de diversos orígenes.

La harina de zanahoria blanca ha tomado relevancia debido a su ventaja en el aumento del procesamiento industrial alargando su vida útil y preservando las propiedades nutricionales de la materia prima. De igual forma ha sido ampliamente utilizado como sustituto de otras harinas y para la elaboración de diversos productos alimenticios que mejoren su valor nutricional. La composición de la zanahoria blanca suele ser en general rica en proteínas, carbohidratos y fibra que además de ser placenteros al consumir aportan de manera favorable a la digestión del consumidor (Jordán, 2018).

Además, en referencia durante el proceso de elaboración de la harina, el producto tiende a perder un 20% aproximado en contenido de fibra durante el pelado en un 73% de contenido neto de hierro sin embargo su rendimiento en carbohidratos mejora de manera significativa considerándose como una fuente importante de energía por la presencia de almidón (Valdiviezo, 2016).

2.2.1.3. Valor nutricional

Según el Ministerio de Cultura y patrimonio, la zanahoria blanca es un producto que debido a su alto contenido de almidón es deseable por su favorecimiento en la digestión y alto valor nutricional en las dietas alimenticias. Además de un alto contenido de vitaminas, minerales y betacarotenos (Carrero, y otros, 2018).

La Tabla 1 muestra la composición nutricional de la zanahoria blanca, evidenciando su aporte de macronutrientes.

Tabla 1. Valor nutricional de la zanahoria blanca

Composición (mg/100 g) - (mg/kg) *	
Vitamina C	72,43
Vitamina A	0,123
Valor energético (Cal)	104
Calcio	53,35
Fósforo	48,89
Potasio	2185,33
Sodio	56,23
Hierro	1,20
Tiamina	0,06
Riboflavina	0,04

Fuente: (Jordán, 2018)

2.2.1.4. Composición química

En Sudamérica existen un aproximado de 50 serotipos diferenciados básicamente por su color de follaje y color externo de sus raíces ya sean con pigmentaciones blancas y/o amarillas con trazas moradas. A consecuencia de ello, los tipos más notables son los de follaje bronceados procedentes del territorio colombiano los cuales presentaron un mayor contenido de antocianinas en sus hojas y raíces.

Por otro lado, existen múltiples congéneres que predominan en distintos países ya sea como su rendimiento de producción o accesibilidad. En Ecuador las especies más producidas con *A. wigginessi* y *A. toluensis*; A pesar de ello, la composición química de estos suele oscilar entre los valores presentados en la Tabla 2 (Benalcázar, 2011).

Tabla 2. Composición química de *Arracacia xanthorrhiza*.

Composición química de zanahoria blanca	
pH	6,87
Humedad (%)	71,03
Acidez titulable	0,744
Sólidos solubles (°brix)	4,47
Sólidos totales (%)	28,92
Fibra	0,813
Proteína	1,05
Cenizas	3,193

Fuente: (Benalcázar, 2011)

2.2.2. Garbanzo

2.2.2.1. Origen

El garbanzo es una de las leguminosas más antiguas que ha empleado la humanidad en su consumo. Su origen tiene indicios en el sur de Turquía o al norte de Siria juntamente con otros alimentos silvestres como avena, trigo, guisantes y lentejas.

Según varios historiadores se cultivaba hace más de 10 mil años y se transmitió en todo el mediterráneo, India y Asia considerándose en algunas zonas como un producto con alto valor energético para personas con trabajos forzosos y en otras como un alimento de lujo para los estratos sociales altos.

Según la Norma 2783:2013 el garbanzo se define como aquellas semillas secas de plantas leguminosas que se distinguen de las oleaginosas a partir de su contenido de grasa. Por otro lado, el garbanzo es considerado como la leguminosa más importante del sur de Asia y el tercer más importante del mundo seguido del frijol común y el campo.

Su producción ha ido aumentando en las últimas décadas ya que debido a su bajo costo y alto valor nutritivo brinda diversas propiedades benéficas al consumidor principalmente previniendo diabetes y manteniendo los niveles de glucosa (Ram & Prem, 2005).

2.2.2.2. Harina de garbanzo

La harina de garbanzo es un producto que no contiene gluten por lo que su consumo ha ido creciendo principalmente como una opción más saludable y la evasión de enfermedades celíacas. De forma similar, el contenido de fibra presente en la materia ayuda a regular la digestibilidad permitiendo una absorción lenta de los hidratos de carbono; además por su alto contenido en hierro sumado a su bajo aporte calórico es una solución ideal para la adición a dietas saludables (Jácome, 2009).

2.2.2.3. Composición nutricional

En referencia a (Antonio, 2008) el valor nutricional de la harina de garbanzo presenta múltiples beneficios al consumidor ya que cuenta con un contenido elevado de ácidos grasos insaturados como omega 3 y 6 que mejoran la circulación sanguínea, reduciendo a si el riesgo de cálculos renales y vesiculares. De la misma manera previenen diversas enfermedades cardiovasculares, mejorando la digestión, problemas de colon y anticancerígenos.

En la Tabla 3 se muestra la composición química de dicho grano.

Tabla 3. Composición química de la harina de garbanzo.

Contenido por cada 100 g de harina	
Elemento	Contenido
Agua	10,22
Calorías	369 kcal
Grasa	6,69 g
Proteína	22,39 g
Carbohidratos	57,80 g
Fibra	10,8 g
Tiamina	0,486 mg
Riboflavina	0,106 mg
Niacina	1,762 mg
Vitamina B6	0,492 mg
Vitamina A	41 IU

Fuente: (González, 2013)

2.2.3. Snacks

Los snacks o también conocidos como bocaditos son productos que han pasado por un proceso de expansión o hinchamiento, esto resultado como la gelatinización del almidón presente en las harinas de los cereales. Actualmente los avances tecnológicos permiten el mejor aprovechamiento de las materias primas existentes en las zonas no solo para la comercialización de los productos sino para mejorar el valor nutricional de los mismos. La mayoría de estos productos son ricos en carbohidratos, proteínas y fibras que brindan un mejor aporte al consumidor (Cáceres, 2005).

Los procesos de extrusión permiten no solo mejorar el valor nutricional, sino que aumenta el tiempo de vida útil, brinda la versatilidad en la formulación de sus ingredientes ajustando las proporciones y adaptando las recetas para satisfacer las propias necesidades de los consumidores.

Haciendo referencia al mejoramiento en su conservación, el uso de alta temperaturas permite la eliminación de microorganismos patógenos reduciendo la carga microbiana además que la actividad de agua es casi inexistente disminuyendo el riesgo de crecimiento microorganismos (Snacks extrusionados, s.f.).

2.2.4. Proceso para la obtención de snacks

2.2.4.1. Fritura

El proceso de fritura consiste en someter la materia prima a una etapa de inmersión por grasa comestible a temperaturas superiores al punto de ebullición del agua. El proceso implica la transferencia simultanea de calor y materia para que los productos

especialmente aquellos con altos contenidos de almidón inicien un fenómeno de gelatinización y así la expansión de este. Sin embargo, este tipo de expansión no se considera una diferencia significativa y los niveles de humedad se suelen mantener en orden (Tirado, Acevedo, & Enrique, 2012).

2.2.5. Extrusión

La extrusión es considerada como un proceso continuo el cual involucra diversas operaciones que incluyen mezcla, cocción, amasado, corte, forma; estos a su vez permite la elaboración de una alta gama de productos como cereales, snacks, galletas, pastas, azúcares, confitería y análogos de carne a base de soya.

Las máquinas extrusoras tuvieron sus orígenes cerca de la década de los 60's donde se desarrollaron extrusoras simples de un solo tornillo para elaborar alimentos a base de materias de menor costo para el sector ganadero. Décadas después los gobiernos adoptaron y promovieron la tecnología de extrusión para la producción de alimentos infantiles basados en mezclas de semillas y cereales. Actualmente las extrusoras han pasado de ser simples dispositivos a equipos sofisticados de doble tornillo que permiten el mejor intercambio de calor mejorando a su vez la flexibilidad de la tecnología y aumentando el potencial de su aplicación en la industria alimentaria.

Estos avances han permitido la adición de componentes bioactivos que mejoren su producción y características, el uso de impresiones tridimensionales para elaborar estructuras complejas entre otros (Gholamipour-Shirazi, Norton, & Mills, 2019).

El principio de funcionamiento del extrusor consiste en la alimentación de las materias primas dentro de un cilindro en donde los tornillos transportan la comida a lo largo del mismo, posteriormente la mezcla pasa bajo un recipiente conocido como barril donde el volumen se restringe y la comida se comprime. Cabe mencionar que los tornillos amasan el material bajo presión hasta obtener una masa plastificada y semisólida para luego ser expulsada y expandirla (Fellows, 2017).

La cocción por medio de extrusión es una forma idónea para el procesamiento de materiales amiláceos ya que se trata de una cocción relativamente bajos niveles de humedad en comparación con otros métodos. Los niveles de humedad utilizados para la extrusión suelen estar en intervalos bajos entre 10 - 40% y a pesar de estos valores el material permite transformarse en un fluido dentro del extrusor (Cotallapa, 2023).

2.2.6. Clases de extrusión

2.2.6.1. Extrusión a baja presión

Como su nombre lo indica es un proceso donde involucra condiciones bajas de presión donde la temperatura es baja y la gelatinización de los almidones suele ser casi mínima por lo que solamente llegan a generar productos con poca expansión, con paredes burdas y texturas rígidas. Generalmente se suele utilizar fluidos a altas temperaturas que se transportan por la chaqueta del extrusor llevando conjuntamente el calor obtenido por el trabajo desarrollado durante la producción (Fernández & Vera, 2014).

2.2.6.2. Extrusión a alta presión

Este procedimiento consiste en el empleo de altas presiones que consigan elevar la temperatura de la masa sobre los 100 °C para que así se proporcione energía dentro de la chaqueta y por la fricción interna del túnel. A medida que la presión aumenta, la temperatura reacciona de igual manera simultáneamente con la velocidad del girador del extrusor.

Acotando en el producto final, los alimentos extruidos a altas presiones suelen tener mayor expansión con poros más pequeños y una textura blanda, además el contenido de humedad suele ser de 8% y si se requiere de productos más crocantes el producto puede ser sometido a procesos de secado llegando a disminuir cerca de la mitad de su contenido de agua (Aguirre & Calderón, 2015).

2.2.6.3. Tipos de extrusores

En la actualidad existen distintos tipos de extrusores que dependiendo del producto que se desea conseguir se puede identificar una gran variedad de equipos clasificados en sus formas, tamaños y funcionamiento; a su vez se los puede dividir en tres tipos principales: pistón, tornillo y rodillo.

2.2.6.4. Extrusores de pistón

Es el más común y simple dentro del área de extrusores, consta ya sea de un pistón o una batería de pistones que fuerzan la salida de la materia prima por una boquilla hasta llegar a una cinta transportadora. Estos tipos de extrusores son ampliamente utilizados en el área pastelera (Bermeo & Carrasco, 2018).

2.2.6.5. Extrusor de rodillos

Equipo que cuenta con dos tambores los cuales giran en sentido contrario uno cerca del otro ocasionando que el alimento se transporte entre los huecos de los rodillos. Estos tambores pueden girar a iguales o distintas velocidades dependiendo de cómo se desea obtener el producto, ya sea superficies lisas o perfiladas, de igual forma se modifica la velocidad de rotación o la distancia entre los rodillos se puede modificar el tipo de extruido que se obtendrá en el producto. La única desventaja es que este extrusor solamente puede dar forma al producto más no genera la suficiente capacidad calorífica para preparar el producto por lo que es necesario hornear o freír el alimento en otro equipo diferente.

2.2.7. Extrusores de tornillo

2.2.7.1. Extrusores de un solo tornillo

Los extrusores de un tornillo son los equipos mayormente utilizados debido a su sencillez y flexibilidad para la cocción del producto. Este equipo cuenta con un tornillo que es accionado por un motor eléctrico de velocidad variable suficientemente potente para bombear los alimentos en contra de la presión producida por el barril. Existen tres tipos de extrusores, aquellos de alto cizallamiento funcionan a altas velocidades de tornillo para crear elevadas presiones y temperaturas ideales para snacks ampliados, aquellas de media cizalla se utilizan para elaborar empanadas, texturizados, proteínas y alimentos semihúmedos; y las extrusoras de bajo cizallamiento que crean bajas presiones y temperaturas se suelen aplicar para productos cárnicos y dulces que lleguen a formar un tipo de pasta (Fellows, 2017).

2.2.7.2. Extrusores de doble tornillo

Estos tipos de extrusores se caracterizan por poseer tornillos dobles que mejoran el control del proceso y la versatilidad para la obtención de productos alimenticios, además debido a su diseño flexible permiten una fácil limpieza y rápida modificación. Cuentan con dos tornillos colocados de manera adyacente dentro del cilindro simulando una apariencia de figura de ocho. La ventaja de este diseño es que permite una mejor transferencia de calor lo que se extiende a la producción de alimentos como pastas viscosas, soluciones y materiales acuosos. Por otro lado,

dentro de la industria alimentaria los extrusores de simple tornillo suelen ser aplicados para métodos económicos y efectivos en cambio los extrusores de tornillo doble se usan para la producción de snacks donde se requiere una mejor flexibilidad y control de los procesos.

