



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO (*Triticum Durum*,
T) POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)
PARA ELABORAR PASTA SABORIZADA CON EXTRACTO DE
APIO (*Apium graveolens*)”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de
Ingenieras Agroindustriales

Autoras:

Cabascango Llumiquinga Jenifer Leonela

Calvopiña Reisancho Katherine Nicole

Tutora:

Moreano Téran Nancy Fabiola

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cabascango Llumiquinga Jenifer Leonela, con cédula de ciudadanía No. 1005119209 y Calvopiña Reisancho Katherine Nicole, con cédula de ciudadanía No. 1751314962, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: **“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO (*Triticum Durum*, T) POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) PARA ELABORAR PASTA SABORIZADA CON EXTRACTO DE APIO (*Apium graveolens*)”**, siendo la ingeniera Moreano Terán Nancy Fabiola Mg., Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 16 de agosto del 2024

Jenifer Leonela Cabascango Llumiquinga
C.C: 1005119209
ESTUDIANTE

Katherine Nicole Calvopiña Reisancho
C.C: 1751314962
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CABASCANGO LLUMIQUINGA JENIFER LEONELA**, identificada con cédula de ciudadanía **1005119209** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO (*Triticum Durum, T*) POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) PARA ELABORAR PASTA SABORIZADA CON EXTRACTO DE APIO (*Apium graveolens*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2020 - Marzo 2021

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutora: Ingeniera Mg. Moreano Terán Nancy Fabiola

Tema: **“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO (*Triticum Durum, T*) POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) PARA ELABORAR PASTA SABORIZADA CON EXTRACTO DE APIO (*Apium graveolens*)”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 15 días del mes de agosto del 2024.

Jenifer Leonela Cabascango Llumiquinga
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CALVOPIÑA REISANCHO KATHERINE NICOLE**, identificado con cédula de ciudadanía **1751314962** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO (*Triticum Durum, T*) POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) PARA ELABORAR PASTA SABORIZADA CON EXTRACTO DE APIO (*Apium graveolens*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2020 – Marzo 2021

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutora: Ingeniera Mg. Moreano Terán Nancy Fabiola

Tema: **“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO (*Triticum durum, t*) POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) PARA ELABORAR PASTA SABORIZADA CON EXTRACTO DE APIO (*Apium graveolens*)”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 15 días del mes de agosto del 2024.


Katherine Nicole Calvopiña Reisancho
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación sobre el título:

“SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO (*triticum durum*, t) POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*arracacia xanthorrhiza*) PARA ELABORAR PASTA SABORIZADA CON EXTRACTO DE APIO (*apium graveolens*)”, de Cabascango Llumiquinga Jenifer Leonela y Calvopiña Reisancho Katherine Nicole, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 16 de agosto del 2024



Ing. Moreano Terán Nancy Fabiola Mg.
CC: 0503352122

DOCENTE TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

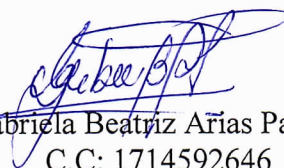
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Cabascango Llumiquinga Jenifer Leonela y Calvopiña Reisancho Katherine Nicole, con el título de Proyecto de Investigación: “**SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO (*Triticum Durum, T*) POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorriza*) PARA ELABORAR PASTA SABORIZADA CON EXTRACTO DE APIO (*Apium graveolens*)**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

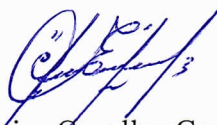
Latacunga, 15 de agosto del 2024



Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.
C.C: 0502645435
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Gabriela Beatriz Añas Palma, Mg.
C.C: 1714592646
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal, Mg.
C.C: 0501864854
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su bondad infinita al permitirme culminar este objetivo.

A la Ingeniera Nancy Moreano, por su paciencia, aporte académico y profesional brindado en el desarrollo del presente trabajo investigativo.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi por los conocimientos impartidos.

Cabascango Llumiyinga Jenifer Leonela

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado por el camino del bien a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y darme fuerzas en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por permitirme formar parte de la institución a la cual estimo, en especial a la carrera de Ingeniería Agroindustrial y a todos sus docentes los cuales me brindaron sus conocimientos durante mi vida académica.

Un agradecimiento sincero y muy especial a la Ing. Moreano Téran Nancy Fabiola Mg. tutor del proyecto de investigación por su apoyo, acertadas sugerencias y valiosas colaboraciones que fue de gran ayuda para la culminación del este proyecto. A los tribunales que me han brindado sus enseñanzas y sabios consejos.

Katherine Nicole Calvopiña Reisancho

DEDICATORIA

A mis padres Santiago y Gladys, cuyo amor incondicional y guía constante me han formado en cada paso de mi vida. A mis hermanos, por ser soporte, por sus palabras de aliento y por creer en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A la familia Pérez Lasluisa, quienes, con su apoyo incondicional y sabios consejos, se convirtieron en un faro de luz en cada etapa de este camino. Su presencia fue una guía, brindándome fuerza y motivación para seguir adelante.

A mis amigos más cercanos por estar a mi lado en cada etapa compartiendo no solo victorias sino también desafíos. Su amistad ha sido un pilar en este viaje y siempre llavere su apoyo en mi corazón.

Cabascango Llumiquinga Jenifer Leonela

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres y hermanos por su amor incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo y por apoyarme en cada paso de este camino. Mamá, papá, ustedes son la base de todo lo que soy y a quienes debo cada logro en mi vida.

A mi madre, Monica del Pilar Reisancho Ortega, por su amor incondicional, su fortaleza, y por ser mi guía en todo momento. Mamá, gracias por acompañarme esas noches de llanto y dolor, cuando más necesitaba de una compañía. Tu apoyo ha sido fundamental para alcanzar este logro, y cada paso que doy es gracias a ti.

A mi padre, José Geovanny Calvopiña Calvopiña, por ser mi ejemplo de esfuerzo, perseverancia, y dedicación. Papá, tu apoyo constante y tus sabias palabras me han dado la fuerza para superar cada desafío y alcanzar esta meta.

A mi hijo, por ser mi fuente constante de alegría, por ser mi motor, mi razón de superación y mi mayor motivación para seguir adelante.

A mis amigos más cercanos, por estar a mi lado en cada etapa, compartiendo no solo las victorias sino también los desafíos. Su amistad ha sido un pilar en este viaje y siempre llevaré su apoyo en mi corazón.

Katherine Nicole Calvopiña Reisancho

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO (*Triticum Durum*, T) POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) PARA ELABORAR PASTA SABORIZADA CON EXTRACTO DE APIO (*Apium graveolens*)”

Autores:

Cabascango Llumiquinga Jenifer Leonela
Calvopiña Reisancho Katherine Nicole

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar una pasta de fideo tipo fettuccini mediante la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y la incorporación de extracto de apio (*Apium graveolens*), para evaluar las propiedades funcionales, proximales, nutricionales y microbiológicas del mejor tratamiento. El estudio se llevó a cabo en un diseño de bloques completamente al azar DBCA con un arreglo factorial A*B + 1, donde se evaluaron tres niveles de sustitución de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca en concentraciones de (20%, 40%, y 60%) y tres concentraciones de extracto de apio (3%, 5%, y 8%) para ello se evaluó el tiempo de cocción, el porcentaje de hinchamiento y el grado de desintegración obteniendo el t_4 como el mejor tratamiento(sustitución de harina de zanahoria blanca de 40% y extracto de apio 3) obteniendo un tiempo de cocción de 8.29 min, porcentaje de hinchamiento 39.13% y grado de desintegración 18.25% , estos resultados fueron comparados con diferentes estudios realizados sobre sustituciones parciales de fideos. En la evaluación sensorial se aplicó DBCA y se consideró los atributos como color, olor, sabor, apelmazamiento, pegajosidad, firmeza y aceptabilidad general del producto, para esta evaluación se llevó a cabo un panel de 20 catadores no entrenados, este tratamiento presentó un equilibrio óptimo entre las propiedades funcionales y sensoriales, logrando una pasta con una textura firme pero no dura, adecuada para su consumo. Además, el análisis proximal del mejor tratamiento reveló un contenido de humedad de 4.2%, proteína total de 11.6%, grasa de 3.78%, fibra dietética el 11.8%, ceniza de 2.75%, carbohidratos de 66%, lo que contribuye a un perfil nutricional saludable. En términos microbiológicos, el producto final cumplió con las normativas establecidas por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1375:2000 para pastas alimenticias, asegurando la seguridad y calidad del alimento. Además, el análisis de las propiedades mecánicas mostró que la pasta obtenida con esta formulación mantuvo su cohesión y firmeza, la investigación demuestra que es posible sustituir parcialmente la sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y añadir extracto de apio en la elaboración de pasta, obteniendo un producto alternativo y con aporte nutricional para el consumidor.

Palabras clave: Pastas, extracto apio, propiedades funcionales, fideo, sustitución, harina.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: “PARTIAL REPLACEMENT OF WHEAT SEMOLINA (*Triticum Durum*, T) WITH WHITE CARROT FLOUR (*Arracacia xanthorrhiza*) TO PREPARE PASTA FLAVORED WITH CELERY EXTRACT (*Apium graveolens*)”.

Authors:

Cabascango Llumiquinga Jenifer Leonela
Calvopiña Reisancho Katherine Nicole

ABSTRACT

The objective of this research work was to develop a fettuccini-type noodle pasta by partially replacing wheat semolina with white carrot flour (*Arracacia xanthorrhiza*) and incorporating celery extract (*Apium graveolens*), to evaluate the functional, proximal, nutritional and microbiological properties of the best treatment. The study was carried out in a completely randomized block design DBCA with a factorial arrangement $A * B + 1$, where three levels of substitution of wheat semolina by white carrot flour were evaluated in concentrations of (20%, 40%, and 60%) and three concentrations of celery extract (3%, 5%, and 8%) For this, the cooking time, the swelling percentage and the degree of disintegration were evaluated, obtaining t_4 as the best treatment (substitution of white carrot flour of 40% and celery extract 3) obtaining a cooking time of 8.29 min, swelling percentage 39.13% and degree of disintegration 18.25% , these results were compared with different studies carried out on partial substitutions of noodles. In the sensory evaluation, DBCA was applied and attributes such as color, odor, flavor, caking, stickiness, firmness and general acceptability of the product were considered. For this evaluation, a panel of 20 untrained tasters was carried out. This treatment presented an optimal balance between functional and sensory properties, achieving a pasta with a firm but not hard texture, suitable for consumption. In addition, the proximate analysis of the best treatment revealed a moisture content of 4.2%, total protein of 11.6%, fat of 3.78%, dietary fiber of 11.8%, ash of 2.75%, carbohydrates of 66%, which contributes to a healthy nutritional profile. In microbiological terms, the final product complied with the regulations established by the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 1375:2000 for pasta, ensuring food safety and quality. Furthermore, the analysis of the mechanical properties showed that the pasta obtained with this formulation maintained its cohesion and firmness. The research shows that it is possible to partially replace wheat semolina with white carrot flour and add celery extract in the preparation of pasta, obtaining an alternative product with nutritional value for the consumer.

Keywords: Pasta, celery extract, functional properties, noodles, substitution, flour.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xxiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxiv
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xxviii
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	2
2 DISEÑO DEL PROYECTO.....	3
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	3
2.2 MARCO CONTEXTUAL.....	4
2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
2.4 2.4. OBJETIVOS	5
2.4.1 Objetivo general.....	5
2.4.2 Objetivos específicos.....	5

2.5	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLATEADOS	6
2.6	FUNDAMENTACIÓN TEORICA O MARCO REFERENCIAL	11
2.6.1	Marco Teórico.....	11
2.6.1.1	Antecedentes	11
2.6.1.2	Zanahoria blanca	11
2.6.1.2.1	Origen y extensión de la zanahoria blanca	12
2.6.1.2.2	Producción de la zanahoria blanca en el Ecuador	12
2.6.1.2.3	Taxonomía de zanahoria blanca.....	14
2.6.1.2.4	Características botánicas de la Zanahoria Blanca	14
2.6.1.2.5	Variedades de zanahoria.....	15
2.6.1.2.6	Composición nutricional de la zanahoria blanca	15
2.6.1.2.7	Composición química de la zanahoria blanca.....	16
2.6.1.2.8	Beneficio de la Zanahoria Blanca	16
2.6.1.2.9	Uso de la Zanahoria Blanca.....	17
2.6.1.3	Trigo.....	17
2.6.1.3.1	Harina de trigo	17
2.6.1.3.2	Clasificación taxonómica del trigo.....	17
2.6.1.3.3	Composición nutricional del trigo.....	18

2.6.1.3.4	Uso de la harina de trigo.....	18
2.6.1.3.5	Uso de la sémola de trigo	19
2.6.1.4	Apio	19
2.6.1.4.1	Clasificación taxonómica del apio	19
2.6.1.4.2	Composición nutricional del apio.	19
2.6.1.5	Extracto.....	20
2.6.1.5.1	Clasificación de los extractos.....	20
2.6.1.6	Huevo.....	21
2.6.1.6.1	Composición nutricional del huevo.....	21
2.6.1.7	Pastas alimenticias o fideos.....	22
2.6.1.8	Tipos de pastas alimenticias	22
2.6.1.9	Clasificación de las pastas alimenticias	23
2.6.1.10	Propiedades funcionales de la pasta.....	23
2.6.1.10.1	Tiempo de cocción	23
2.6.1.10.2	Porcentaje de hinchamiento	24
2.6.1.10.3	Grado de desintegración	24
2.6.1.11	Deshidratación de los alimentos.....	24
2.6.1.11.1	Ventajas y desventajas de la deshidratación.....	24
2.6.1.12	Tipos de deshidratación	24

2.6.1.13	Tipos de secadores	25
2.6.1.14	Temperatura y tiempo de deshidratación.	26
2.6.1.15	Marco legal.....	27
2.6.1.15.1	Norma técnica INEN 1375:2000 Pastas alimenticias o fideos	27
2.6.1.15.2	Requisitos específicos para pastas alimenticias	27
2.6.1.15.3	Normas ISO 22000- Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria.....	27
2.6.2	Marco Conceptual	27
2.6.2.1	Tipo de investigación.....	29
2.6.2.1.1	Investigación bibliográfica	29
2.6.2.1.2	Diseño de investigación.....	29
2.6.2.2	Investigación descriptiva.....	30
2.6.2.3	Método de investigación	30
2.6.2.3.1	Método Científico	30
2.6.2.3.2	Método Estadístico	30
2.6.2.4	Materias Primas y materiales	30
2.7	Métodos y técnicas	32
2.7.1	Metodología para obtención del extracto del apio	32
2.7.2	Metodología para obtención de la harina de zanahoria blanca	34

2.7.3	Metodología para la determinación del perfil fitoquímico del extracto del apio.....	36
2.7.4	Metodología para determinación de la capacidad antioxidante del extracto de apio.....	38
2.7.5	Metodología para análisis proximal de la harina de zanahoria blanca.....	40
2.7.6	Proceso de elaboración de la pasta de fideo tipo fettuccine	42
2.7.7	Metodología para determinar las Propiedades funcionales de la pasta.....	46
2.7.7.1	Procedimiento para determinación de tiempo de cocción	46
2.7.7.2	Procedimiento para determinación de porcentaje de hinchamiento	46
2.7.7.3	Procedimiento para la determinación de Grado de desintegración	46
2.7.8	Metodología para evaluación sensorial de la pasta de fideo tipo fettuccine.....	47
2.7.9	Análisis proximal del mejor tratamiento	48
2.7.10	Metodología para el Análisis microbiológico del mejor tratamiento	50
2.7.11	Metodología para el análisis de propiedades mecánicas funcionales de las pastas de fideo tipo fettuccine.	51
2.8	PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPÓTESIS.....	51
2.8.1	PROPIEDADES FUNCIONALES.....	51
2.8.2	Validación de hipótesis.....	52
2.9	Diseño experimental.....	52
2.9.1	Operación de variables	52

2.9.2. Factores en estudio.....	53
2.10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
2.10.1 Análisis del perfil fitoquímico del extracto de apio	55
2.10.2 Análisis de la capacidad antioxidante del extracto de apio.....	57
2.10.3 Balance de materia de la obtención del extracto seco de apio	58
2.10.4 Análisis proximal de la harina de zanahoria blanca	59
2.10.5 Balance de materia de la harina de zanahoria blanca.	60
2.10.6 Evaluación de las propiedades funcionales de la pasta.....	61
2.10.6.1 Tiempo de cocción.....	61
2.10.6.1.1 Análisis de varianza tiempo de cocción	62
2.10.6.1.2 Intersección de porcentaje de sustitución	64
2.10.6.1.3 Prueba Tukey para tiempo de cocción.....	65
2.10.6.1.4 Gráfica de tiempo de cocción	67
2.10.6.2 Porcentaje de hinchamiento	69
2.10.6.2.1 Análisis de varianza de porcentaje de hinchamiento.....	70
2.10.6.2.2 Intersección de % de sustitución	72
2.10.6.2.3 Prueba Tukey para porcentaje de hinchamiento	73
2.10.6.3 Grado de desintegración.....	78
2.10.6.3.1 Análisis de varianza para grado de desintegración	80

2.10.6.3.2	Intersección de % de sustitución	81
2.10.6.3.3	Prueba Tukey para grado de desintegración	83
2.10.6.4	Selección del mejor tratamiento en base a las propiedades funcionales de la pasta de fideo tipo fettuccine.....	88
2.10.7	Análisis de resultados de evaluación sensorial de pasta de fideo tipo fettuccine.....	89
2.10.7.1.1	Análisis de varianza para evaluación del atributo color	89
2.10.7.1.2	Prueba Tukey para color.....	90
2.10.7.1.3	Gráfica evaluación de color	91
2.10.7.1.4	Análisis de varianza de atributo olor	92
2.10.7.1.5	Prueba de Tukey para olor.....	93
2.10.7.1.6	Gráfico de evaluación de olor	94
2.10.7.1.7	Análisis de varianza para atributo sabor	95
2.10.7.1.8	Prueba de Tukey para evaluación de sabor.....	96
2.10.7.1.9	Gráfica evaluación sabor	98
2.10.7.1.10	Análisis de varianza de atributo apelmazamiento	99
2.10.7.1.11	Gráfica de evaluación apelmazamiento	100
2.10.7.1.12	Análisis de varianza de atributo pegajosidad.....	101
2.10.7.1.13	Prueba de Tukey para evaluación pegajosidad	102
2.10.7.1.14	Gráfica para evaluación pegajosidad.....	104