2.2.7.3. Variables en el proceso de extrusión y modificaciones.

Durante el proceso de extrusión, las materias primas son introducidas dentro del cilindro donde son comprimidas y transportadas por la rotación del tornillo a condiciones controladas de temperatura y presión, estos requerimientos permiten los cambios moleculares de los carbohidratos, lípidos y proteínas del producto.

Cabe mencionar que dichos cambios estructurales no se pueden llevar a cabo si el flujo de la materia sólida no cambia a un flujo viscoso, de lo contrario el proceso solamente se reduce como el transporte de material por el cilindro del extrusor.

2.2.7.4. Efecto sobre los almidones

Los alimentos ideales para el proceso de extrusión suelen ser aquellos ricos en almidones tales como maíz, trigo, arroz, etc. Que bajo las altas condiciones de presión y temperatura tienden a romper los gránulos almidonados perdiendo su estructura cristalina formando así una masa amorfa fluida. Además, este fenómeno ayuda a retener los gases que se liberan durante la expansión brindando al producto una propiedad crujiente, los almidones también contribuyen a la formación del gel y la viscosidad en la cocción de ciertos productores para facilitar su digestibilidad (Curso de especialización FEDNA).

2.2.8. Efecto sobre las proteínas

El proceso de extrusión donde se involucra condiciones de altas temperaturas y presiones permiten la desnaturalización de las proteínas mejorando de forma significativa en la digestibilidad de los consumidores. La desnaturalización inhibe principalmente a la tripsina, taninos y fitatos que suelen ser la causa de la inhibición de la digestibilidad proteica.

De igual forma la extrusión ha sido un método efectivo para el control de la actividad de lecitina en la mayoría de las harinas de leguminosas comparando con otros tratamientos de calor-humedad.

2.2.9. Efecto sobre las grasas

Generalmente cuando los productos contienen ciertas materias grasas se suele necesitar un incremento de gasto energético para que las altas temperaturas logren mantener la integridad del producto deseado. Algunos aceites que contienen los cereales, así como los de leguminosas sufren un proceso de emulsión donde debido a las altas presiones las finas gotas de grasas son recubiertas por los almidones y proteínas quedando encapsuladas. Por otro lado, ciertas grasas como lipasas y peroxidases son inactivadas durante el proceso de extrusión mejorando la estabilidad posterior del producto (Curso de especialización FEDNA).

2.3.1. Efecto sobre las vitaminas

El comportamiento de las vitaminas en el proceso de extrusión suele variar dependiendo del tipo y género que pertenezcan, diferentes investigaciones han demostrado que las condiciones de extrusión de caliente y enfriamiento rápido hacen que las pérdidas vitamínicas serán relativamente pequeñas. De igual forma el contenido y acción de agua, la humedad, fricción y altas temperaturas pueden afectar a la estabilidad de las vitaminas.

Vitaminas como el ácido ascórbico suele disminuir entre un 50% si es sometida a altas temperaturas durante todo el proceso, en cambio vitaminas liposolubles como A, D y E son mayormente estables en la extrusión ya que el nivel de humedad en el producto contribuye a la retención de las vitaminas (Guerrero, s.f).

2.3.2. Ventajas del proceso de extrusión

Existen múltiples ventajas en el proceso de extrusión para los cereales precocidos por lo que las aplicaciones de este proceso han ido creciendo a la par con los avances tecnológicos. Entre las ventajas que presenta la extrusión es su versatilidad ya que permite la obtención de una amplia gama de alimentos con diferentes condiciones de estructura, tamaño, forma etc. Las condiciones controladas de temperatura y presión durante la extrusión permiten conservar las características nutricionales de los alimentos. Además, estos métodos presentan costos relativamente bajos, rentables para la producción de alimentos funcionales.

Al ser un proceso que involucra múltiples operaciones unitarias desde mezclado, hasta secado parcial con un requerimiento mínimo de mano de obra y espacio de instalación los costos invertidos son casi mínimos (Bermeo & Carrasco, 2018).

2.3.3. Definiciones de harina, sémolas y gritz

2.3.3.1. Harinas

Actualmente la harina se ha constituido como un polvo de carácter fino que "es obtenido de los cereales molidos, además de otros productos que mantienen un alto contenido de almidón, por esta razón, la harina surge de múltiples cereales, sin embargo, lo más habitual suele ser de harina de trigo" (Caicedo, 2021, p. 63). Desde esta perspectiva, la harina puede originarse de otros cereales como la cebada, avena, maíz, arroz, centeno, entre otros; de hecho, existen diferentes tipos de harinas que son obtenidas de los garbanzos, castaña, mandioca, entre otros.

En virtud de ello, la harina puede integrar sobre una mayor proporción de grano entero, en relación al desecho de germen y salvado, por lo tanto, al proporcionar el grano entero que suele utilizar para la obtención de la harina se los denomina grado de extracción, por lo tanto, cuando existe un 90% sobre el grado de extracción, se puede identificar que es una harina que contine 90% de todo el cereal; mientras que el otro 10% ha sido desechado, por esta razón, la harina integral se ha establecido aquella que posee el 100% de la extracción (Pérez, 2020).

2.3.3.2. Sémolas

Ahora bien, con respecto a la sémola se ha establecido según Quiriban et al., (2022) como una "harina que mantienen un grosor y su procedencia suele ser del trigo, además de otros cereales que son fabricados mediante múltiples pastas alimenticias; por lo tanto, la sémola del trigo duro es obtenido mediante la molición del endospermo" (p. 38). De hecho, la sémola granulosa es obtenida mediante el trigo duro que se caracteriza por ser de color amarillento conforme al contexto natural del grano.

Desde esta perspectiva, es necesario tomar como referencia que no suele utilizarse los mismos tipos de granos para la fabricación de sémola, por lo tanto, el trigo duro comúnmente se lo utiliza para realizar este producto, especialmente en la preparación de la pasta, en este contexto, la sémola se ha establecido como un alimento saludable y completo, puesto que mantiene varias propiedades nutricionales como proteínas, carbohidratos, fibra, estableciéndose como un alimento nutritivo y energético, de hecho, también contiene minerales como el

magnesio, hierro y vitamina B. (Quiriban et al., 2022). La sémola mantiene varios beneficios sobre su consumo como se exhibe a continuación:

- Es una fuente de carbohidratos, siendo quizá su principal beneficio, constituyéndose de carbohidratos complejos que han sido catalogados como una fuente de energía importante, debido que los carbohidratos aportan con energía sostenida.
- Es una fuente de proteínas, siendo una principal opción para personas veganas, puesto que son indispensables sobre el crecimiento la reparación de los diferentes tejidos del cuerpo.
- También es rica en fibra que permite el equilibrio y una adecuada salud digestiva, de hecho, puede prevenir enfermedades como la diverticulitis, estreñimiento, e incluso previene el cáncer de colon.
- Además, contiene minerales y vitaminas, estableciéndose como una fuente de vitaminas, especialmente de complejo B que ha sido de gran aporte sobre la producción de la energía, además de cumplir con la función cognitiva; por lo tanto, también se ha establecido como un producto que contiene hierro que permite la formación de los glóbulos rojos, capaz de mitigar la anemia.
- Finalmente es versátil en la cocina, esto debido que se puede utilizar varias recetas siendo una opción para la cocina cotidiana (Salas y Mora, 2022).

2.3.3.3. Gritz

Por su parte los gritz se ha definido como aquella sémola de maíz que se encuentran integradas sobre la fracción del endospermo duro, por tal motivo, los gritz se han caracterizado "por ser ricos en Almidón, puesto que no contiene grasa sobre el grano del maíz; en este sentido, son obtenidos sobre un procedimiento de germinación que puede ser seco o semiseco sobre el grano de maíz" (Collantes et al., 2021, p. 32). Este proceso se ha establecido como la separación del germen, además del grano de maíz, para ello, el grano de maíz se encuentra integrado sobre las siguientes composiciones:

1. Pericarpio: se ha establecido como aquella capa que se encuentra en la parte exterior y mantiene una cubierta protectora, siendo fibrosa y dura que abarca al grano, por lo tanto, se encuentra constituida mediante la fibra cruda en un 87%;

mientras que en el cereal maduro mantiene la función de limitar el ingreso de gran variedad de bacterias y hongos (Collantes et al., 2021).

2. Endospermo: considerada como la parte más importante sobre el grano, se encuentra conformada por proteínas, almidón y gluten, considerados como una fuente de energía para el desarrollo (Collantes et al., 2021).

3. Germen: Se lo puede localizar sobre el extremo en la parte inferior del grano, por tal motivo, suele ocupar entre el 9 y el 12% del volumen del grano, de hecho, se caracteriza por mantener dos partes destacables, es decir, el escutelo y el eje embrionario (Collantes et al., 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Esta investigación se realizó mediante un enfoque cuantitativo para la formulación en las concentraciones de materias primas, así como la determinación de rendimiento que tenga sobre el producto final.

3.1.2. Tipo de Investigación

El estudio fue llevado por medio de una investigación experimental en donde se aplicaron diferentes tratamientos y formulaciones que puedan influir en las propiedades fisicoquímicas de los productos y establecer una posible diferencia significativa entre los tratamientos propuestos.

3.2. HIPÓTESIS

Hi: El proceso de extrusión no influye en las propiedades fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales del snack a base de sémolas de garbanzo y zanahoria blanca.

Ha: El proceso de extrusión influye en las propiedades fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales del snack a base de sémolas de garbanzo y zanahoria blanca.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables dependientes

Propiedades fisicoquímicas, microbiológicos, reológicas y sensoriales.

Variables independientes

Temperatura de extrusión

- 120 °C
- 140 °C

Porcentaje de materias primas

- Garbanzo 70% - Zanahoria blanca 30 %
- Zanahoria blanca 50 % - Garbanzo 50 %
- Garbanzo 30 % - Zanahoria blanca 70%

3.3.1. Operacionalización de las variables

En la tabla 4, se muestra la definición y operacionalización de variables empleadas en esta investigación.

Tabla 4. Operacionalización de variables: Snack extruido

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Independientes				
Temperatura de extrusión	Grados centígrados	120 °C 140 °C	Termometría	(Chinchilla & Ortega, 2017)
Porcentaje de materia prima	Garbanzo Zanahoria blanca	G =70% - Zb= 30% Zb=50 % - G= 50% G=30 % - Zb= 70%	Gravimetría	(Burbano, 2018) INEN 060:2012
Dependientes				
Análisis fisicoquímico	Calidad fisicoquímica	Humedad Ceniza Grasa Fibra Proteína	Desecación por estufa Diferencia de pesos Soxhlet Enzimática Kjeldahl	INEN 518 AOAC 923-03 INEN 0523 AOAC 9991.43 NTE INEN-ISO 20483
Análisis microbiológico		Aerobios mesófilos Coliformes totales Mohos y Levaduras	Recuento microbiológico petrifilm	placas NTE INEN 1529-5 NTE INEN 1529-7 NTE INEN 1529-10
Análisis sensorial	Calidad sensorial	Sabor, textura, olor y apariencia	Prueba hedónica	
Características texturales	Textura	Dureza Adhesividad Cohesividad Elasticidad Firmeza Masticabilidad Fracturabilidad	ATP	(Rubira, 2018)

Tabla 5. Formulación de la mezcla (70% de sémola de garbanzo - 30% de sémola de zanahoria blanca).

Ingredientes	Porcentaje (%)	Cantidad (g)	Cantidad (kg)
Sémola de garbanzo	70.00	2100	2.1
Sémola de zanahoria blanca	30.00	900	0.9
Total	100.00	3000	3.00

Tabla 6. Formulación de la mezcla (50% de sémola de zanahoria blanca – 50% de sémola de garbanzo).

Ingredientes	Porcentaje (%)	Cantidad (g)	Cantidad (kg)
Sémola de garbanzo	50.00	1500	1.5
Sémola de zanahoria blanca	50.00	1500	1.5
Total	100.00	3000	3.00

Tabla 7. Formulación de la mezcla (30% de sémola de garbanzo - 70% de sémola de zanahoria blanca).

Ingredientes	Porcentaje (%)	Cantidad (g)	Cantidad (kg)
Sémola de garbanzo	30.00	900	0.9
Sémola de zanahoria blanca	70.00	2100	2.1
Total	100.00	3000	3.00

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Obtención de sémola de garbanzo

Para el proceso de obtención de la sémola se obtiene a partir del procesamiento físico-mecánico del grano. En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de la sémola.

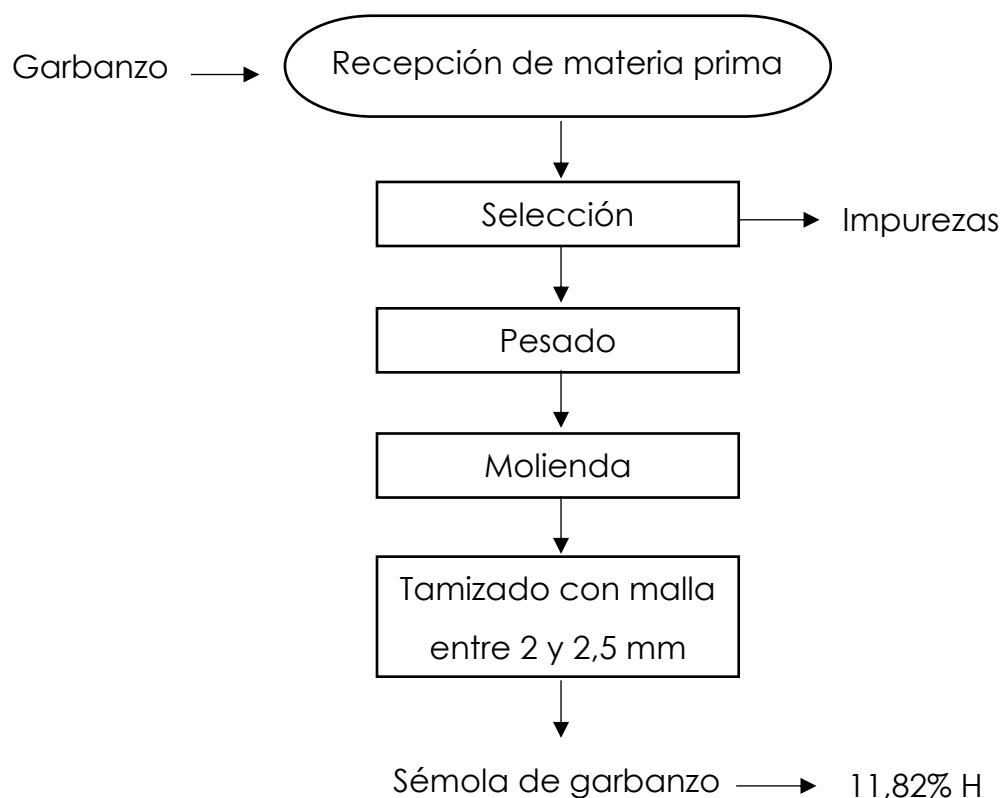


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de sémola de garbanzo.

Recepción de materia prima

La recepción del garbanzo se realizó bajo los requisitos de la norma INEN 1562:2013 teniendo en cuenta las condiciones como color, olor y brillo y que a su vez no se encuentren materias extrañas como tierra, hojas, insectos etc.

Pesado

Con ayuda de una balanza analítica se registró la cantidad de materia prima a emplear con el fin de poder determinar el rendimiento del producto final.

Selección

Se clasificaron los granos dependiendo de su forma, tamaño, color, brillo. A su vez se separaron las impurezas y granos que posiblemente estén en mal estado que puedan influir de manera negativa en la calidad del producto final.

Molienda

El garbanzo se trituró en un molino de martillo aplicando así fuerzas de compresión y cizalla para dividir de manera eficaz las partículas logrando retirar la cascarilla y sémola que llegaron a obtenerse en esta etapa.

Tamizado

Se tamizó el producto obtenido en un juego de tamices con dimensiones entre 2 y 2,5 mm.

3.4.2. Obtención de sémola de zanahoria blanca

La sémola de zanahoria blanca se obtiene a partir del procesamiento de la raíz fresca de *Arracacia xanthorrhiza*. La Figura 2 muestra el flujo del proceso de obtención.

Recepción de materia prima

Se recibió la materia prima que cumplan los requisitos de la norma INEN 1747 tomando en cuenta su estado de calidad.

Selección y clasificación

Se desecharon aquellas materias que presenten cierto índice de putrefacción, exceso de madurez, defectos en la corteza y tamaño.

Lavado

Se saneo la materia prima con abundante agua potable con el fin de eliminar los restos de tierra y otras impurezas que pueden llegar afectar la calidad de la sémola.

Pelado

Con ayuda de un cuchillo se retiró la cascará o capa externa de las zanahorias, evitando realizar cortes muy profundos para disminuir los desperdicios de la materia.

Picado

Se cortaron las zanahorias de forma transversal para obtener partículas en forma de rodajas y permitir un mejor flujo de calor en la materia para su secado.

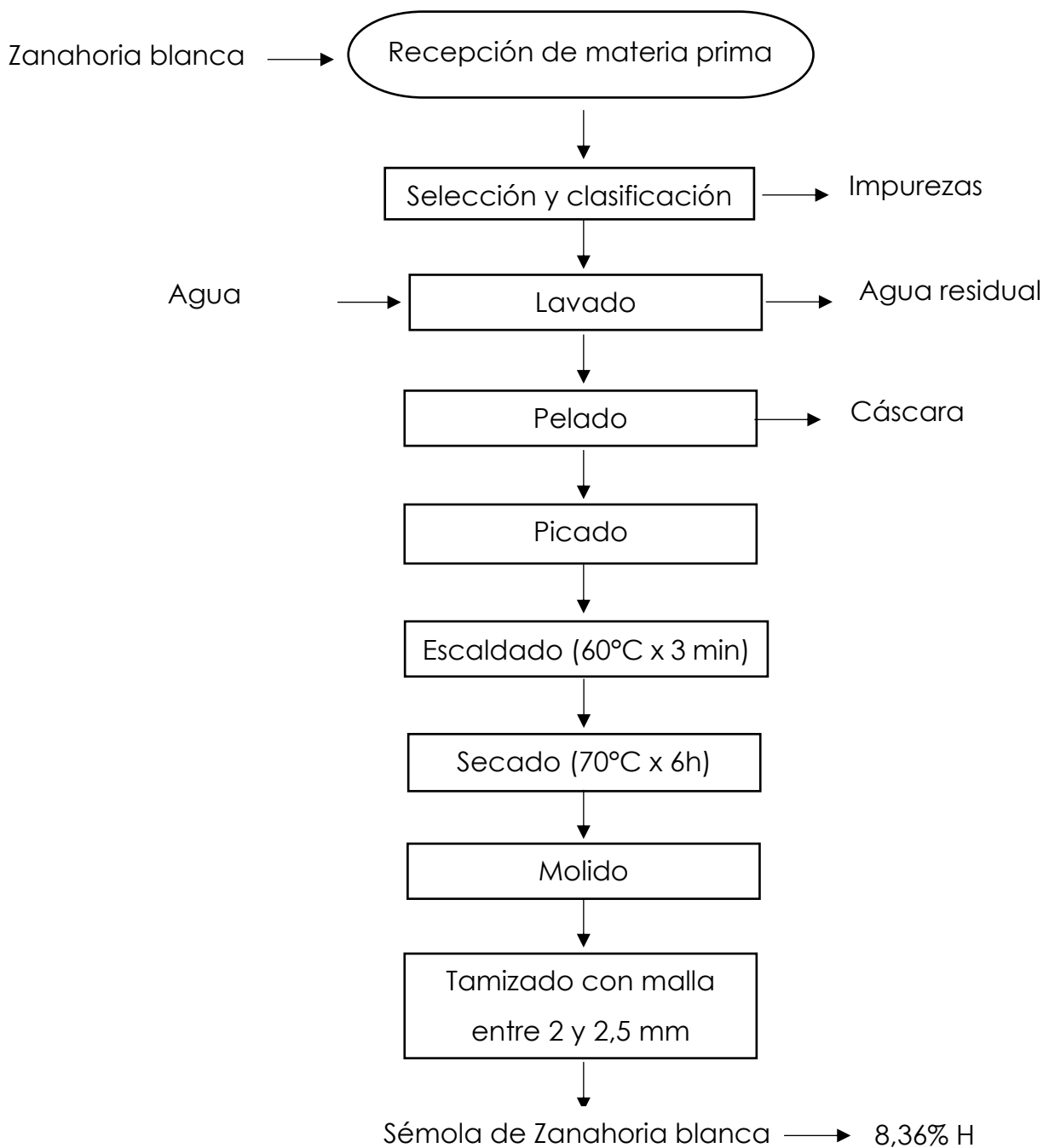


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de sémola de zanahoria blanca.

Escaldado

Se sumergieron las rodajas en un recipiente de acero inoxidable y se llevaron a ebullición a una temperatura de 65 °C por tres minutos, esta etapa se realizó con el fin de evitar el pardeamiento enzimático.

Secado

Las rodajas fueron llevadas a un desecado de flujo forzado a una temperatura de 70 °C durante 6 horas para extraer la mayor cantidad de agua ligada en la materia prima. Posteriormente se colocaron en recipientes cerrados para evitar la entrada de humedad en el producto.

Molienda

La materia prima fue triturada en un molino de martillos hasta obtener una mezcla fina.

Tamizado

El producto se llevó a un equipo de tamices para poder seleccionar las partículas entre 2 y 2.5 mm de diámetro para la realización del estudio.

3.4.3. Obtención de snack extruido

La obtención del snack extruido se realizó mediante un extrusor de tornillo de simple tornillo, cuyo procedimiento se presenta en la Figura 3.

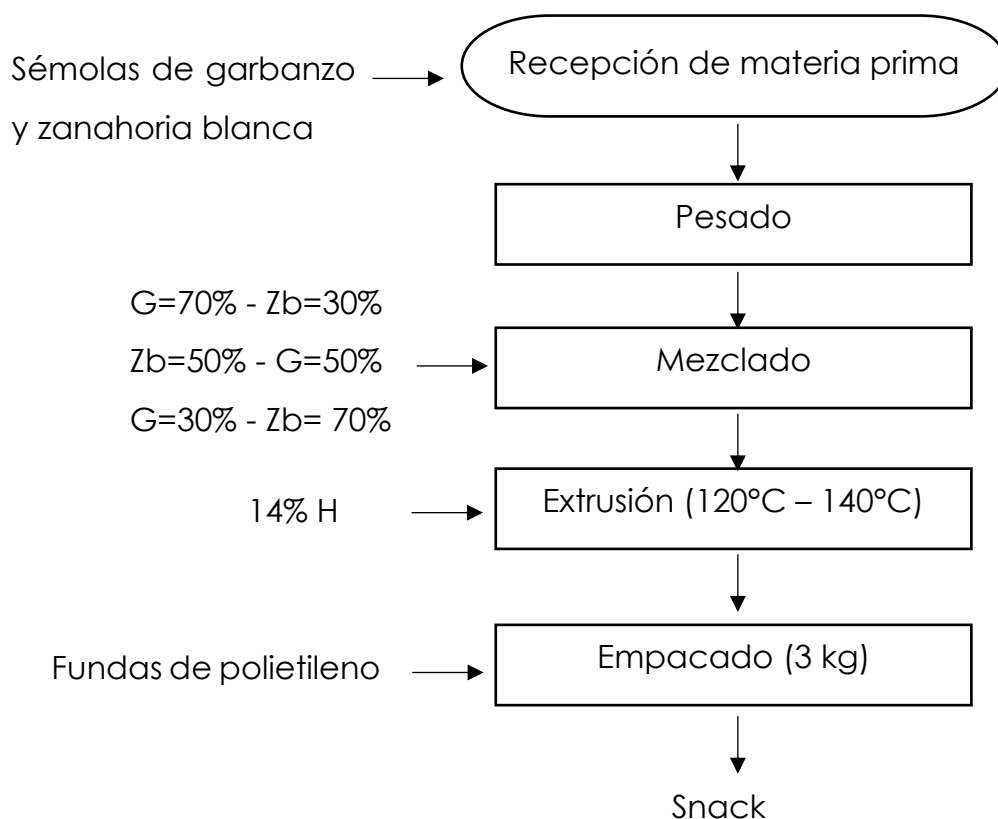


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de snack extruido.

Recepción de materia prima

Las sémolas de zanahoria blanca (Zb) y garbanzo (G) son receptadas dentro de los recipientes herméticos, aquellos que presentaron todas las características de calidad y conservación.

Pesado

Las materias se pesaron con ayuda de una balanza analítica de acuerdo con los porcentajes establecidos anteriormente para los distintos tratamientos.

Mezclado

Esta operación se realizó a cada uno de los tratamientos en el cual consistió en homogeneizar y acondicionar la mezcla de manera uniforme.

Extrusión

En esta etapa de extrusión se procedió primeramente a calibrar los factores de temperatura y velocidad del tornillo. Una vez realizado este proceso se procede a dosificar cada una de las muestras en la zona de alimentos del equipo para obtener el producto final.

Empacado

Una vez obtenido el producto, se introducirá en fundas herméticas con el fin de evitar el contacto de humedad del ambiente, posteriormente se rotulará y se identificará los diferentes tratamientos con sus repeticiones.