2.10.7.1.15	Análisis de varianza de atributo firmeza.	105
2.10.7.1.16	Gráfica para evaluación de firmeza.....	106
2.10.7.1.17	Análisis de varianza de atributo aceptabilidad.....	108
2.10.7.1.18	Prueba de Tukey para evaluación de aceptabilidad.....	109
2.10.7.1.19	Gráfica para evaluación de aceptabilidad.....	110
2.10.8	Selección del mejor tratamiento en función a la evaluación sensorial .	111
2.10.8.1	Análisis proximal del mejor tratamiento de la pasta de fideo tipo fetuccine.....	112
2.10.8.2	Análisis microbiológico del mejor tratamiento de la pasta de fideo tipo fetuccine.....	115
2.10.8.3	Análisis del valor nutricional del mejor tratamiento de la pasta de fideo tipo fetuccine.....	116
2.10.8.4	Pruebas mecánicas del mejor tratamiento.....	118
3.	IMPACTO DEL PROYECTO	120
3.1.	Impacto técnico.	120
3.2.	Impacto social.....	120
3.3.	Impacto económico.....	121
3.4.	Impacto ambiental.	121
4.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	122
5.	CONCLUSIONES.....	125

6. RECOMENDACIONES.....	126
7. BIBLIOGRAFIA.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de extracto de apio	33
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de harina de zanahoria blanca.....	35
Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de pasta	45
Figura 4. Balance de materia del extracto seco de apio	58
Figura 5. Balance de materia de la pasta	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de la zanahoria blanca en Ecuador	13
Tabla 2. Taxonomía de la zanahoria blanca.....	14
Tabla 3. Variables de la zanahoria blanca	15
Tabla 4. Composición nutricional de la zanahoria blanca	16
Tabla 5. Clasificación taxonómica del trigo.	17
Tabla 6. Composición nutricional de diferentes derivados del trigo (100g de porción comestible)	18
Tabla 7. Clasificación taxonómica del apio	19
Tabla 8. La composición nutricional del apio por cada 100 gramos de porción comestible	19
Tabla 9. Composición nutricional del huevo	21
Tabla 10. Temperaturas óptimas de deshidratación	26
Tabla 11. Tiempo óptimo de deshidratación.....	26
Tabla 12 Requisitos específicos para pastas alimenticias.....	27
Tabla 13. Formulación de los tratamientos en porcentaje	43
Tabla 14. Formulaciones de los tratamientos en gramos.....	43
Tabla 15. Operación de las variables de estudio	52
Tabla 16. Porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca	54
Tabla 17. Porcentaje de extracto de apio.	54

Tabla 18. Formulación de tratamientos.	54
Tabla 19. Perfil fitoquímico del extracto seco de apio	55
Tabla 20. Capacidad antioxidante del extracto de apio	57
Tabla 21. Análisis proximal de la harina de zanahoria blanca.....	59
Tabla 22. Tiempo de cocción de las pastas.....	61
Tabla 23 Análisis de varianza para tiempo de cocción	62
Tabla 24. Intersección de % de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio.....	64
Tabla 25. Prueba de Tukey (Sustitución de Harina de Zanahoria Blanca).....	65
Tabla 26. Prueba de Tukey (Extracto de apio).....	66
Tabla 27. Prueba de Tukey intersección de porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio	66
Tabla 28. Porcentaje de hinchamiento de las pastas.....	69
Tabla 29. Análisis de varianza para % de hinchamiento	70
Tabla 30. Intersección de % de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio.....	72
Tabla 31. Prueba de Tukey (Sustitución de Harina de Zanahoria Blanca).....	73
Tabla 32. Prueba de Tukey (Extracto de apio).....	74
Tabla 33. Prueba de Tukey intersección de porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio	75
Tabla 34. Grado de desintegración de las pastas.....	78

Tabla 35. Análisis de varianza para grado de desintegración	80
Tabla 36. Intersección de % de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio.....	82
Tabla 37. Prueba de Tukey (Sustitución de Harina de Zanahoria Blanca).....	83
Tabla 38. Prueba de Tukey (Extracto de apio).....	84
Tabla 39. Prueba de Tukey intersección de porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio.....	84
Tabla 40. Análisis de varianza color.	89
Tabla 41. Prueba de Tukey.	90
Tabla 42. Análisis de varianza olor.	92
Tabla 43. Prueba de Tukey	93
Tabla 44. Análisis de varianza sabor.	95
Tabla 45. Prueba de Tukey	96
Tabla 46. Análisis de varianza apelmazamiento	99
Tabla 47. Análisis de varianza pegajosidad.....	101
Tabla 48. Prueba de Tukey	102
Tabla 49. Análisis de varianza firmeza.....	105
Tabla 50. Análisis de varianza aceptabilidad.....	108
Tabla 51. Prueba de Tukey para atributo de aceptabilidad.....	109
Tabla 52. Análisis proximal del mejor tratamiento.....	112

Tabla 53. Análisis microbiológico del mejor tratamiento.	115
Tabla 54. Información nutricional del mejor tratamiento.....	116
Tabla 55. Pruebas mecánicas del mejor tratamiento	118

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Tiempo de cocción.....	68
Gráfica 3. Porcentaje de hinchamiento.....	76
Gráfica 3. Grado de desintegración.....	86
Gráfica 4. Evaluación de color.....	91
Gráfica 5. Evaluación de olor.....	94
Gráfica 6. Evaluación de sabor.....	98
Gráfica 7. Evaluación de apelmazamiento.....	100
Gráfica 8. Evaluación de pegajosidad.....	104
Gráfica 9. Evaluación de firmeza.....	107
Gráfica 10. Evaluación de aceptabilidad.....	110

Introducción

En la industria alimentaria, la innovación en productos derivados de cereales, como las pastas, ha cobrado una relevancia significativa debido a la creciente demanda de alimentos funcionales y saludables. Tradicionalmente, la pasta se ha elaborado a partir de sémola de trigo duro (*Triticum Durum*), un ingrediente conocido por sus propiedades favorables en la textura y la calidad del producto final. Sin embargo, en los últimos años, ha surgido un interés creciente en la sustitución parcial de la sémola de trigo por otros ingredientes que puedan aportar beneficios adicionales, tanto nutricionales como sensoriales.

La harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) se presenta como una alternativa prometedora debido a su alto contenido en fibra dietética, vitaminas y minerales. Además de mejorar el perfil nutricional de la pasta, esta harina puede influir en la textura, el color y el sabor del producto final, otorgándole características diferenciadoras que podrían atraer a un segmento de consumidores cada vez más preocupado por la salud.

Por otro lado, la incorporación de extracto de apio (*Apium graveolens*) en la formulación de la pasta no solo agrega un componente de sabor distintivo, sino que también introduce compuestos bioactivos, conocidos por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. La combinación de estos ingredientes con la sémola de trigo crea un producto que podría posicionarse favorablemente en el mercado de alimentos saludables y funcionales.

No obstante, la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca plantea desafíos técnicos en cuanto a la textura, dureza y cohesión del producto final. La textura es un factor crítico que afecta la aceptabilidad del producto por parte del consumidor. Por lo tanto, es esencial comprender cómo esta sustitución influye en las propiedades texturales de la pasta para garantizar que el producto final mantenga la calidad esperada.

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto de investigación: Sustitución parcial de sémola de trigo (*Triticum Durum, T*) por harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) para elaborar pasta saborizada con extracto de apio (*Apium Graveolens*).

Fecha de inicio: Abril 2024

Fecha de finalización: Agosto 2024

Lugar de ejecución:

Salache Bajo - Eloy Alfaro – Latacunga - Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería Agroindustrial

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Moreano Terán Nancy Fabiola Mg.

Investigador 1: Cabascango Llumiyinga Jenifer Leonela.

Investigador 2: Calvopiña Reisancho Katherine Nicole.

Área de conocimiento

Área: Ingeniería Industria y Construcción

Subárea: Industria y producción

Línea de investigación

Desarrollo y seguridad alimentaria

Sub línea de investigación

Optimización de procesos tecnológicos Agroindustriales – Innovación y Emprendimientos.

2 DISEÑO DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

La creciente preocupación por la salud y la búsqueda de alternativas alimentarias más saludables han impulsado la investigación en el desarrollo de productos a base de ingredientes naturales y funcionales.

El empleo de hierbas aromáticas como el apio permite mejorar las propiedades sensoriales de los alimentos, esta planta aromática es rica en antioxidantes como la apeginina, luteolina, quercetina, miricetina y ácido ascórbico, lo cual favorece aspectos como el color y el aroma, generando alimentos más saludables.(Palma, 2021) El consumo de apio ayuda a reducir el colesterol, favorece un sistema inmunológico saludable, actúa como diurético y tiene propiedades antiinflamatorias.(Narváez, 2017), lo que representa una gran oportunidad para la industria alimentaria de desarrollar nuevas propuestas innovadoras que busquen mejorar la calidad de vida de los consumidores.(Palma, 2021)

La zanahoria blanca es una raíz que representa una valiosa fuente de almidón y carbohidratos, además de aportar fibra y minerales como calcio, fósforo, magnesio e hierro, y se caracteriza por su bajo contenido de grasa y proteína; también es rica en vitamina A o retinol, un compuesto esencial que ayuda a prevenir el cáncer y la anemia, y contiene un alto nivel de antioxidantes, lo que la hace excelente para eliminar toxinas del organismo y brindar otros beneficios importantes; sin embargo, su consumo es bajo debido al desconocimiento de sus propiedades y la importancia de mantener una alimentación diversificada.(Guevara & Mendoza, 2023)

En estudios realizados sobre los almidones de zanahoria blanca, se resalta su capacidad de hinchamiento y facilidad de cocción, lo cual se debe a su baja temperatura de gelatinización de 49°C, lo que hace que sean adecuados para el procesamiento de alimentos expandidos; además, sus gránulos no se hinchan en exceso, lo que contribuye a una mayor estabilidad del producto final.(Martínez, 2011)

2.2 MARCO CONTEXTUAL

2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En Ecuador la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorriza*) es poco consumida por la falta de conocimiento por parte de la población, inicialmente de la provincia de Cotopaxi. Por esta razón nuestro proyecto se basa en la sustitución parcial de la sémola de trigo (*Triticum Durum, T*) por la harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorriza*) para elaborar pasta saborizada con extracto de apio (*Apium graveolens*.)

La zanahoria blanca (*Arracacia xanthorriza*) es una especie que se cultiva actualmente en varios países de América del Sur, como Colombia con 6.000 hectáreas, Ecuador con 1.200 hectáreas, Bolivia con 1.500 hectáreas, Perú con 5.000 hectáreas y Venezuela con 3.600 hectáreas; sin embargo, Brasil cuenta con la mayor extensión cultivada de zanahoria blanca, con aproximadamente 20.000 hectáreas; en la región sierra de Ecuador, se identifican zonas óptimas para su cultivo, con un aproximado total de 6055764,42 ha, abarcando las provincias de Carchi, Imbabura, Bolívar, Pichincha, Napo, Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua y Cañar.(Roura et al., 2024)

En la provincia de Cotopaxi, se encuentran áreas de cultivo en las parroquias de Chugchilán y Sigchos del cantón Sigchos, Pucayacu y Guasaganda en el cantón La Maná, Toacaso en el cantón Latacunga, Canchagua y Cochapamba en el cantón Saquisilí, y Guangaje en el cantón Pujilí.(Roura et al., 2024)

La producción de apio se encuentra principalmente en la región Sierra, donde los mayores productores son Chimborazo, Tungurahua y Pichincha.(Andrade, 2021) El consumo nacional de apio varía entre 400.000 y 500.000 kg mensuales, con Quito, Guayaquil y Cuenca concentrando el 50% de este consumo. En Pichincha, la producción se focaliza en las localidades de Tumbaco, El Quinche y Pifo, lo que la convierte en la provincia líder en producción, seguida de Ambato en Tungurahua.(Andrade, 2021)

2.4 2.4. OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo general

Sustituir parcialmente la sémola de trigo (*Triticum Durum, T*) por harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) para elaborar pasta saborizada con extracto apio (*Apium Graveolens*).

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el perfil fitoquímico y la capacidad antioxidante del extracto de apio
- Formular la sustitución de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca para determinar el mejor tratamiento y porcentaje de sustitución.
- Evaluar las propiedades funcionales y sensoriales para determinar el mejor tratamiento
- Analizar las propiedades fisicoquímico, propiedades mecánicas, microbiológicas y nutricionales del mejor tratamiento.

2.5 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLATEADOS

Objetivo	Actividad	Metodología	Resultado
Determinar el perfil fitoquímico y capacidad antioxidante del extracto del apio	1. Analizar los parámetros del perfil fitoquímico: - Flavonoides 2. Análisis de capacidad antioxidante y polifenoles.	Flavonoides(Shinoda) Polifenoles (FRAP) Capacidad antioxidante(FRAP)	En la pág. 54, se encuentra los resultados obtenidos, con sus interpretaciones del perfil fitoquímico. En la pág. 56 se encuentra los resultados obtenidos, con sus respectivas interpretaciones de la capacidad antioxidante.
Formular la sustitución de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca para determinar el mejor tratamiento y el	1. Obtención de la harina de zanahoria blanca. Se realizo un análisis proximal: Humedad	Humedad (Gravimetrico/AAOAC Edu22,2023925,10) Proteína (Kjldhal/AAOAC Edu22, 20232001,11) Grasa (Gravimetria/AAOAC Edu22, 20232003,06)	En la pág. 58 los resultados obtenidos con sus respectivas interpretaciones del análisis proximal de la

porcentaje de
sustitución

Proteína total
Grasa
Fibra dietética total
Cenizas
Carbohidratos totales
Energía
2. Determinar los porcentajes
para la formulación de pasta para
los diferentes tratamientos más
un testigo:
Facto A
Sustitución de harina de
zanahoria blanca:
20%
40%
60%
Factor B
Porcentaje de concentración de
extracto de apio:
3%

Fibra dietética (Gravimetrico-
enzimático/AAOAC Edu22,2023985,29)

Ceniza(Gravimetrico/AAOAC
Ed22,2023923,03)
Carbohidratos totales(Calculo)
Energía (Calculos)

Obtención de masas y pasta.
Elaboración de pastas tipo fettuccini
7mm de ancho

harina de zanahoria
blanca.

5%
8%
Tratamiento control 100%
sémola de trigo

<p>Evaluar las propiedades funcionales, sensoriales para determinar el mejor tratamiento</p>	<p>1. Se evaluó las siguientes propiedades funcionales de la pasta: Tiempo de cocción Porcentaje de hinchamiento Grado de desintegración 2. Se realizó evaluaciones sensoriales tomando en cuenta los siguientes atributos Color Olor Sabor Apelmazamiento</p>	<p>Se empleará un diseño factorial A*B+1 bajo un diseño DBCA con 2 repeticiones, para determinar el mejor tratamiento en las propiedades funcionales y evaluación sensorial.</p>	<p>En la pág. 59 a 77 los resultados obtenidos con sus respectivas interpretaciones de las propiedades funcionales de la pasta. En la pág. 78 a 95 los resultados obtenidos con sus respectivas interpretaciones de la evaluación sensorial.</p>
--	--	--	--

Pegajosidad
Firmeza
Aceptabilidad

Analizar las propiedades fisico-químicas, mecánicas, microbiológicas y nutricionales del mejor tratamiento.	1. Se evaluó las siguientes propiedades físico químicas de la pasta:	Humedad (GRAVIMETRIA/PEO2-7.2-FQ.AOAC Ed. 22 2023 925.10)	
	Humedad	Proteína (GRAVIMETRIA/PEO3-7.2-FQ.AOAC Ed. 22 2023 2011.11)	Mejor tratamiento(t4)
	Proteína total	Grasa (Hidrólisis/ PET3-7.2-FQ. AC Ed. 22 2023 2003.06)	En las pág. 96 a 98 resultados obtenidos del análisis proximal, en la pág. 99 resultados obtenidos de análisis microbiológico, en las pág. 101 a 102 resultados obtenidos de las pruebas mecánicas y en la pág. 100 valor nutricional.
	Grasa	Fibra dietética (Gravimetrico-enzimático/AOAC 985.29. Ed. 22 2023)	
	Fibra dietética total	Ceniza(Gravimetria/PEC1-7.2-FQ.AOAC Ed 22 2023 923.03)	
	Cenizas	Carbohidratos totales(Calculo)	
	Carbohidratos totales	Energía(Calculos)	
	Energía	Textura(texturómetro/Brookfield)	
	2. Se evaluó las siguientes propiedades mecánicas:	Moho(Petrifilm/ PE-02-7.2-MB AOAC 997.02.Ed. 22.2023)	
	3.Se evaluó las siguientes propiedades microbiológicas:	Levaduras(Petrifilm/ PE-02-7.2-MB AOAC	
Moho			

- Levadura 997.02.Ed. 22.2023)
4. Se evalúo la siguiente
composición nutricional:
5. Tabla de la composición
nutricional
- Composición nutricional(Calculo)

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

2.6 FUNDAMENTACIÓN TEORICA O MARCO REFERENCIAL

2.6.1 Marco Teórico

2.6.1.1 Antecedentes

Las harinas no convencionales son consideradas como sustitutos de la harina de trigo y pueden derivarse de cereales como el arroz, uno de los más utilizados debido a su bajo contenido de prolaminas, lo que resulta en un bajo nivel de sodio y un alto contenido de carbohidratos de fácil digestión.(Llumiquina, 2022)

Además, estudios sobre el almidón de zanahoria blanca destacan su capacidad de hinchamiento y facilidad de cocción, gracias a su baja temperatura de gelatinización (49°C), lo que permite su uso en el procesamiento de alimentos expandidos. Sus gránulos no se hinchan en exceso, lo que contribuye a una mayor estabilidad del producto. (Martínez, 2011)

El apio es rico en metabolitos secundarios, como alcaloides, terpenos, glicósidos y compuestos fenólicos, que proporcionan diversas propiedades esenciales, incluyendo capacidades antioxidantes, antiproliferativas y antiinflamatorias, entre otras. Estas propiedades son valiosas para aplicaciones científicas, tecnológicas y comerciales.(Ferrato, 2011) El apio (*Apium graveolens*), una hortaliza de gran relevancia tanto por su valor alimenticio como por sus propiedades medicinales. Se ha informado que el apio contiene compuestos con actividad antioxidante y otras funciones biológicas, principalmente debido a los flavonoides.(Romero et al., 2015)

2.6.1.2 Zanahoria blanca

La zanahoria, un tubérculo alargado, es conocida por nombres tradicionales como batata baroa, batata salsa o batata cenoura en Brasil, racacha y virraca en Perú, apio criollo en Venezuela y arracacha, zanahoria o zanahoria blanca en Ecuador.(Macías, 2020) La zanahoria blanca se caracteriza por tener un gel suave y elástico, una baja temperatura de gelatinización, alta capacidad de absorción de agua, entalpías, tendencia a retrogradar,

máxima viscosidad y otras propiedades atractivas, como las relacionadas con el almidón. (Cañar, 2023)

Según (Meza, 2020) es una raíz que se usa como hortaliza, pero tiene más sabor, minerales (hierro, calcio y potasio), proteínas, vitaminas, (C y B) que la zanahoria normal. Su sabor muy dulce se debe a los hidratos de carbono que contiene.