3.4.3.1. Análisis fisicoquímicos

3.4.3.1.1. Humedad

La cápsula de porcelana fue esterilizada en la estufa durante 30 minutos a 130°C, luego se dejó enfriar en un desecador, se pesaron y se registró su peso. Posteriormente, se tomó 2 gramos del snack extruido triturado, se colocó en la cápsula y se pesaron nuevamente. Luego la muestra fue sometida a una temperatura de 130°C en la estufa durante una hora. Al finalizar este proceso, se dejó reposar en el desecador por 20 minutos antes de registrar el peso final, obteniendo la resolución.

$$\%H = \frac{(P_i - P_f)}{m} * 100$$

Ecuación 1

Dónde:

%H: Porcentaje de humedad

P_i : Peso inicial de la cápsula con muestra sin secar (g)

P_f : peso final de la cápsula con muestra seca (g)

m: Peso de la muestra (g)

3.4.3.1.2. Ceniza

Para llevar a cabo la determinación de cenizas, se inició con la esterilización de los crisoles en una estufa a 200°C durante una hora. Luego, se dejaron enfriar en un desecador por un periodo de 15 minutos. Posteriormente, se pesó tres gramos de la muestra y se depositó en un crisol de porcelana. Las muestras fueron calcinadas hasta adquirir una coloración negra, tras lo cual se introdujeron en una mufla a 550°C por un lapso de 3 horas. Al finalizar, se retiraron las muestras de la mufla, se enfriaron en el desecador y se procedió a realizar el pesaje. El porcentaje se calculó con la siguiente ecuación.

$$\%C = \frac{(P_{cr} - P_{cv})}{P_m} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

%C: porcentaje de cenizas

P_{cr} : peso crisol con residuo (g)

P_{cv} : peso crisol vacío (g)

P_m : peso de la muestra (g)

3.4.3.1.3. Grasa

Se utilizó el equipo de Soxhlet con hexano como solvente orgánico. Se pesaron 2g del snack extruido triturado sobre un papel filtro, que luego se colocó en el dedal correspondiente, sellado con algodón e introducido en el equipo. El proceso consta de tres fases: primero, la inmersión de la muestra durante 30 minutos; luego, se lavó por una hora; y finalmente, la extracción del solvente durante 35 minutos. Posteriormente, con el extracto etéreo se dejó en el desecador por 5 minutos, tras lo cual se pesará y se registrará los datos para los cálculos correspondientes.

$$\%Ee = \frac{m_2 - m_1}{m} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

% *Ee*: porcentaje de extracto etéreo

m_2 : peso cazo de extracción con grasa (g)

m_1 : peso caso extracción sin grasa (g)

m : peso muestra (g)

3.4.3.1.4. Fibra

El procedimiento para la determinación de fibra dietaría por el método enzimático comienza con la preparación de la muestra, donde se seca a 105°C hasta alcanzar un peso constante, se muele finamente hasta un tamaño de partícula $\leq 0.5\text{mm}$ y se pesó aproximadamente 1g. Luego se realizó la digestión enzimática en tres etapas: primero se añade amilasa con buffer fosfato (pH 6.0) y se calienta a 95 – 100°C por 30 minutos para hidrolizar el almidón; después, se ajusta el pH a 4.5 – 5.0, se agregó amiloglucosidasa y se incuba nuevamente a 60°C por 30 minutos para la eliminación de oligosacáridos.

A continuación, se precipita la fibra dietaría añadiendo etanol al 95%, dejando reposar la mezcla durante una hora temperatura ambiente. Posteriormente, se realizó la filtración utilizando un crisol filtrante previamente tarado o un filtro de vidrio, seguido de lavadas con etanol al 78% y acetona. Una vez obtenida la fracción de fibra, se procede al secado del residuo en una estufa a 105°C durante 12 horas, luego se enfrío en un desecador y se pesa. Finalmente, para determinar el contenido de cenizas, el residuo se incinero en una mufla a 550°C por 5 horas, se enfrío en el desecador y se pesa nuevamente.

$$FDT(\%) = \frac{(\text{peso del residuo seco} - \text{peso de cenizas})}{\text{peso de la muestra}} * 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

3.4.3.1.5. Proteína

Se empleo el método de Kjeldahl, que consta de tres etapas principales: digestión, destilación y valoración. En la etapa de digestión, se agregó 20ml de ácido sulfúrico concentrado en un tubo de mineralización junto con dos pastillas catalizadoras que contienen sulfato de cobre. A una temperatura de 420°C, estas sustancias oxidan la materia orgánica. Al finalizar la digestión, la solución adquirió un color azul verdoso claro y quedo libre de partículas carbonosas.

Durante la fase de destilación, se agregó 80 ml de agua destilada en el tubo de mineralización, formando una solución de tono azul claro. Esta reacción provocará la descomposición del sulfato de amonio en amoniaco, el cual, al ser volátil, se destilará mediante el arrastre de vapor. El amoniaco destilado se recolecta en un matraz Erlenmeyer de 250 ml que contiene una mezcla de indicadores (rojo de metilo) y una solución de ácido bórico al 4%.

Finalmente, en la fase de valoración, el borato de amonio resultante se tituló con una solución estandarizada de ácido clorhídrico 0.0989 N. El punto final de la valoración se determinó por el cambio de color de la solución, que paso de un tono verdoso a rosa pálido. Para calcular el contenido de nitrógeno, se utilizó la ecuación N, y ese valor se multiplica por 6,25 correspondientes a harinas de origen vegetal, con el fin de obtener el contenido total de proteína.

$$\% N = \frac{1.4 * (V_i - V_0) * N}{P_{muestra}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

%N: porcentaje de nitrógeno

V_i : Volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación (ml)

V_0 : Volumen del blanco

$P_{muestra}$: Peso de la muestra (g)

$$\% P = \%N * 6.25 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

% P: Porcentaje de proteína total

% N: Porcentaje de nitrógeno en el alimento

6.25: Factor para harinas de origen vegetal

3.4.3.2. Análisis Microbiológicos

Se llevaron a cabo los análisis microbiológicos correspondientes para identificar la presencia de microorganismos en el snack extruido. Para ello, se tomó como referencias las normativas INEN, aplicando la NTE INEN 1529-5 para aerobios mesófilos, para Coliformes totales NT INEN1529-7 y para Mohos y levaduras NTE INEN 1529-10.

3.4.3.3. Análisis sensorial

Se realizó el análisis sensorial del snack extruido con sémolas de garbanzo y zanahoria blanca, utilizando pruebas de aceptación. Para ello, se empleó una escala hedónica verbal de 5 puntos, en la que 1 representa “me disgusta mucho” y 5 “me gusta mucho”. Con el objetivo de identificar el tratamiento con mayor aceptación, participaron 60 jueces no entrenados. Durante la evaluación, se analizaron los atributos como sabor, textura, olor y apariencia del producto.

3.4.3.4. Características Texturales

El estudio de la textura es una técnica aplicada a diversas áreas que analiza las variaciones en la superficie o estructura de un material o producto, considerando aspectos como la dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, firmeza, masticabilidad, fracturabilidad. Su importancia radica en la posibilidad de determinar la textura ideal de los alimentos para cumplir con las expectativas del consumidor.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la Tabla 8 se señalan los factores AxB donde los factores A (temperatura de extrusión) y B (mezclas de sémolas de zanahoria blanca y garbanzo) todo ello con el fin de determinar el tratamiento con las mejores propiedades y características fisicoquímicas.

Tabla 8. Arreglo factorial.

Variable	Descripción	Variable	Definición
A	Temperatura de extrusión	120°C 140°C	A ₀ A ₁
B	Formulación de mezclas	G =70% - Zb= 30 % Zb=50 % - G= 50 % G=30 % - Zb= 70%	B ₀ B ₁ B ₂

Al tener dos variables factoriales se aplicó seis tratamientos, cada uno de ellos por triplicado dando 18 corridas en total. En la Tabla 9 se presentan las combinaciones para cada uno de los tratamientos.

Tabla 9. Diseño de tratamientos y combinaciones.

Nº	Combinaciones	
1	A ₀ B ₀	Extrusión 120 °C (70% garbanzo + 30% zanahoria blanca).
2	A ₀ B ₁	Extrusión 120 °C (50% garbanzo + 50% zanahoria blanca).
3	A ₀ B ₂	Extrusión 120 °C (30% garbanzo + 70 % zanahoria blanca).
4	A ₁ B ₀	Extrusión 140 °C (70% garbanzo + 30 % zanahoria blanca).
5	A ₁ B ₁	Extrusión 140 °C (50% garbanzo + 50 % zanahoria blanca).
6	A ₁ B ₂	Extrusión 140 °C (30% garbanzo + 70% zanahoria blanca).

El diseño experimental que se utilizó en el desarrollo de la investigación está enfocado en un diseño completamente al azar (DCA). La existencia de diferencias significativas entre los niveles se determinó mediante un ANOVA y test de Tukey empleando un nivel de significancia del 95 % y 5% de error. Este procedimiento permitió identificar de manera precisa entre que tratamientos existían diferencias significativas en las variables evaluadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Análisis fisicoquímico de las materias primas

En la elaboración de snacks extruidos es de gran relevancia caracterizar sus propiedades fisicoquímicas como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Caracterización fisicoquímica de las materias primas.

Materia prima	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Rendimiento (%)
Sémola de garbanzo	11,82 ± 0,05	19,33 ± 0,48 ^a	2,78 ± 0,01	5,44 ± 0,19	86,94
Sémola de zanahoria blanca	8,36 ± 0,04	3,46 ± 0,13 ^b	1,48 ± 0,01	1,26 ± 0,11	76,66

La caracterización fisicoquímica de las materias primas muestra que el contenido de proteína de la sémola de garbanzo es mayor con un porcentaje de 19,33 % en comparación a la sémola de zanahoria blanca con un valor de 3,46 %, Así mismo el rendimiento de la sémola de garbanzo con un porcentaje de 86,94% es mayor con comparación a la de zanahoria blanca con un rendimiento de 76,66%.

De igual forma los contenidos de humedad, grasa y cenizas son mayores en la sémola de garbanzo en comparación a la de zanahoria blanca. No obstante, sus valores se consideran significativamente diferentes.

4.1.2 Análisis fisicoquímico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos de los diferentes tratamientos.

4.1.2.1 Humedad

La Tabla 11 detalla el análisis de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad en las medias obtenidas en el análisis de humedad.

Tabla 11. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de humedad.

Prueba	Estadístico	P valor	
Normalidad (Shapiro Wilk)	14,89	$8,66 \times 10^{-5}$	No cumple
Homocedasticidad		0,0090	No cumple

Los supuestos de normalidad y homocedasticidad para el análisis de humedad demuestran que poseen valores menores a 0,05 por tanto se afirma que las medias presentan una distribución no paramétrica por lo que se procede al análisis de Kruskal Wallis para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 12. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para humedad.

Tratamiento	Humedad Media (%)	Rango	P-valor
1	$7,24 \pm 0,02$	AB	0,0178
2	$7,15 \pm 0,41$	AB	
3	$6,61 \pm 0,39$	BC	
4	$6,24 \pm 0,06$	C	
5	$7,41 \pm 0,06$	A	
6	$6,15 \pm 0,16$	C	

En la Tabla 12 se evidencian los resultados obtenidos de la prueba de Kruskal Wallis, donde el p-valor (0,0178) es menor a 0,05, lo cual establece que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados demuestran que el tratamiento con mayor porcentaje de humedad es el T5 seguido de los tratamientos T1 y T2 que se encuentran en el mismo grupo AB; el grupo BC lo conforma el tratamiento T3 y el grupo C lo conforman los tratamientos T4 y T6.

4.1.2.2 Proteína

La Tabla 13 muestra el análisis de normalidad y homocedasticidad de los valores obtenidos en el análisis de proteína de los tratamientos establecidos.

Tabla 13. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de proteína.

Prueba	Estadístico	P valor	
Normalidad (Shapiro Wilk)	13,76	0,000128	No cumple
Homocedasticidad		0,09938	Cumple

El p valor (0,09938) en la prueba de homocedasticidad es mayor a 0,05 no obstante la prueba de normalidad (Shapiro Wilk) muestra que al ser p valor (0,000128) menor a 0,05 no cumple con una distribución normal por tanto los valores de los distintos tratamientos son no paramétricos.

Tabla 14. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para proteína.

Tratamiento	Proteína Media (%)	Rango	P-valor
1	14,39 ± 0,34	A	0,0064
2	10,42 ± 0,19	C	
3	7,98 ± 0,30	D	
4	13,56 ± 0,05	B	
5	10,42 ± 0,59	C	
6	7,22 ± 0,12	E	

La Tabla 14 reporta los valores promedio obtenidos de los tratamientos, donde al aplicarse la prueba de Kruskal Wallis se obtuvo un p valor (0,0064) menor a 0,05 por tanto se determina que existen diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento con mayor contenido proteico es el T1 con un valor de 14,39 perteneciente al grupo A, El tratamiento T4 pertenece al grupo B, los tratamientos T2 y T5 forman al grupo C, el tratamiento T3 corresponde al grupo D y finalmente el tratamiento T6 con un valor de 7,22% pertenece al grupo E.

4.1.2.3 Grasa

En la Tabla 15 se presentan las pruebas de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad aplicados en las medias obtenidas de los tratamientos del análisis de grasa.

Tabla 15. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de grasa.

Prueba	Estadístico	P valor	
Normalidad (Shapiro Wilk)	64,08	0,0001	No cumple
Homocedasticidad		0,002043	No cumple

Los P valor tanto de normalidad como homocedasticidad presentan valores menores a 0,05 por tanto se determina que las medias de los tratamientos no cumplen con una distribución normal por lo que se procede a determinar si existen diferencias significativas por medio de la prueba de Kruskal Wallis.