2.6.1.2.1 Origen y extensión de la zanahoria blanca

La familia Apiaceae (Umbelliferae) del género Arracacia tiene de 10 a 12 especies que viven en Sudamérica, es principalmente nativo de los Andes, con especies originarias de México, también conocida como arracacha, racacha, zanahoria blanca, apio criollo, virraca rikacha, es la única umbelífera domesticada en Sudamérica y su domesticación es precedente de la papa, su mayor área de cultivo está confinada en este continente. (Quilapanta et al., 2018).

La arracacia es cultivada en diferentes países como; Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y se extiende hasta Bolivia y norte de Chile, así como también en Costa Rica, Puerto Rico, Estados Unidos, Australia, Alemania e Inglaterra (Alpala et al., 2023)

2.6.1.2.2 Producción de la zanahoria blanca en el Ecuador

En Ecuador, el cultivo de zanahoria blanca se localiza principalmente en la parroquia rural de San José de Minas, en el cantón Quito (Mazón et al., 1996) Este cultivo se realiza en áreas pequeñas, de aproximadamente 10 hectáreas, debido a la baja demanda en los mercados. En la provincia de Imbabura, específicamente en los cantones Pimampiro e Intag, existe un gran potencial para este cultivo gracias a su clima favorable. Sin embargo, su comercialización es limitada debido al desconocimiento de sus beneficios nutricionales.

Las zonas óptimas para el cultivo se encuentran en la parte norte del país, en las provincias de Carchi, Imbabura y las estribaciones orientales de Sucumbíos. En Carchi, estas áreas incluyen los cantones Tulcán, Espejo, Montúfar, Bolívar y Mira, que limitan con Pimampiro e Ibarra en Imbabura.

En el centro del país, las áreas óptimas abarcan las provincias de Imbabura, Pichincha y Napo. En Imbabura, se incluyen los cantones Cotacachi y Otavalo; en Pichincha, San Miguel de los Bancos, Quito, Cayambe y Pedro Moncayo; y en Napo, los cantones El Chaco y Quijos.

En la provincia de Cotopaxi, las zonas óptimas incluyen los cantones La Maná, Sigchos, Latacunga y Saquisilí. Al sur de Cotopaxi, estas áreas se extienden a Bolívar, Tungurahua, Chimborazo y Cañar, incluyendo cantones como Patate y Baños en Tungurahua; Penipe, Riobamba, Chambo y Guamote en Chimborazo; Mera en Pastaza; Palora y Huamboya en Morona Santiago; y Zamora y Yacuambi en Zamora Chinchipe. (Roura et al., 2024)

Tabla 1. Producción de la zanahoria blanca en Ecuador

Nombre de la provincia	Áreas (ha)		Área
	Provincia	Cultivo	%
Carchi	378319,06	1179933,46	47,56
Imbabura	479132,50	136553,76	28,50
Pichincha	945332,22	316065,41	33,43
Cotopaxi	618771,44	184045,32	29,74
Tungurahua	338580,43	91359,46	26,98
Bolívar	395692,58	222172,17	58,16
Chimborazo	611555,71	121562,16	19,88
Cañar	364721,73	93812,87	25,72
Azuay	817270,88	72834,03	8,91
Loja	1106387,87	128792,89	11,64
Esmeraldas	1583584,12	808,61	1,05
Guayas	1589959,34	386,93	0,02
El Oro	587001,98	1147,52	0,20
Sucumbíos	1809771,94	34259,80	1,89
Napo	12542221,75	82723,36	6,60
Pastaza	2964700,98	2432,90	0,08

Morona Santiago	2400440,65	54913,23	2,29
Zamora Chinchipe	1056499,82	82048,74	7,77

Fuente: (Roura et al., 2024)

2.6.1.2.3 Taxonomía de zanahoria blanca

Tabla 2. Taxonomía de la zanahoria blanca

Reino	Plantae
Subreino	Angiospermae
Phylum	Apiales
Clase	Apiaceae
Subclase	Apioidae
Familia	Selineae
Genero	Arracacia
Especie	A. xanthorrhiza

Fuente: (Meza, 2020)

2.6.1.2.4 Características botánicas de la Zanahoria Blanca

- **Raíz**

Según Tenorio & Toapanta. (2023) menciona que las raíces de la zanahoria blanca pueden medir entre 5 y 25 cm de longitud y alcanzar hasta 8 cm de diámetro. Se cosechan antes de que finalice su ciclo vegetativo, ya que, si se dejan en el suelo, pueden desarrollar vástagos florales desde la base del tallo. Existen dos tipos de raíces: las delgadas y alargadas, y las tuberosas que emergen de la parte inferior del tallo. Estas últimas, que son la razón principal para cultivar esta especie, pueden variar en número de tres a veinticuatro y presentan formas ovoide, cónica o fusiforme. Su color puede ser blanco, amarillo o morado, dependiendo de la variedad, y tienen una longitud que oscila entre 8 y 20 cm, con un diámetro de 3 a 8 cm.

- **Hoja**

Según (Tenorio et al., 2023) menciona que las hojas están compuestas por una estructura de tres a siete foliolos, peciolos largos y envainadores.

- **Hijuelos**

(Añez et al., 2002) Menciona que los hijuelos de la zanahoria blanca generalmente brotan en el extremo superior con una cantidad de cuatro a diez hojas en cada hijo, en cuanto los hijos son separados de la cepa, generan raíces en sus entrenudos inferiores.

2.6.1.2.5 Variedades de zanahoria

En la actualidad, existen diversas variedades de zanahoria blanca, incluyendo aquellas con raíces amarillas y blancas, que pueden generar hasta 7 kg por planta. A pesar de su potencial de producción, este cultivo es poco apreciado en el consumo debido a sus características organolépticas, ya que carece de aroma y de un sabor dulce. Sin embargo, se pasa por alto su valioso contenido nutricional.(Macías, 2020).

Tabla 3. Variables de la zanahoria blanca

Variedades	Características
Amarillas	Cepas de tono amarillento
Violeta	Tono amarillo o blanco con demarcaciones violetas en el interior de la raíz.
Blancas	La planta es de tonalidad verde y la cepa de tonalidad blanca

Fuente: (Meza, 2020)

2.6.1.2.6 Composición nutricional de la zanahoria blanca

La zanahoria blanca es un alimento con alto contenido de hierro y fósforo, por lo que es considerado un alimento ideal para combatir enfermedades crónicas, insuficiencia renal, anemia. La zanahoria blanca es considerada un alimento de alto beneficio para el embarazo porque tiene un elevado contenido de hierro en los niños al nacer, a su vez cuenta con vitaminas y minerales para el crecimiento cognitivo del ser humano.(Fernández, 2020)

Tabla 4. Composición nutricional de la zanahoria blanca

PARÁMETRO	PORCENTAJE
Cenizas	1,43
Humedad (%)	69,72
Proteína (g)	1,14
Grasa (g)	0,10
Fibra	0,74
Carbohidratos (g)	26,87

Fuente: (Guevara & Mendoza, 2023)

2.6.1.2.7 Composición química de la zanahoria blanca

La composición química de *Arracacia xanthorrhiza* ha sido extensamente estudiada, con un enfoque particular en las propiedades fisicoquímicas y reológicas de su hoja. Esto se debe a su elevado contenido de almidón, calcio, vitamina A, niacina, ácido ascórbico y fósforo. Estos componentes se utilizan en la producción de harina, pan, snacks, sopas instantáneas, postres, cerveza, alimento balanceado para perros, galletas dulces, papillas y alimentos funcionales para niños. Además, el almidón obtenido de esta planta tiene un bajo contenido de amilosa (4%), lo que permite su resistencia a diversas condiciones de almacenamiento. (Carrero et al., 2018)

2.6.1.2.8 Beneficio de la Zanahoria Blanca

La zanahoria blanca es un alimento con alto contenido de hierro y fósforo, por lo que es considerado un alimento ideal para combatir enfermedades crónicas, insuficiencia renal, anemia. La zanahoria blanca es considerada un alimento de alto beneficio para el embarazo porque tiene un elevado contenido de hierro en los niños al nacer, a su vez cuenta con vitaminas y minerales para el crecimiento cognitivo del ser humano. (Fernández, 2020)

2.6.1.2.9 Uso de la Zanahoria Blanca

La mayor parte de la zanahoria blanca se consume poco después de ser cosechada. Sus raíces se utilizan como ingredientes principales en diversos platos, como sopas, purés, hervidos, asados y rodajas fritas. Debido a su contenido de almidón, se recomienda incluirla en las dietas de niños, ancianos y personas enfermas. Además, la producción de harinas y hojuelas a partir de las raíces deshidratadas resulta en un aroma muy agradable.(Meza, 2020)

2.6.1.3 Trigo

2.6.1.3.1 Harina de trigo

El trigo es un cereal excepcional debido a que sus proteínas insolubles pueden formar gluten, una estructura tridimensional capaz de atrapar los gases generados durante la fermentación. Esta propiedad varía según la variedad de trigo, las condiciones del entorno en el que se cultiva y el proceso de molienda. Este último implica la eliminación de la cáscara del grano, seguida de una reducción progresiva del tamaño de las partículas de harina y, finalmente, la separación de los productos mediante tamizado.(Astiz et al., 2023)

2.6.1.3.2 Clasificación taxonómica del trigo

El término "trigo" se deriva del vocablo latino "triticum", que significa quebrado, triturado o trillado, en alusión a la acción necesaria para separar el grano de trigo de la cáscara que lo envuelve.