Tabla 16. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para grasa.

Tratamiento	Grasa Media (%)	Rango	P-valor
1	0,54 ± 0,14	B	0,0150
2	0,20 ± 0,01	C	
3	0,98 ± 0,01	A	
4	0,56 ± 0,05	B	
5	0,39 ± 0,01	B	
6	0,18 ± 0,02	C	

La información consignada en la Tabla 16 revela que la prueba de Kruskal Wallis aplicada en los tratamientos del análisis de grasa, donde el p valor (0,0150) al ser menor a 0,05 se da a entender que existen diferencias significativas entre los tratamientos establecidos. El tratamiento T3 presenta mayor contenido de grasa identificado como parte del grupo A, el grupo B lo conforman los tratamientos T1, T4 y T5 y el grupo C lo conforman los tratamientos T2 y T6.

4.1.2.4 Cenizas

La Tabla 17 muestra las pruebas de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidades aplicadas a los distintos tratamientos del análisis de cenizas.

Tabla 17. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de cenizas.

Prueba	Estadístico	P valor	
Normalidad (Shapiro Wilk)	154,05	$1,86 \times 10^{-10}$	No cumple
Homocedasticidad		0,5322	Cumple

La evaluación de los supuestos para el análisis de los tratamientos en el parámetro de homocedasticidad presenta un p valor de 0,532 siendo mayor a 0,05 por lo que se aceptaría la hipótesis nula, no obstante, en el parámetro de normalidad el p valor ($1,86 \times 10^{-10}$) es menor a 0,05 por lo tanto se determina que las medias de los tratamientos poseen valores no paramétricos por lo que se procede con la prueba de Kruskal Wallis para determinar si existen diferencias significativas entre los mismos.

Tabla 18. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para cenizas.

Tratamiento	Cenizas Media (%)	Rango	P-valor
1	$1,06 \pm 0,02$	B	0,0062
2	$1,16 \pm 0,01$	A	
3	$0,98 \pm 0,01$	C	
4	$0,84 \pm 0,02$	DE	
5	$0,89 \pm 0,01$	D	
6	$0,82 \pm 0,02$	E	

La Tabla 18 se presentan los valores obtenidos en la prueba de Kruskal Wallis aplicada a las medias de los tratamientos del análisis de cenizas. Obteniéndose un p valor (0,0062) es menor a 0,05 se establece que existen diferencias significativas. El tratamiento con mayor contenido de cenizas es el T2 con un valor de $0,98 \pm 0,01$ perteneciendo al grupo A. El grupo B está representado por el tratamiento T1, así como el grupo C por el tratamiento T3; el tratamiento T5 representa al grupo D y el

tratamiento T6 al grupo E. Finalmente el tratamiento T4 representa al grupo DE siendo un valor similar tanto para el tratamiento T5 como T6.

4.1.2.5 Fibra

La Tabla 19 expone las pruebas de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad aplicados en los resultados obtenidos de los tratamientos para el análisis de fibra.

Tabla 19. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de fibra.

Prueba	Estadístico	P valor	
Normalidad (Shapiro Wilk)	1,56	0,2435	No cumple
Homocedasticidad		0,0431	Cumple

Según lo indicado en la Tabla 19, los supuestos de normalidad como homocedasticidad presentan p- valor menores a 0,05 por lo que se deduce que los valores presentan una distribución no paramétrica por tanto se emplea la prueba de Kruskal Wallis para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 20. Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para fibra.

Tratamiento	Fibra Media (%)	Rango	P-valor
1	3,11 ± 0,31	A	0,2217
2	2,86 ± 0,04	A	
3	2,62 ± 0,28	A	
4	2,77 ± 0,12	A	
5	2,65 ± 0,27	A	
6	2,40 ± 0,0,1	A	

En la Tabla 20 el p-valor (0,2217) mayor a 0,05 se establece que no existen diferencias significativas entre los tratamientos por lo que todos los tratamientos pertenecen al grupo A. No obstante, se aprecia que el tratamiento T1 posee un contenido de fibra mayor 3,11% a comparación del tratamiento T6 con un valor de 2,40 %.

4.1.3 Análisis microbiológico

La Tabla 21 copila los resultados obtenidos en el recuento microbiológico de los tratamientos analizados. Las metodologías empleadas para el caso se basan en las normativas INEN 1529-5 Aerobios mesófilos, 1529-7 E coli y 1529-10 Mohos y levaduras.

Tabla 21. Análisis microbiológico de los tratamientos de snacks extruidos.

Tratamiento	Aerobios mesófilos	Coliformes totales	Mohos y levaduras
1	$1,5 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
2	$1,2 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
3	$2,5 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
4	$2,6 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
5	$1,6 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
6	$1,7 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$

Los análisis de los tratamientos muestran que tanto para el recuento de coliformes totales como mohos y levaduras son menores a los parámetros inferiores establecidos en las normativas. Por otro lado, en el caso de aerobios mesófilos; aunque están presentes en los diferentes tratamientos, sus conteos son inferiores a los valores mínimos aceptables.

4.1.4 Análisis de textura

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis de textura de los tratamientos establecidos. Los parámetros evaluados fueron dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, firmeza, masticabilidad y fracturabilidad.

4.1.4.1 Dureza

La Tabla 22 describe los valores de las medias obtenidas en los tratamientos en el análisis de dureza.

Tabla 22. Resultados de la prueba de Tukey para dureza.

Tratamiento	Media (N)	Rango	p-valor
1	8,87	A	0,1698
2	8,50		
3	6,56		
4	8,78		
5	7,92		
6	7,97		

Se observa que p-valor es mayor a 0,05 por lo que se determina que no existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto al parámetro de dureza, no obstante, se aprecia que T1 presenta mayor valor a comparación de T3.

4.1.4.2 Adhesividad

La Tabla 23 recoge la información obtenida de los tratamientos en el análisis de adhesividad.

Tabla 23. Resultados de la prueba de Tukey para adhesividad.

Tratamiento	Media (J)	Rango	p- valor
1	0,45		
2	0,87		
3	0,47		
4	0,25	A	0,7202
5	0,60		
6	0,40		

Al ser p-valor mayor a 0,05 se establece que no existen diferencias significativas entre los datos tras el análisis de adhesividad, sin embargo, se aprecia que el tratamiento T4 tiene un valor menor a comparación del tratamiento T2.

4.1.4.3 Cohesividad

La Tabla 24 ilustra los valores obtenidos de los tratamientos en el análisis de cohesividad.

Tabla 24. Resultados de la prueba de Tukey para cohesividad.

Tratamiento	Media (adimensional)	Rango	p- valor
1	0,10		
2	0,09		
3	0,07		
4	0,07	A	0,2186
5	0,08		
6	0,10		

Tras evaluar las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey, se determina que no existen diferencias significativas entre las medias puesto que p-valor es mayor a 0,05. Por otro lado, se puede apreciar que los tratamientos T1 y T6 presentan valores mayores en comparación a los tratamientos T3 y T4.

4.1.4.4 Elasticidad

La Tabla 25 muestra los valores promedio obtenidos de los tratamientos para el análisis de elasticidad.

Tabla 25. Resultados de la prueba de Tukey para elasticidad.

Tratamiento	Media (mm)	Rango	p- valor
1	6,84		
2	5,14		
3	6,26		
4	11,26	A	0,2624
5	2,34		
6	3,31		

Al ser p- valor mayor a 0,05 se establece que no existen diferencias significativas entre los valores promedios. No obstante, se estima que el tratamiento T4 presente un valor mayor en comparación al tratamiento T5.

4.1.4.5 Firmeza

La Tabla 26 recopila los datos de las medias obtenidas de los tratamientos en el análisis reológico del parámetro de firmeza.

Tabla 26. Resultados de la prueba de Tukey para firmeza.

Tratamiento	Media (N)	Rango	p- valor
1	0,87		
2	0,73		
3	0,45		
4	0,65	A	0,2156
5	0,66		
6	0,82		

El análisis de la prueba de Tukey sobre las medias obtenidas muestra que no existen diferencias significativas entre sí puesto que el p-valor es mayor a 0,05. El tratamiento T1 presenta un valor de 0,87 mayor al tratamiento T3 con un valor de 0,45.

4.1.4.6 Masticabilidad

La Tabla 27 muestra los valores de las medias obtenidas en el análisis reológico para el parámetro de masticabilidad.

Tabla 27. Resultados de la prueba de Tukey para masticabilidad.

Tratamiento	Media (J)	Rango	p- valor
1	6,08		
2	3,07		
3	3,57		
4	6,09	A	0,3759
5	1,68		
6	2,77		

Al ser p-valor mayor a 0,05 se determina que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, no obstante, se considera que los tratamientos T1 y T4 presentan valores mayores en comparación a los demás, especialmente el tratamiento T5 que cuenta con un valor promedio menor.

4.1.4.7 Fracturabilidad

La Tabla 28 presenta los valores de los tratamientos obtenidos en el análisis de fracturabilidad.

Tabla 28. Resultados de la prueba de Tukey para fracturabilidad.

Tratamiento	Media (N)	Rango	p- valor
1	8,87		
2	8,50		
3	6,56		
4	8,78	A	0,1698
5	7,92		
6	7,97		

El análisis de la prueba de Tukey para los valores obtenidos muestra un p-valor mayor a 0,05 se establece que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Por otro lado, se observa que el tratamiento T1 presenta mayor valor de fracturabilidad en comparación con el tratamiento T3.

4.1.5 Análisis sensorial

En la caracterización sensorial se analizaron los tratamientos mediante prueba hedónica en donde participaron 60 jueces no entrenados. Los parámetros para examinar fueron sabor, textura, olor y apariencia.

4.1.5.1. Sabor

En la Tabla 29 se muestran las pruebas de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad, aplicadas a los datos obtenidos en el análisis sensorial del parámetro de sabor de los tratamientos.

Tabla 29. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de sabor.

Prueba	Estadístico	P valor	
Normalidad (Shapiro Wilk)	1,85	0,1023	No cumple
Homocedasticidad		0,1279	Cumple

El p-valor del supuesto de homocedasticidad presenta un valor mayor a 0,05 por lo que se consideraría que los valores son homogéneos. Sin embargo, en el supuesto de normalidad se presenta un valor mayor a 0,05 por lo que se deduce que los datos en el análisis presentan una distribución no paramétrica, por lo que se procede a determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos mediante la prueba de Kruskall Wallis.

Tabla 30. Prueba de Kruskall Wallis para sabor.

Tratamiento	Media	Rango	p-valor
T1	3,19		
T2	3,14		
T3	3,41		
T4	2,94	A	0,0734
T5	3,24		
T6	3,40		

El p-valor en el análisis de la prueba de Kruskall Wallis es mayor a 0,05 lo que indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se observa que el tratamiento T4 es aquel con menor valoración en comparación con los demás.

4.1.5.2. Olor

La Tabla 31 muestra las pruebas de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad aplicados en los datos de la evaluación sensorial del parámetro de olor.

Tabla 31. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de olor.

Prueba	Estadístico	P valor	
Normalidad (Shapiro Wilk)	0,90	0,04788	No cumple
Homocedasticidad		0,4796	Cumple

El p-valor para el supuesto de homocedasticidad es mayor a 0,05 por lo que se podría conjeturar que los datos presentan una distribución paramétrica. No obstante, el p-valor de normalidad presenta un valor menor a 0,05 por lo que se concluye que los datos son no paramétricos y se procede analizar si existen diferencias significativas por medio de la prueba de Kruskall Wallis.

Tabla 32. Prueba de Kruskall Wallis para olor.

Tratamiento	Media	Rango	p-valor
T1	3,40		
T2	3,33		
T3	3,22		
T4	3,17	A	0,4505
T5	3,37		
T6	3,49		

En la Tabla 32 la prueba de Kruskall Wallis muestra que al ser el p-valor mayor a 0,05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos, por tanto, pertenecen al mismo grupo. Por otro lado, el tratamiento T6 presenta un valor mayor en comparación al tratamiento T4.

4.1.5.3. Apariencia

La Tabla 33 contiene los valores correspondientes a las pruebas de normalidad y homocedasticidad aplicadas en las medias de los tratamientos para el parámetro de apariencia.

Tabla 33. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de apariencia.

Prueba	Estadístico	P valor	
Normalidad (Shapiro Wilk)	2,75	0,0186	No cumple
Homocedasticidad		0,8438	Cumple

La prueba de normalidad presenta un p-valor menor a 0,05 aunque el p-valor de la prueba de homocedasticidad presenta un p-valor mayor a 0,05 por lo que se deduce que los datos muestran una distribución no paramétrica por tanto se aplica la prueba de Kruskall Wallis para determinar si existen diferencias significativas.

Tabla 34. Prueba Kruskall Wallis para apariencia.

Tratamiento	Media	Rango	p-valor
T1	3,37	BC	0,0058
T2	3,25	C	
T3	3,43	BC	
T4	3,43	BC	
T5	3,71	AB	
T6	3,79	A	

En la Tabla 34 se detallan las medias de los tratamientos en el parámetro de apariencia. Al aplicarse la prueba de Kruskall Wallis se evidencia un p-valor menor a 0,05 lo cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento 6 es aquel con mayor valor por lo que pertenece al grupo A, El grupo AB lo conforma el tratamiento T5, los tratamientos T1, T3 y T4 pertenecen al grupo BC y finalmente el tratamiento con menor valoración es el T2 perteneciente al grupo C.

4.1.5.4. Textura

La Tabla 35 expone las pruebas de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad, aplicadas en los datos obtenidos de la evaluación sensorial para el parámetro de textura.

Tabla 35. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y homocedasticidad para el análisis de textura.

Prueba	Estadístico	P valor	
Normalidad (Shapiro Wilk)	2,31	0,0440	No cumple
Homocedasticidad		0,0303	No cumple

Al ser los p-valor tanto para normalidad como homocedasticidad, menores a 0,05 se deduce que los datos presentan una distribución no paramétrica, por tanto, se procede a realizar la prueba de Kruskal Wallis para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 36. Prueba Kruskal Wallis para textura.

Tratamiento	Media	Rango	p-valor
T1	3,78		
T2	3,67		
T3	3,67		
T4	3,25	A	0,0767
T5	3,63		
T6	3,71		

Como se observa en la Tabla 36, las medias obtenidas en el análisis sensorial para el parámetro de textura, al aplicar la prueba de Kruskal Wallis sobre los datos se obtiene un p valor mayor a 0,05 por lo que se establece que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento con mayor valoración es el T1.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1 Caracterización fisicoquímica

La composición fisicoquímica de la sémola de garbanzo presenta valores mayores a los de zanahoria blanca. Lo cual se debe a su alto contenido nutricional rico en proteínas y carbohidratos, aunque dependiendo de la variedad de la materia estos valores pueden cambiar. En referencia al contenido de humedad, se obtuvo un valor de 11,82 % similar al resultado obtenido por (Nazate, 2019) con un valor de 11,5 % en harina de garbanzo y de igual forma en el estudio de (Ávalos, y otros, 2019) que reporta un porcentaje de 10,2 %. En referencia al contenido de proteína, suele presentarse en porcentajes de 14,9 % a 24,6 % (González, Firaldo, & Norma); el valor obtenido en el estudio es de 19,33 % semejante al valor indicado por (Ávalos, y otros, 2019) que reportaron un contenido proteico de 18,5 %. Vale destacar que la sémola de garbanzo posee un contenido alto en proteínas hidrosolubles en su mayoría globulinas y albúminas lo que brinda propiedades emulsificantes en su composición. El contenido graso se presenta en gran parte por ácidos grasos insaturados como indican (Ávalos, y otros, 2019) que determinaron un porcentaje graso de 6,3 %, valor superior al obtenido en la investigación con un porcentaje de 2,78 %.

El contenido de humedad de la zanahoria blanca fue de 8,36 % similar al valor obtenido de 8,02% por (Martínez, 2011). Cabe mencionar que el contenido bajo de humedad suele ser característico de los tubérculos y raíces deshidratadas. El contenido proteico de la sémola fue de 3,46 % el cual es inferior al contenido de la harina precocida reportado por (Morales L. , 2021) con un valor de 5,14 % y a su vez superior al valor obtenido por (Coral & Gallegos, 2015) con un porcentaje de 1,14 %; la variación de estos valores se manifiesta a causa de los procesos de secado, cocción o deshidratación que pueden ocasionar pérdidas ligeras de proteínas.

En lo que respecta a los valores de grasa tanto de la sémola de garbanzo como la de zanahoria blanca presentan valores inferiores al 3% siendo sus valores de 2,78 % y 1,48 % respectivamente. El contenido graso obtenido en la investigación es mayor al reportado por (Coral & Gallegos, 2015) con un valor de 0,10 %; esta variación se debe de igual forma a distintas condiciones aplicadas durante la obtención de la sémola como el uso de altas temperaturas de secado, condiciones de almacenamiento, temperatura, humedad. Por otro lado, la sémola de garbanzo presentó un contenido

de 2,78 %, valor inferior al indicado por (Ávalos, y otros, 2019) que reportaron un porcentaje de 6,3%. Cabe mencionar que según (Delgado, y otros, 2024) el contenido graso debe oscilar entre 4-8%.

4.2.2 Análisis fisicoquímico

En base a la norma INEN 2561:2010, el contenido de humedad máxima para productos vegetales debe ser de 5 %; no obstante, dependiendo de la preparación, humectación, alimentación y funcionamiento del extrusor estos valores pueden variar influyendo en la viscosidad, expansión y resistencia a la rotura del extruido. Otro aspecto para tomar en cuenta es el porcentaje de almidón que tiende a alcanzar índices de absorción y solubilidad provocando así bajos índices de humedad (Robin, 2001).

Los valores de humedad obtenidos en la investigación se encuentran en el rango de 6,15 % hasta 7,24 %, a causa de la evaporación producida en la extrusión en conjunto con las presiones empleadas y que de igual forma siendo semejantes a los obtenidos por (Flores, 2019) con porcentajes de 5,42 % a 9,56 %.

El valor nutricional referente al contenido de proteínas suele ser dependiente de la presencia y accionar de los aminoácidos esenciales. Según (Arêas, Rocha, & Rodriguez, 2016), durante el proceso de extrusión se presenta un aumento en la digestibilidad de dichos aminoácidos lo que presuntamente puede resultar en desnaturalización de las proteínas e inactivación de las enzimas en las plantas crudas. En base a ello, los contenidos de proteína de los snacks obtenidos en el proceso de extrusión se encuentran entre valores de 7,22 % a 14,39 los cuales son similares a los datos obtenidos por (Delgado, y otros, 2024) con un valor de 9,5 % en las pastas extruidas. Del mismo modo, los valores obtenidos en la investigación son similares a aquellos reportados por (Flores, 2019) cuyos contenidos se presentaron en rangos de 8,32 % hasta 18,32 % en un extruido, de igual forma a los valores obtenidos por (Rivera, 2023) quién reportó porcentajes entre 11,45% a 13,76% por cada 100 g del snack de garbanzo. Otro aspecto a tener en cuenta es la variación de temperatura en el proceso de extrusión puesto que la exposición al calor de forma severa llega a producir puentes cruzados entre las proteínas lo que ocasiona reducción en la solubilidad y disponibilidad como se puede apreciar principalmente entre los tratamientos T1 y T4.

El contenido de grasa en productos extruidos suele ser menores de 6%, esto ya que puede perjudicar el rendimiento del extrusor. Sin embargo, el accionar de la grasa en el producto permite mayor viscosidad y reduce la fricción entre las partículas resultando una menor expansión de la masa. Los resultados obtenidos de los tratamientos en referencia al contenido de lípidos muestran porcentajes entre 0,18 % a 0,98 % por lo que durante el proceso de extrusión produjeron un efecto de expansión mínimo en el producto final. Por otro lado, los valores obtenidos son menores a comparación de (Flores, 2019) quien reportó valores entre 0,50 % a 1,98 % donde a su vez estableció que la interacción entre el tipo de mezcla y su humedad influyen sobre el contenido de grasa en el producto final. Del mismo modo, (Rivera, 2023) reportó en su investigación un valor de 26,76 % mucho mayor a los obtenidos; esto debido principalmente a la formulación empleada.

La importancia de los minerales reside en las funcionalidades y acciones en procesos metabólicos del organismo, su deficiencia resulta en múltiples trastornos comunes, así como enfermedades bioquímicas (Gharibzahedi & Jafari, 2017). Con respecto al contenido de cenizas, las materias primas empleadas en el estudios no son termosensibles por lo que el contenido de minerales disminuye durante el proceso de extrusión, por otro lado, la leguminosas se caracterizan por tener porcentajes entre 3% a 4% aproximadamente; sin embargo al igual que la presencia de grasa, los minerales pueden reducir el efecto de expansión del producto, esto se debe principalmente a las estructuras de las cenizas que a su vez modifican el comportamiento reológico de la masa (Altan & Maskan, 2012). Los resultados obtenidos en la investigación muestran valores entre 0,82 % a 1,16%, siendo este último el tratamiento con mayor contenido y el cual fue sometido a menor temperatura de extrusión. Estos valores son similares a los obtenidos por (Flores, 2019) quien obtuvo valores entre 0,575 y 1,16%.

Los resultados obtenidos en el análisis de fibra muestran valores que oscilan entre 2,40% a 3,11 % siendo este último perteneciente al tratamiento T1 sometido a una extrusión de 120 °C el que presento mayor contenido de fibra. A su vez, se puede apreciar que los tratamientos con mayor porcentaje de fibra son ocasionados por el contenido natural relativamente alto en la sémola de garbanzo con un aproximado de 3%-5%, además al mezclarse con otros ingredientes vegetales rico en fibra pueden potenciar el contenido de esta. Haciendo referencia a los valores obtenidos, estos

son similares a aquellos reportados por (Ávalos, y otros, 2019) cuyos porcentajes iniciales aumentaron tras el proceso de extrusión llegando a presentar un porcentaje de 5,1 % y de igual forma en la investigación de (Kalahal, Gavahian, & Lin, 2024) cuyos datos mostraron un aumento de 1,77% a 2,51-3,92 %.

4.2.3 Análisis microbiológicos

Considerando los resultados obtenidos por (Fiallos, 2023) y (Espinoza, Roldan, & Martínez, 2021) donde los parámetros microbiológicos presentan recuentos inferiores a $<1,0 \times 10^{-1}$ UFC/g se puede afirmar que los valores obtenidos en el análisis microbiológico cumplen con los requerimientos establecidos por la norma INEN 2561:2010 lo que muestra una correcta elaboración del producto y su inocuidad. Por otro lado, la norma no establece un límite para el recuento de aerobios mesófilos teniendo en cuenta que estos funcionan como un indicador para la calidad microbiológica del producto. Por tal razón se empleó los parámetros de la norma INEN 2085:2005 cuyo límite máximo es 1×10^4 UFC/g, en base a ello, el recuento con mayor valor perteneciente al tratamiento T4 es inferior al límite máximo establecido.

Según (Ballesteros & Quiles, 2020) los procesos que involucran altas temperaturas durante periodos cortos de tiempo, así como la acción de cizallamiento permiten la reducción de contaminación microbiológica de la misma manera que la desactivación de procesos enzimáticos.

4.2.4 Análisis texturales

La dureza se define como la fuerza necesaria para realizar una deformación determinada sobre un alimento. Para determinar dicha fuerza generalmente se utiliza un texturómetro que permita simular de manera precisa el potencial medido en newtons de la trituración efectuada por los molares o el paladar sobre el alimento. Cabe mencionar que, dependiendo de la composición, así como de subproductos añadidos pueden cambiar la estructura de los extruidos. Los valores obtenidos en las investigaciones mostraron valores que oscilan entre 6,56 N a 8,87 N siendo mayores a los reportados por (Carvajal, 2018) en un snack de maíz, frejol y camote y (Flores, 2019) que obtuvieron valores entre 3,20 - 5,80 N y 3,25 - 5,20 N respectivamente. Por otro lado, el atributo de dureza se ve influenciado por diversos factores como la composición en la formulación donde los tratamientos con 70 % de sémola de

garbanzo en su formulación presentaron mayor fuerza con valores de 8,87 y 8,78 N respectivamente, así mismo la interacción del almidón, calor, humedad y cizallamiento influyen en el grado de gelatinización del producto; sin embargo, en el aspecto de temperatura puede ser contraproducente si se aplican altas temperaturas (Alam, Kaur, Khaira, & Gupta, 2016).

La adhesividad medible en Joule (J), se define como el trabajo necesario para superar una fuerza de atracción entre la muestra y una superficie. En el área de alimentos, el parámetro de adhesividad puede mejorar la cohesión y masticabilidad del producto brindando una textura agradable, sin embargo, su exceso ocasiona una textura pegajosa y desagradable al consumidor. Para un snack cuya textura debe ser crujiente, el parámetro de adhesividad debe ser baja o nula por tanto los valores obtenidos en la investigación son considerados ideales siendo el tratamiento T2 el que presentó un valor mayor de 0,87 J. Por otro lado, (Carvajal, 2018) presentó valores que oscilan entre 2,35 a 5,25 J, esto se debe principalmente al contenido de proteína como almidón ya que entre mayor porcentaje se encuentre presente en la formulación, menor será al parámetro de adhesividad (Ramos, y otros, 2015).

La cohesividad se define como la capacidad que tienen las moléculas de formar parte de una misma sustancia, es decir, se mantengan unidos; este parámetro influye directamente en la masticabilidad, integridad estructural y estabilidad de la vida útil del producto, por tanto, la percepción de la cohesividad da una mejor aceptación y satisfacción del consumidor. Los valores obtenidos en la investigación los cuales oscilan entre 0,07 y 0,10 son parcialmente menores a los reportados por (Srichamroen, 2014) y (Patil, Brennan, Mason, Brennan, & Jayasena, 2016) cuyos valores de cohesividad fueron entre 0,45 y 0,60 en snacks enriquecidos con legumbres y valores entre 0,35 a 0,50 en snacks a base de mezclas de cereales y legumbres respectivamente. La variabilidad de estos datos se debe principalmente a factores como el contenido de humedad, el grado de gelatinización y la interacción de los diferentes ingredientes empleados en la formulación.