Tabla 5. Clasificación taxonómica del trigo.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Triticum
Especie	Aestivum

Fuente: (Estrada et al., 2014)

2.6.1.3.3 Composición nutricional del trigo

Tabla 6. Composición nutricional de diferentes derivados del trigo (100g de porción comestible)

Parámetro	Unidad	Harina Integral	Harina Refinada	Salvado	Germen
Energía	Kcal	322	333	190	337
Proteínas	g	11,50	10,00	15,55	25,00
Lípidos	g	2,18	trazas	4,25	11,11
Hidratos de carbono	g	62,60	71,50	21,72	33,30
Fibra	g	9,00	3,50	42,80	15,90
Folato, B9	µg	36	24	79	350
Equivalentes de niacina, B3	mg	5,50	0,60	18,28	9,80
Tiamina, B1	mg	0,40	0,10	0,52	2
Riboflavina, B2	mg	0,13	0,05	0,58	0,60
Vitamina B6	mg	0,40	0,20	1,30	2,20
Vitamina E	mg	1,50	0,30	2,32	21
Hierro	mg	3,50	1,20	10,57	7,60
Potasio	mg	350	135	1182	871
Magnesio	mg	120	20	611	250
Fósforo	mg	330	120	1013	971
Selenio	mg	53	7	77,60	3
Zinc	mg	2,90	0,60	7,27	17

Fuente: (Berenguer, 2017)

2.6.1.3.4 Uso de la harina de trigo

La harina de trigo es el principal ingrediente en la industria de pastas y panadería, siendo la base de los productos más consumidos, como el pan, las pastas y las galletas. (Bustillos, 2022)

2.6.1.3.5 Uso de la sémola de trigo

La sémola de trigo, derivada del trigo duro (*Triticum durum*, T), es un ingrediente versátil con múltiples usos en la cocina e industria alimentaria, algunos de sus principales usos, elaboración de pastas, panificación, galletas y repostería. (Bustillos, 2022)

2.6.1.4 Apio

El apio (*Apium graveolens*) es una planta que pertenece al orden de las Apiáceas. Presenta tallos estriados que se agrupan en una base gruesa, y sus hojas son de forma acuñada. (Ferrato, 2011) La planta tiene un sabor fuerte y picante; sin embargo, cuando se blanquean los tallos durante su cultivo, estos pierden ese sabor intenso y adquieren un gusto más dulce, además de un aroma distintivo. Esto lo convierte en un ingrediente ideal para ensaladas y sopas. (Moreiras, 2020)

2.6.1.4.1 Clasificación taxonómica del apio

Tabla 7. Clasificación taxonómica del apio

Descripción	Parámetro
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Apiales
Familia	Apiaceae
Género	<i>Apium</i>
Especie	<i>A. graveolens</i>
Nombre científico	<i>Apium graveolens</i>

Fuente: (Ferrato, 2011)

2.6.1.4.2 Composición nutricional del apio.

Tabla 8. La composición nutricional del apio por cada 100 gramos de porción comestible

Parámetro	Apio	
	Hoja	Tallo
Energía (Kcal)	20.4	18.7

Carbohidratos disponibles (g)	2.3	4.1
Materia grasa (g)	0.2	<0.1
Proteínas (g)	2.4	0.5
Azúcares totales (g)	1.6	1.9
Sodio (mg)	89.94	30.83
Fibra dietética total (g)	7.4	4.7
Fibra dietética soluble (g)	1.3	0.8
Fibra dietética insoluble (g)	5.3	4.2
Humedad (g)	83.5	88.8
Cenizas (g)	4.3	1.9

Fuente: (Rodríguez & Rojas, 2022)

2.6.1.5 Extracto.

Los extractos vegetales son preparados obtenidos mediante la extracción de diversas sustancias vegetales a través de procesos como maceración, fermentación, infusión, decocción y extracción de esencias. Los principios activos de cada planta son complejos fitoquímicos (metabolitos secundarios) y se presentan en una gran variedad y diferentes concentraciones, lo que les confiere múltiples beneficios. Algunos compuestos activos pueden combatir plagas y enfermedades, además de actuar como estimulantes del desarrollo vegetativo e inductores de resistencia frente a factores abióticos, como sequías, granizo y heladas.(ETA, 2021)

2.6.1.5.1 Clasificación de los extractos

Comúnmente, los extractos se dividen en cuatro categorías: blandos, firmes, secos y fluidos.

- **Extractos Firmes:** Tal como su nombre lo sugiere, estos extractos deben tener una consistencia similar a la masa utilizada para fabricar píldoras.
- **Extractos Fluidos:** Estos extractos se preparan de manera que el peso del extracto corresponde exactamente al peso de la sustancia empleada como medicamento, una vez desecada al aire y pulverizada.

- **Extractos secos:** Son extractos en los cuales el disolvente ha sido casi completamente eliminado, contenido solo entre un 5 y un 8% de agua. Se pueden reducir fácilmente a polvo, lo que facilita su manipulación y dosificación.

2.6.1.6 Huevo

El huevo es una fuente de alimento nutritiva, económica y accesible para la mayoría de la población. Además, su producción tiene un menor impacto ambiental en comparación con otras fuentes de proteína animal. Su valor nutricional lo convierte en una excelente opción para personas con necesidades especiales, como niños, ancianos y mujeres embarazadas. El huevo se suele enriquecer con selenio, un elemento esencial para varias funciones fisiológicas en el cuerpo humano. La falta de selenio puede aumentar el riesgo de mortalidad y debilitar el sistema inmunológico, además de ser crucial para la reproducción y la reducción del riesgo de enfermedades tiroideas autoinmunes. También se han realizado estudios sobre las propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias y su posible efecto en la prevención de enfermedades cardiovasculares.(Ulloa et al., 2021).

2.6.1.6.1 Composición nutricional del huevo

Tabla 9. Composición nutricional del huevo

Parámetro	En 100 g	Nutriente	En 100 g
Agua (g)	74,50	Calcio (mg)	56,20
Energía (kcal)	162	Fósforo (mg)	216
Proteínas (g)	2,70	Magnesio(mg)	12,10
Carbohidratos (g)	0,68	Hierro (mg)	2,20
Lípidos (g)	12,10	Zinc(mg)	2
AGS (g)	3,30	Iodo(g)	12,70
AGM(g)	4,90	Sodio(mg)	144
AGP (g)	1,80	Potasio(mg)	147
Colesterol (mg)	410	Selenio(g)	10
Vitamina B1 (mg)	0,11	Ácido pantoténico (mg)	1,80
Vitamina2(mg)	0,37	Biotina(g)	25
Eq. de niacina (mg)	3,30	Vitamina A (eq. Retinol) (g)	227
Vitamina B6 (mg)	0,12	Vitamina D (g)	1,80

Folatos (g eq. Folato di estético)	51,20	Vitamina E (g eq. alfa-t o coferol)	1,90
Vitamina B12 (g)	2,10	Vitamina K (g)	8,90
Vitamina C (mg)	0		

Fuente: (López et al., 2023)

2.6.1.7 Pastas alimenticias o fideos

Entre los productos que se pueden elaborar con harina de trigo se encuentran las pastas alimenticias, que son productos obtenidos a través de la deshidratación de una masa no fermentada hecha con harinas finas, sémolas o semolinas derivadas del trigo y agua potable. A diferencia del pan, en este caso no se lleva a cabo un proceso de fermentación. (Chávez, 2020)

2.6.1.8 Tipos de pastas alimenticias

Las pastas alimenticias se clasifican en una amplia variedad de tipos según los ingredientes utilizados en su elaboración, lo que permite adaptarlas a diferentes preferencias y necesidades dietéticas. Entre las más comunes se encuentran las pastas tradicionales hechas con sémola de trigo duro, que son valoradas por su textura firme y versatilidad en una variedad de platos.

Pastas alimenticias por fideos secos: Son los productos que son sometidos a un proceso de desecación y moldeo, cuyo contenido en agua no debe ser superior a 14 % en peso (INEN, 2000).

Pastas alimenticias o fideos especiales: Son productos obtenidos de la mezcla de derivados de trigo u otra harina farinácea, apta para el consumo humano, y adicionando otros ingredientes permitidos como el huevo, sal y aceite, excepto aquellos que sean usados para enmascarar defectos físicos. (INEN, 2000).

Pastas alimenticias o compuestos: Son pastas que se les incorpora en el proceso de elaboración gluten, soja, huevos frescos o deshidratados, leche, verduras frescas, desecadas o en conservas (Acuña, 2017).

Pastas alimenticias o fideos rellenos: Son pastas que en su interior contiene un preparado elaborado a base de carne de animales de abasto, grasa de animales y vegetales

u otras sustancias comestibles aprobadas por la autoridad sanitaria competente con la adición de especias y condimentos autorizados (INEN, 2000).

2.6.1.9 Clasificación de las pastas alimenticias

Por su contenido de humedad: Las pastas alimenticias o fideos se clasifican de acuerdo a su contenido de humedad, para pastas o fideos fresco que presentan aspecto homogéneo y caracteres organolépticos normales, las pastas deben tener una humedad máxima de 28%. (Lezcano, 2016).

Por su forma: Las pastas alimenticias se clasifican en fideos largos, tales como tallarines, fettuccini, espagueti entre otros, también podemos encontrar fideos cortos que se deriva, generalmente de la figura formada y que tiene una longitud menor de 6 cm, tales como, coditos, caracoles, conchitas, tornillos, macarrón, letras, números, fusilli, canneroni, entre otros (Escalante, Rosenzweig, y Blix 2015).

Por su composición: Los productos que durante el empaste y el amasado mecánico se le incorpora no menos de 2 yemas por kilogramo de sémola o harina de mezcla. A estos productos se le puede incorporan refuerzo de color amarillo, proveniente de la yema, por el agregado de azafrán, betacaroteno, cúrcuma (Granito et al., 2014).

2.6.1.10 Propiedades funcionales de la pasta.

Las propiedades funcionales de la pasta son características que afectan su comportamiento durante la preparación, cocción y consumo, que son esenciales para determinar la calidad y aceptación por parte de los consumidores.

2.6.1.10.1 Tiempo de cocción

El tiempo de cocción es el período necesario para que la pasta alcance una textura adecuada para el consumo. Esto se conoce como “al dente”, donde la pasta es firme pero no dura. El tiempo de cocción puede variar dependiendo del tipo de pasta, su grosor y los ingredientes utilizados.

2.6.1.10.2 Porcentaje de hinchamiento

El porcentaje de hinchamiento se refiere a la capacidad de la pasta para absorber agua durante la cocción y aumentar su volumen.

2.6.1.10.3 Grado de desintegración

El grado de desintegración se refiere a la capacidad de la pasta para mantener su estructura durante y después de la cocción sin romperse o desintegrarse.

2.6.1.11 Deshidratación de los alimentos

La deshidratación de alimentos es crucial para su conservación, ya que reduce la actividad de agua (aw), lo que prolonga su vida útil sin necesidad de refrigeración. Además, disminuye significativamente el peso y volumen, facilitando el transporte y almacenamiento, y permite transformar los alimentos en materias primas para nuevos productos como sopas deshidratadas y cereales. (Fito et al., 2001)

2.6.1.11.1 Ventajas y desventajas de la deshidratación

Ventajas: La operación de deshidratación al conllevar una apreciable reducción del peso y volumen permite una importante reducción del costo en cuanto transporte y almacenamiento (Cabascango, 2018)

Mantiene las propiedades nutricionales del alimento.

Reduce el espacio de almacenamiento, manipulación y transporte.

Da valor agregado a nuestros productos.

Desventajas: La deshidratación puede causar la pérdida de algunas vitaminas hidrosolubles y la pérdida de características organolépticas como olor, sabor, color y textura. (Agua, 2020).

2.6.1.12 Tipos de deshidratación

La deshidratación se clasifica según el porcentaje de pérdida de peso y se debe únicamente a la pérdida de agua de los alimentos:

La deshidratación por secado natural: Es un método de conservación de alimentos más utilizado por los humanos que depende del movimiento del aire causado por los vientos y de la evaporación de la humedad. del impacto directo de la energía solar y el potencial de secado del aire (Agua, 2020)

Deshidratación por aire caliente: Este tipo de secado utiliza aire caliente para evaporar el agua del alimento. Para este tipo de deshidratación se utilizan dispositivos como desecadores de bandeja u hornos, desecadores tipo túneles y desecadores de tambor (Agua, 2020).

2.6.1.13 Tipos de secadores

Secadores de horno o estufa: Este método es el más simple y consiste en una pequeña estructura paralelepípedica de dos pisos. El aire de secado se calienta en un quemador en el piso inferior y se mueve por convección natural o forzada al segundo piso perforado, donde se coloca el producto a secar. Actualmente, su uso en la industria alimentaria es muy limitado, empleándose principalmente para secar manzanas, lúpulo y forrajes verdes.(Fito et al., 2001)

Secadores de bandejas o de armario: Este sistema suele funcionar de manera intermitente y está compuesto por una cámara metálica rectangular con soportes móviles que sostienen los bastidores cada bastidor contiene varias bandejas poco profundas apiladas con un espacio adecuado entre ellas donde se coloca el material a secar un ventilador conectado a un motor hace circular el aire caliente entre las bandejas el cual pasa previamente por un calentador compuesto por un conjunto de tubos que contienen vapor de agua los tabiques aseguran una distribución uniforme del aire sobre las pilas de bandejas(Fito et al., 2001)

Secadores de túnel: Son similares a los secadores de bandejas, pero operan de manera semicontinua. Las bandejas con el producto a secar se colocan en carretillas que se mueven a lo largo del túnel de secado. Al introducir una nueva carretilla, la primera, que

contiene el producto seco, es retirada, y las demás avanzan una posición en su recorrido.(Fito et al., 2001)

2.6.1.14 Temperatura y tiempo de deshidratación.

Temperatura de deshidratación: La temperatura ideal para deshidratar alimentos es entre 50 y 69°C. Temperaturas más altas cocinan el exterior de la fruta mientras retienen agua en el interior.

Tabla 10. Temperaturas óptimas de deshidratación

PRODUCTO	TEMPERATURA RECOMENDADA
Plantas aromáticas	Mayor que 35° C
Vegetales	Mayor que 42° C
Frutas	Mayor que 50° C

Fuente: (Cabascango, 2018)

- **Tiempo de deshidratación:** El tiempo de secado promedio de las frutas con alto contenido de agua varía entre 7 y 14 días, dependiendo también del grosor de la fruta, la humedad relativa y la temperatura ambiente.

Tabla 11. Tiempo óptimo de deshidratación

HORTALIZA	TIEMPO ENTRE 40-50°C (horas)
Apio	18
Arvejas	17
Brócoli	10
Cebolla	20
Coliflor	16
Esparrago	10
Espinaca	15
Hongos	16
Papa	12
Pimentón	12
Tomate	26
Vainitas	14
Zanahoria	18

Fuente: (Cabascango, 2018)

2.6.1.15 Marco legal

2.6.1.15.1 Norma técnica INEN 1375:2000 Pastas alimenticias o fideos

La norma es un conjunto de reglas obligatorias que nos permiten ajustar ciertos requisitos previos a la comercialización de un producto para el consumo humano. La norma técnica ecuatoriana para pastas y fideos pone a disposición requisitos importantes para pastas alimenticias de cualquier tipo, incluyendo los fideos frescos.

Para la elaboración de esta pasta alimenticia, se tomó como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1375:2000 para comparar el análisis físico (humedad) y microbiológico (mohos y levaduras) que se llevaron a cabo en un laboratorio certificado, siguiendo métodos establecidos.(INEN, 2000)

2.6.1.15.2 Requisitos específicos para pastas alimenticias

Tabla 12 Requisitos específicos para pastas alimenticias.

Requisito	Min.	Min.	Max.	Max.	Método
Humedad, pasta seca %		14.0	14.0	INEN 18
Recuento de mohos y levaduras/g	1x10 ²	1x1	1x10 ³	1x1	INEN INEN 1529-10

Fuente: Especificaciones de la norma INEN 1375 para pasta alimenticia INEN, 2000

2.6.1.15.3 Normas ISO 22000- Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria

De acuerdo a las Normas ISO 22000, el sistema de gestión de seguridad o inocuidad alimentaria, es permitido aplicar en todas las cadenas de valor de la industria alimentaria, desde los inicios de cosecha hasta la comercialización del producto, siguiendo rigurosamente con los protocolos de inocuidad alimentaria.(ISO 22000, 2018)

2.6.2 Marco Conceptual

Sémola de trigo: Es la parte interna del grano de trigo, molida hasta obtener una harina gruesa. Se utiliza principalmente para hacer pasta, cuscús y otros productos de grano.

Apio: Un vegetal crucífero con tallos largos y hojas verdes. Es rico en fibra, vitaminas y minerales. Se consume crudo en ensaladas o cocido en sopas y guisos.

Zanahoria blanca: Una variedad de zanahoria con pulpa blanca. Tiene un sabor más suave que la zanahoria naranja y se utiliza en diversas preparaciones culinarias.

Extracto: Líquido concentrado obtenido de una planta, fruta o sustancia mediante un proceso de extracción. Puede ser utilizado para dar sabor a alimentos o bebidas.

Pasta tipo fettuccini: Tipo de pasta italiana plana y larga, similar a una cinta ancha. Se elabora con sémola de trigo y agua.

Perfil fitoquímico: Es la composición de compuestos bioactivos presentes en un alimento, como antioxidantes, vitaminas, minerales y otros compuestos vegetales. Estos compuestos tienen beneficios para la salud.

Capacidad antioxidante: Es la capacidad de un alimento para neutralizar los radicales libres, moléculas que dañan las células y contribuyen al envejecimiento y enfermedades.

Tiempo de cocción: Es el tiempo necesario para cocinar un alimento hasta que esté listo para el consumo.

Grado de desintegración: Se refiere a la forma en que un alimento se rompe o se deshace durante la cocción.

Porcentaje de hinchamiento: Es el aumento de volumen que experimenta un alimento al absorber líquido durante la cocción.

Almidón: Carbohidrato complejo que se encuentra en una gran variedad de plantas, especialmente en semillas, raíces y tubérculos. Es la principal fuente de energía para los humanos y muchos otros organismos.

Flavonoides: Pigmentos naturales que se encuentran en una amplia variedad de plantas. Son responsables de los colores vibrantes de muchas frutas, verduras y flores. Además de darle color a los alimentos, los flavonoides tienen una amplia gama de propiedades beneficiosas para la salud.

2.6.2.1 Tipo de investigación

2.6.2.1.1 Investigación bibliográfica

En la investigación se utiliza revisión bibliográfica a partir de documentos como tesis de grado, artículos científicos, proyectos de investigación, revistas científicas.