La elasticidad se define como la capacidad de un alimento para recuperar su forma original tras haberse deformado por una fuerza externa ya sea al morderlo o masticarlo. En el análisis de elasticidad de (Pérez, Gómez, & Rodríguez, 2018) muestran que entre mayor contenido de proteína, almidón y fibra; mayor grado de elasticidad presentará el producto como se aprecia en el tratamiento de snack con

70 % de harina de garbanzo y 30 % harina de zanahoria blanca cuya elasticidad fue de 11,26 mm, de igual forma en el estudio realizado por (Gómez, Rodríguez, & Acevedo, 2017) determinó que la adición de diferentes productos vegetales como la zanahoria blanca permite aumentar la elasticidad, sin embargo, disminuye la dureza del snack obteniendo una elasticidad de 0,77 mm. En base a ello, los valores obtenidos en el estudio del caso son significativamente mayores siendo el tratamiento 4 aquel que presenta mayor elasticidad con un efecto gomoso.

La firmeza se refiere a la resistencia que ofrece el producto a la deformación o penetración. Así como la adhesividad, cohesión masticabilidad; la firmeza influye en el perfil de textura del producto puesto que contribuye a la sensación de resistencia que se siente al morder. (Jacquet, Doyen, & Nicolay, 2025) menciona que la firmeza disminuye conforme aumenta la solubilidad proteica en su evaluación de snacks a base de guisantes y habas en donde presentó valores óptimos entre 8,5 y 11,2 N; de igual forma en el estudio de (Downs, y otros, 2023) menciona que a medida que aumenta el contenido de lípidos, la firmeza disminuye lo que ocasiona una textura más suave lo cual presentaron valores de firmeza de 12,5 y 4,3 N. En base a ello, los valores obtenidos en la investigación pueden ser considerados óptimo en el parámetro de firmeza, tomando en cuenta que los tratamientos sometidos a 140°C presentaron valores menores a los sometidos a 120°C.

La masticabilidad hace alusión al esfuerzo requeridos para masticar un alimento para su respectiva digestión, este parámetro al igual que los demás, es dependiente de la composición del producto, así como los procesos y condiciones que se somete. En el estudio realizado por (Morales, Jiménez, Zapata, Bello, & Ortega, 2020) mostró valores de masticabilidad que variaron entre 15 y 35 N donde determinó que los snacks con mayor proporción de almidón mostraron valores de masticabilidad más altos; del mismo modo en la investigación realizada por (Akdogan, Ozdemir, & Guler, 2022) obtuvo valores entre 20 y 45 N demostrando nuevamente que los valores más altos presentaron mayor contenido de almidón, pero menor contenido de fibra. En el estudio del caso, los valores con mayores contenidos fueron aquellos que en su formulación poseen 70 y 50 % de sémola de garbanzo siendo los tratamientos T1 y T4 los óptimos con valores de 6,08 y 6,09 J, sin embargo, cabe mencionar que estos valores son menores en comparación a los anteriormente mencionados por lo que se

puede aludir que los productos poseen alto contenido en fibra, pero menor porcentaje el almidón.

La fracturabilidad o también conocida como ruptura se define como la resistencia que presenta el producto al ser sometido a una fuerza que intenta romperlo, además influye en la experiencia de masticación, percepción de la calidad y estabilidad del producto durante el almacenamiento. Los valores obtenidos en la investigación que oscilan entre 6,56 y 8,87 N presentan una diferencia, aunque no significativa con respecto principalmente al contenido de proteína y temperatura de extrusión, sin embargo, los valores son menores a medida que aumentaba el contenido de grasa, la fracturabilidad disminuye como se muestra en los tratamientos con 2 y 4 % de grasa que presentaron valores de 45 y 38 N respectivamente (Flores, 2019).

4.2.5 Análisis sensorial

El análisis sensorial se entiende como la disciplina encargada de estimular, cuantificar, estudiar e interpretar las respuestas generadas por las características específicas de los alimentos. Así mismo, permite determinar el nivel de aceptación de los consumidores, basándose en percepciones obtenidas a través de los sentidos de la vista, el olfato, el gusto y el tacto (Delgado, y otros, 2024).

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial indicaron ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos en lo que respecta al parámetro del sabor y olor, no obstante, el tratamiento T4 presentó una valoración ligeramente inferior en sabor. En cuanto al parámetro de textura, si bien no se detectó diferencia significativa a nivel estadístico, el tratamiento T1 presentó una valoración más alta; esto se evidencia inclusive en el análisis reológico especialmente en los parámetros de fracturabilidad, masticabilidad y firmeza.

Por otro lado, el análisis de apariencia presentó diferencia significativa entre los tratamientos siendo el T6 el que obtuvo una valoración más alta en comparación al T2 con la valoración más baja. Este parámetro está intrínsecamente relacionado con la fracturabilidad pues que los snacks presentan superficies que pueden afectar a la aceptabilidad del consumidor.

En la investigación realizado por (Flores, 2019), en el análisis de aceptabilidad sensorial de un extruido formulado con una mezcla de (80% maíz + 10% chocho + 10%

zanahoria blanca). Los resultados evidenciaron que esta composición obtuvo un mayor grado de aceptación por parte de los panelistas, especialmente en los atributos de sabor y textura.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los diferentes tratamientos mostraron variaciones en los parámetros del perfil de textura tales como dureza, masticabilidad, fracturabilidad, adhesividad, cohesividad, elasticidad, firmeza. Estas diferencias están relacionadas con la proporción de las sémolas, así como las condiciones de extrusión las cuales influyeron en la formación de estructuras más o menos compactas, afectando a la textura de los productos extruidos.
- Todos los tratamientos cumplieron con los requisitos de la norma INEN 2561:2010. En base al análisis sensorial el tratamiento T6 fue el más aceptable, aunque en los parámetros de sabor y olor no presentó diferencias significativas con los demás tratamientos.
- En los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos hubo variaciones entre los tratamientos evaluados, especialmente en el contenido de proteína, fibra, grasa, cenizas y humedad, lo cual estuvo influenciado por las formulaciones de las sémolas de garbanzo y las sémolas de la zanahoria blanca, sin embargo todos los tratamientos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa INEN 2561:2010 para bocaditos de productos vegetales, tal como ocurrió también con los aspectos microbiológicos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Analizar la aplicación de pretratamientos (cocción, remojo, germinación) en las materias primas para el mejoramiento en la extrusibilidad y propiedades funcionales y nutricionales.
- Examinar la estabilidad del producto, con respecto al tiempo de vida útil en almacenamiento y análisis de degradación en sus componentes nutricionales y propiedades sensoriales.
- Evaluar el efecto de la velocidad de tornillo, así como la presión en el proceso de obtención del snack extruido.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, D., & Calderón, Y. (10 de Octubre de 2015). Elaboracion de una mezcla alimenticia extraida a baxe de harina de quinoa (*chinopodiumquinoa willd*), arroz (*Oriza Sativa*) y frijol gandul (*Canajuscajan*) saborizado con harina de lúcuma. Obtenido de Univerisidad Nacional Pedro Riuz Gallo: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/875>.
- Akdogan, K., Ozdemir, F., & Guler, I. (2022). Effect of Different Starch Ratios on the Textural and Mechanical Properties of Extruded Snacks. . Obtenido de *Food Engineering Reviews*, 14(5), 821-835.: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12393-022-02363-x>.
- Alam, M., Kaur, J., Khaira, H., & Gupta, K. (2016). Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review. Obtenido de *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 445-475. [DOI]: 10.1080/10408398.2013.779568.
- Altan, M., & Maskan, A. (2012). Advances in Food Extrusion Technology. *Malaysian Journal of Microbiology* (Vol. 13). Obtenido de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Antonio, J. (2008). Hibridacion de garbanzo blanco y porquero para incrementar la resistencia, tipo erecto y calidad de exportacion, en la costa de Hermosillo. Obtenido de *Avances de la investigación CIANO*. N° 317. [pdf]: <https://www.compucampo.com/tecnicos/sanantonio-05-garbanzoforrajero.pdf>.
- Arêas, J., Rocha, C., & Rodriguez, M. (Diciembre de 2016). Extrusion Cooking: Chemical and Nutritional Changes. Obtenido de *Encyclopedia of Food and Health*, 569–575. : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00266-X>.
- Ávalos, L., Gaytán, M., Reyes, M., Morales, E., Contreras, M., & Valencia, J. (Junio de 2019). EFECTO DE EXTRUSIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS EN BOTANAS DE TERCERA GENERACIÓN ENRIQUECIDAS CON PROTEÍNA VEGETAL. Obtenido de *PCT*, vol. 2, no. 3, pp. 78–87: <https://revistas.uaq.mx/index.php/perspectivas/article/view/203>.

- Avilés, T., & Vera, S. (2018). Viabilidad del uso de tubérculos como materia prima para la elaboración de galletas. Obtenido de Tecnológico Espiritu Santo, 2. [DOI]: <https://doi.org/10.33970/eetes.v2.n1.2018.36>.
- Ballesteros, G., & Quiles, A. (2020). Aplicación de la tecnología de extrusión de productos con alto contenido de proteína. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Agronómica y del Medio Natural, España. 2020, p. 98-115. : <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/7377f41e-d871-4e21-b771-00eabbe2bb2a/content>.
- Barrera, D. (2018). Caracterización fisicoquímica y nutricional de una botana expandida por extrusión adicionada con cebada. Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [pdf]: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/2136/1/Caracterizaci%C3%B3n%20fisicoqu%C3%ADmica%20y%20nutricional%20de%20una%20botana%20expandida%20por%20extrusi%C3%B3n%20adicionada%20con%20cebada.pdf>.
- Benalcázar, B. (25 de Marzo de 2011). Determinación de las características físicas y químicas de la Zanahoria Blanca (*arracacia xanthorrhiza bancroft*) proveniente de la Zona de San José de Minas Provincia de Pichincha. Obtenido de Universidad Técnica del Norte. [pdf]: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/419>.
- Bermeo, W., & Carrasco, L. (2018). Formulación y evaluación de un suplemento alimenticio en polvo a base de maca (*Lepidium meyenii*), maíz (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) mediante extrusión. Obtenido de Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo [pdf]: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/2884>.
- Burbano, V. (12 de 2018). Efecto de la mezcla de griz de maíz (*Zea Mays*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris*) y diámetro de boquilla en el producto extrusado . Obtenido de Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. [pdf]: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8456/1/03%20EIA%20465%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.
- Cáceres, M. (2005). Plan de Negocios para la creación de la categoría bocaditos peruanos en la empresa Snacks América Latina. Obtenido de Universidad ESAN: <https://cendoc.esan.edu.pe/fulltext/tesis/MA2006/matp3520057.pdf>
- Calderón, T. (2019). ESTUDIO DEL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE LA ABSORCIÓN DE GRASA EN HOJUELAS FRITAS DE ZANAHORIA BLANCA *Arracacia xanthorrhiza Bancroft*". Ibarra-Ecuador : Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte .
- Carrero, Y., Dávila, M., Moya, J., Núñez, I., Acosta, M., & Aranda, C. (Julio de 2018). Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza bancr*) Potencial Fitofármaco: Mini

revisión. Obtenido de ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/326449587_ZANAHORIA_BLANCA_Arracacia_xanthorrhiza_bancr_POTENCIAL_FITOFARMACO_MINI_REVISION.

Carvajal, S. (2018). Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional de la mezcla de maíz *Zea mays*, fréjol *Phaseolus vulgaris* y camote *Ipomea batata* en el snack. Obtenido de Universidad Técnica del Norte [pdf]:
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8827/1/03%20EIA%20471%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.

Cerón, C., Guerra, V., Legarda, J., Enríquez, M., & Portilla, Y. (07 de 2019). Efecto de la extrusión sobre las características físico-químicas de harina de quinua (*chenopodium quinoa willd*). Obtenido de Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-EfectoDeLaExtrusionSobreLasCaracteristicasFisicoqu-6117859.pdf>.

Chinchilla, M., & Ortega, D. (2017). Elaboración de snack y hojuelas extruidos a partir de cereales y lenteja (*Lens Culinaris*) con la optimización del equipo de extrusión en seco, U.C.S.M., AREQUIPA 2017. Obtenido de Universidad Católica de Santa María. Facultad de Ciencias e Ingenierías biológicas y químicas. [pdf]: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/616ad9e1-c50d-4f4f-8f08-73a753b1de9e>.

Coral, V., & Gallegos, R. (Noviembre de 2015). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de la harina de maíz, harina de trigo integral, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho . Obtenido de Pontificia universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales [pdf]:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8382661>.

Cotallapa, M. (21 de Septiembre de 2023). Calidad nutricional y funcional de harinas extruidas a base de maíz y lenteja con subproductos de vinificación. Obtenido de Universidad Complutense de Madrid. [pdf]:
<https://docta.ucm.es/entities/publication/eea55014-6e9d-44a4-ab72-c975ac616a7f>.

Curso de especialización FEDNA. (s.f.). Efecto de la extrusión sobre la utilización de nutrientes. Obtenido de El proceso de extrusión en cereales y habas de soja. [pdf]: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/75-extrusion_en_cereales_y_soja_l.pdf.

Delgado, S., Zazueta, J., Quintero, A., Castro, Y., Ruíz, X., Valenzuela, V., & Delgado, C. (2024). Efecto del proceso de extrusión sobre las propiedades fisicoquímicas, fitoquímicas, y de cocción de pastas libres de gluten elaboradas a partir de harinas de arroz quebrado y garbanzo. Obtenido de Biotecnía, 26, e2142.:
<https://biotecnía.unison.mx/index.php/biotecnía/article/view/2142>

- Downs, B., Skrzypczak, K., Richter, J., Krajka, T., Ikuse, M., Bernin, J., & Ganjyal, G. (15 de Septiembre de 2023). Influence of legume-derived proteins with varying solubility on the direct expansion of corn starch during twin-screw extrusion processing. Obtenido de *J Food Sci.* 2023 Oct;88(10):4169-4179: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16730>.
- Espinoza, K., Roldan, D., & Martínez, N. (2021). Elaboración de snack a partir de cereales y concentrado de proteína de poto (*Dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil. Obtenido de *Anales Científicos.* 82(1), 180-191: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v82i1.1755>.
- Fellows, P. (2017). *Food Processing Technology. Principles and Practice.* Elsevier.
- Fernández, Z., & Vera, G. (2014). Elaboración de un producto extruido en base a harinas de algarroba (*Prosopis pallida*), arroz (*Oriza Sativa*) y maíz amarillo duro (*Zea mays L.*). Obtenido de Universidad Nacionesd Pedro Ruiz Gallo. Facultad de ingeniería química e industrias alimentarias: <file:///C:/Users/edwin/Downloads/BC-TES-3874.pdf>.
- Fiallos, M. (2023). Calidad de un bocadito de maíz extruido para la empresa Simaa CIA.LTDA. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <https://dspace.esepoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/02ea6337-c963-43a4-a835-15731341061c/content>.
- Flores, J. (2019). Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y de textura en la mezcla de maíz *Zea, Mays*, chocho *Lupinus mutabilis* y zanahoria blanca *Arracacia xanthorrhiza* en el snack. Obtenido de Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9782/3/03%20EIA%20487%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.
- Gharibzahedi, S., & Jafari, S. (2017). The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. Obtenido de *Trends in Food Science and Technology,* 62, 119–132.: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017>.
- Gholamipour-Shirazi, A., Norton, I., & Mills, T. (2019). Designing hydrocolloid based food-ink formulations for extrusion 3D printing. Obtenido de *Food Hydrocolloids.* [DOI]: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.011>.
- Gómez, F., Rodríguez, D., & Acevedo, D. (2017). Evaluación de las propiedades de snacks extruidos a base de harina de arroz y zanahoria. Obtenido de *Información Tecnológica,* 28(6), 87-94.
- González, S., Firaldo, J., & Norma, A. (s.f.). Características nutricionales del garbanzo. Obtenido de *Los alimentos en México y su relación con la salud.* [pdf]:

file:///C:/Users/edwin/Downloads/CaracteristicasNutricionalesdelGarbanzo.pdf.

Guerrero, J. (s.f). Beneficios nutricionales y efectos en la producción hidrobiológica de alimentos extrudizados. Obtenido de Acuacultura Agrinal Colombia S.A [pdf]: file:///C:/Users/edwin/Downloads/1603-Texto%20del%20art%C3%ADculo-6119-1-10-20140321.pdf.

Gutierrez, R. (2008). Alimento para niños preparado con Harinas de Maíz. Obtenido de SciELO. INCI v.33 n.12 Caracas. [pdf]: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008001200004.

Harina de garbanzo - La gran desconocida . (19 de Enero de 2021). Obtenido de Luengo: <https://legumbresluengo.com/harina-de-garbanzo-la-gran-desconocida/#:~:text=Contiene%20fibra%2C%20que%20ayuda%20a,un%20ingrediente%20perfecto%20para%20deportistas>.

Jácome, J. C. (27 de Julio de 2009). El garbanzo da proteínas. Obtenido de El Comercio : <https://www.elcomercio.com/actualidad/garbanzo-da-proteinas.html>.

Jacquet, P., Doyen, M., & Nicolay, Y. (2025). Effect of extrusion parameters and oil content on physicochemical and textural properties of corn-based snacks: Predictive modeling. Obtenido de Journal of Food Engineering, 300, 105438.: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024.105438>.

Jordán, R. (2018). Desarrollo de una fórmula para un postre instantáneo a partir de las harinas de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza bancrofti*) y zapallo (*Cucurbita maxima duchesne*). . Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil : <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10198>.

Kalahal, ., Gavahian, ., & Lin, . (2024). Development of innovative tigernut-based nutritional snack by extrusion process: effects of die temperature, screw speed, and formulation on physicochemical characteristics. Obtenido de Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 16(1), 1-22: <https://doi.org/10.15586/qas.v16i1.1310>.

Martínez, V. (2011). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo, por dos tipos de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) en la calidad de la pasta. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato [pdf]: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7181e7d1-b8f1-469d-8cbb-a6fe50b0d28b/content>.

Meng, X., Threinen, D., Hansen, M., & Driedger, D. (2010). Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack.

Obtenido de Food Research International, 43(2), 650–658.:
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.016>.

Morales, L. (2021). Estudio fisicoquímico y sensorial de una bebida instantánea elaborada a base de harina precocida de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Obtenido de Universidad Politécnica Estatal del Carchi [pdf]: <https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/263f9f1f-526a-4ff3-848b-9cfd1d25e5cb/content>.

Morales, M., Jiménez, A., Zapata, A., Bello, J., & Ortega, R. (2020). Masticatory Properties and Sensory Evaluation of Quinoa-Based Extruded Snacks. Obtenido de Food Science & Nutrition, 8(6), 2153-2162.

Nazate, L. (2019). Influencia de la harina de papa *Solanum tuberosum* y harina de garbanzo *Cicer arietinum* sobre las características estructurales y sensorial de un pan bajo en gluten. Obtenido de Universidad Técnica del Norte. [pdf]: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9161/1/03%20EIA%20479%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.

Paguay, F. (2012). Planificación y desarrollo de nuevos productos elaborados a base de zanahoria blanca. Obtenido de Insitituto Tecnológico de Turismo y Hotelería internacionaltelera. [pdf]: http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tesis/1501-0864_OrdenezRJ.pdf.

Patil, S., Brennan, M., Mason, S., Brennan, C., & Jayasena, V. (2016). The effects of fortification of legumes and extrusion on the protein digestibility of wheat-based snacks. Obtenido de Foods, 5(2), 26.: https://www.researchgate.net/publication/300371249_The_Effects_of_Fortification_of_Legumes_and_Extrusion_on_the_Protein_Digestibility_of_Wheat_Based_Snack.

Pérez, J., Gómez, M., & Rodríguez, L. (2018). Evaluación de las propiedades de textura y elasticidad de snacks extruidos a base de harina de garbanzo y zanahoria blanca. Obtenido de Revista de Tecnología e Innovación Alimentaria, 12(3), 45-56.

Ram, J., & Prem, P. (2005). Genetic Resources, chromosome engineer and crop improvement. Taylor & Francis Group.

Ramos, J., Suuronen, J., Deegan, K., Serimaa, R., Tuorila, H., & Jouppila, K. (2015). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. Obtenido de LWT - Food Science and Technology, 64(2), 1047–1056. : <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.011>.

Rivera, E. J. (2023). ELABORACIÓN DE UN SNACK PROTEICO A PARTIR DE HARINAS NO COVENCIONALES DE GARBANZO (*Cicer arietinum*) Y AMARANTO (*Amaranthus*

- caudatus). Obtenido de Universidad Agraria del Ecuador: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RIVERA%20CHIQUITO%20ERICK%20JOSUE.pdf>.
- Robin, G. (2001). Extrusion cooking. Technologies and applications. Obtenido de Woodhead Publishing Limited.: <https://www.sciencedirect.com/book/9781855735590/extrusion-cooking>.
- Rubira, J. (16 de Julio de 2018). Efecto de la humedad relativa y del almacenamiento en los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de un producto extruido de harina de maíz y chontaduro. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia. [pdf]: <https://riunet.upv.es/handle/10251/106993>.
- Santacruz, S., Cadena, C., & Yáñez, S. (2022). Elaboración de una snack salado extruido expandido a base de chocho (*Lupinus mutabilis*) y maíz. *Espamcciencia para el agro*, 32-38.
- Sisú, M. (2021). Influencia de las publicidades televisivas de alimentos y bebidas no saludables. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120196>.
- Snacks extrusionados. (s.f.). Obtenido de Tutichip-Loves your snacks: <https://www.tutichipsnacks.com/snacks-extrusionados/#:~:text=El%20proceso%20de%20extrusi%C3%B3n%20de,calor%20presi%C3%B3n%20y%20fuerza%20mec%C3%A1nica>.
- Srichamroen, A. (2014). Functional properties of extruded snacks enriched with cereal grains and legumes. Obtenido de *Kasetsart Journal - Natural Science*, 48(4), 521-531.: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26787975/>.
- Tirado, D., Acevedo, D., & Enrique, L. (2012). Freído por inmersión de los alimentos . Obtenido de Universidad de Cartagena. [pdf]: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3TwxnjXcXPcC&oi=fnd&pg=PA72&dq=expansion+por+fritura+alimentos&ots=onABLukvwg&sig=hJdZpiKBRIwW KmKmfGUUua-CdUA#v=onepage&q=expansion%20por%20fritura%20alimentos&f=false>.
- Valdiviezo, V. (2016). Elaboración y evaluación nutricional de bizcochuelo a base de harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) fortificado con harina de hígado de pollo (Bachelor's thesis). Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: https://rrae.cedia.edu.ec/Search/Results?sort=title&lookfor=%22ZANAHORIA%22&type=Subject&filter%5B%5D=author_facet%3A%22Valdiviezo+Cherrez%2C+Viviana+Bel%C3%A9n%22.
- Valencia, B. (Abril de 2009). Evaluación técnica financiera de la industrialización del garbanzo (*Cicer Arietinum*) usando un proceso de extrusión. Obtenido de

Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial.
[pdf]: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1692/1/CD-2292.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR CON ENFOQUE EN INVESTIGACIÓN

ESTUDIANTE:	ARIAS ALMEIDA EMELY MARÍA	CÉDULA DE IDENTIDAD:	1729137750
PERIODO ACADÉMICO:	2025B		
PRESIDENTE TRIBUNAL	PHD. FRANCISCO JAVIER DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ	DOCENTE TUTOR:	MSC. CARLOS ALBERTO RIVAS ROSERO
DOCENTE:	MSC. FREDDY GIOVANNY TORRES MAYANQUER		
TEMA DEL TIC:	"Evaluación del efecto de extrusión sobre las propiedades físico-químicas y reológicas de un snack de sémolas de garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) y zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)"		
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	8,00	
	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7,33	Investigar los minerales presentes tanto en los tubérculos y granos como en los snacks. Utilizar referencias relacionadas.
3	METODOLOGÍA	8,00	Explicar la obtención de las sémolas a partir de las materias primas. Especificar los equipos y parámetros de las pruebas.
4	RESULTADOS	7,00	Colocar todas las unidades de los parámetros medidos.
5	DISCUSIÓN	7,33	Especificar con qué sistemas está comparando.
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,00	Seleccionar el mejor tratamiento de acuerdo a sus objetivos. Ser más específica con las normativas.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8,00	Mostrar mayor seguridad a la hora de responder.
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Revisar ortografía y normas APA.

Obteniendo una nota de: **7,77** Por lo tanto, **APRUEBA** : debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 66.- De la aprobación de la pre defensa del Informe final de TIC.- El estudiante deberá obtener una nota mínima de 7/10; al finalizar el proceso de pre-defensa se procederá a levantar el acta correspondiente. En el caso de aprobar con observaciones el estudiante deberá adjuntar el informe final de cumplimiento de observaciones y recomendaciones emitido por el Tribunal previo a la defensa final en un término máximo de 10 días.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **lunes, 1 de diciembre de 2025**

PHD. FRANCISCO JAVIER DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ
PRESIDENTE TRIBUNAL

MSC. CARLOS ALBERTO RIVAS ROSERO
DOCENTE TUTOR

MSC. FREDDY GIOVANNY TORRES MAYANQUER
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Emely María Arias Almeida				
DATE: Martes, 16 de diciembre de 2025				
Topic: "Evaluación del efecto extrusión sobre las propiedades físico químicas y reológicas de un snack de sémolas de garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) y zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Emely María Arias Almeida

Fecha de recepción del abstract: Lunes, 8 de diciembre de 2025

Fecha de entrega del informe: Martes, 16 de diciembre de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Escaneado digitalmente por:
MARTHA ARACELLY
VIVEROS ALMEIDA

Alidar digitalmente con Firmado

MA. Martha Viveros
Responsable del
CIDEN