Este tipo de investigación será reflejada al aplicar el conocimiento y los criterios establecidos por diferentes autores que determinan los distintos resultados en la sustitución parcial de la sémola trigo (*Triticum Durum, T*) por harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) para elaborar pasta saborizada con extracto de apio (*Apium Graveolens*)

2.6.2.1.2 Diseño de investigación

El tipo de investigación aplicada en este trabajo fue experimental, se asentó en el uso de técnica donde se manipularon variables independientes:

Factor A: Sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca en concentraciones (20%, 40% y 60%)

Factor B: Extracto de apio en concentraciones (3%, 5% y 8%)

Se sustituyo parcialmente la sémola de trigo por harina de zanahoria blanca para la elaboración de pasta saborizada con extracto de apio, el diseño arrojó 9 tratamientos para el mejor tratamiento, se realizó evaluación de propiedades funcionales de la pasta a través un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial, en orden (A*B +1), con 2 repeticiones donde se evaluó tiempo de acción, porcentaje de hinchamiento y grado de desintegración y para la evaluación sensorial de los principales atributos se aplico un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) donde se evaluó (color, olor, sabor, apelmazamiento, pegajosidad, firmeza y aceptabilidad del producto final.

2.6.2.2 Investigación descriptiva

Se aplicará esta investigación, con el objetivo de analizar si la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca influye en las características físico químicas y funcionales de una pasta de fideo tipo fettuccine.

2.6.2.3 Método de investigación

2.6.2.3.1 Método Científico

Este método de investigación proporciona información eficaz y fiable para el programa de investigación planificado sobre la sustitución parcial de sémola de trigo (*tritucum durum, T*) y harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthoriza*) para pasta de fideo saborizada con extracto de apio (*apium graveolens*), en el que se evalúa las propiedades físicas, químicas, microbiológicas, funcionales del mejor tratamiento mediante, la discusión con otros autores de tesis, artículos científicos y en función de las normas INEN que establecen los parámetros mínimos y máximos de los productos para el consumo humano.

2.6.2.3.2 Método Estadístico

El método estadístico se utilizó para el análisis de datos y obtener conclusiones significativas sobre las variables de estudio como: formulaciones con los porcentajes sustitución de harina de zanahoria blanca y el saborizante de extracto de apio. Estos métodos se basan en principios estadísticos SPSS versión 29.0 año 2022, para recolectar, organizar, analizar e interpretar datos de las variables respuesta de la investigación.

2.6.2.4 Materias Primas y materiales

Materia prima

Sémola de trigo

Zanahoria blanca

Apio

Aceite

Huevo

Agua

Materiales

Tabla de picar

Etiquetas

Cuchillo

Cucharas de acero inoxidable

Tanque de gas

Olla de acero inoxidable

Cernidor de acero inoxidable

Bolillo

Bandeja de acero inoxidable

Acidómetro

Reactivos

Agua destilada

Ácido cítrico

Fenolftaleína

Hidróxido de sodio

Hipoclorito de sodio

Equipos

Balanza digital: Metter Toledo XS105/Capacidad 110g y resolución 0,01 mg.

Deshidratadora: LT102/Capacidad 2kg

Laminadora: XH-N20/SKU 100-I

Rebanadora: Globe S13 a 13/ Capacidad 400 rebanados por minutos.

Molino eléctrico: H1,5HPN22 110V/Capacidad 50kg

Cocina industrial: Silver Mabbe – EM7657CSIS1/Capacidad 126,6 L.

Termómetro: Fukke 62 Max/Rango de -30°C a 500 °C (-22°F a 932 °F)

2.7 Métodos y técnicas

2.7.1 Metodología para obtención del extracto del apio

Recepción y selección: Realizar una inspección visual de la materia prima para eliminar todo material extraño.

Primer lavado: Retirar la tierra y otras impurezas, con agua limpia; teniendo mayor cuidado las hojas.

Inmersión: Para disminuir la carga microbiana, desinfectar el apio en una solución de cloro al 0.1% por un tiempo de 5 min.

Segundo lavado: Eliminar los residuos de cloro de las hojas de apio con abundante agua

Cortado: Realizar picado fino en una máquina rebanadora.

Inhibición Enzimática: Sumergir inmediatamente, en una solución de ácido cítrico al 1% acción que disminuye el pH evitando el pardeamiento.

Escurrido y oreado: Estas operaciones son necesarias por que permiten disminuir el tiempo de secado.

Secado por convección: Se trabaja a una temperatura de 65°C, por un tiempo de 24h, esto disminuye el contenido de humedad del apio.

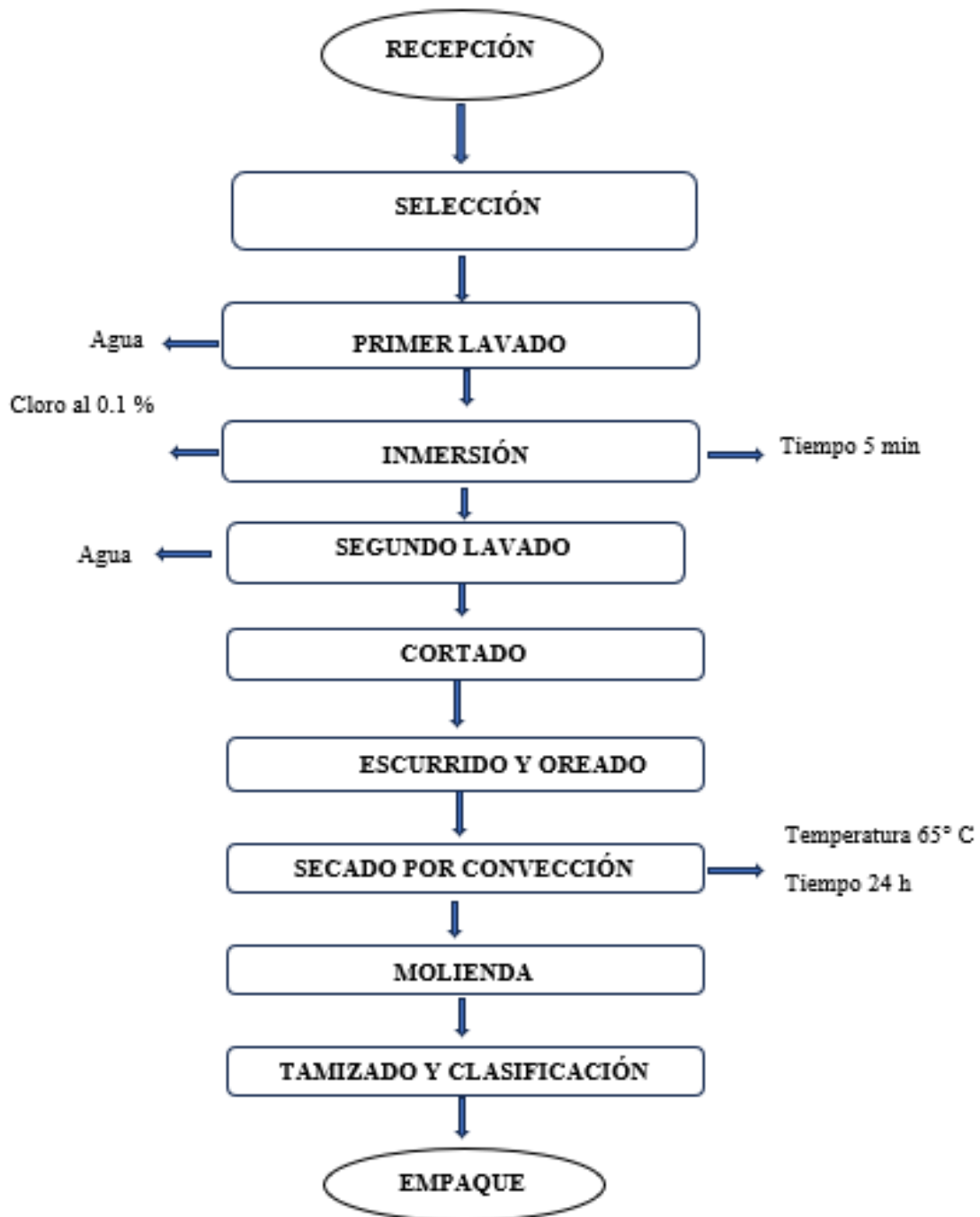
Molienda: Se realiza en un molino cilíndrico con muelas de acero, de un tamiz de 1.5mm. Las características de funcionamiento del molino trabajan es a 2.750 rpm; con capacidad 5qq/h de carga pesada y 20qq/h de carga liviana.

Tamizado y clasificación: el extracto seco del apio se realiza a través un tamiz de 80mesh, para obtener polvo fino.

Empaque: Se realiza en fundas de polietileno de alta densidad a temperatura ambiente para proteger al producto de la humedad

Almacenamiento: las condiciones debe ser un lugar fresco, libre de humedad y altas temperaturas.

Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de extracto de apio



Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

2.7.2 Metodología para obtención de la harina de zanahoria blanca

Recepción y selección: Seleccionar la materia prima de acuerdo al tamaño las raíces de zanahoria blanca.

Primer lavado: Retirar la tierra e impurezas de forma manual, con agua limpia.

Inmersión: Para disminuir la carga microbiana, desinfectar la zanahoria blanca en una solución de cloro al 0.1% por un tiempo de 5min.

Segundo lavado: Eliminar los residuos de cloro de la zanahoria blanca con abundante agua.

Pelado: Retirar la cascara de la zanahoria blanca.

Cortado: Realizar en forma de rodajas en una máquina rebanadora.

Inhibición Enzimática: Sumergir inmediatamente en una solución de ácido cítrico al 1%.

El ácido cítrico es un acidulante, que disminuye el pH evitando el pardeamiento.

Escurrido y oreado: Estas operaciones son necesarias por que permiten disminuir el tiempo de secado.

Secado por convección: Se trabaja a una temperatura de 65°C, por un tiempo de 24h, lo que permite disminuir el contenido de humedad de la zanahoria blanca.

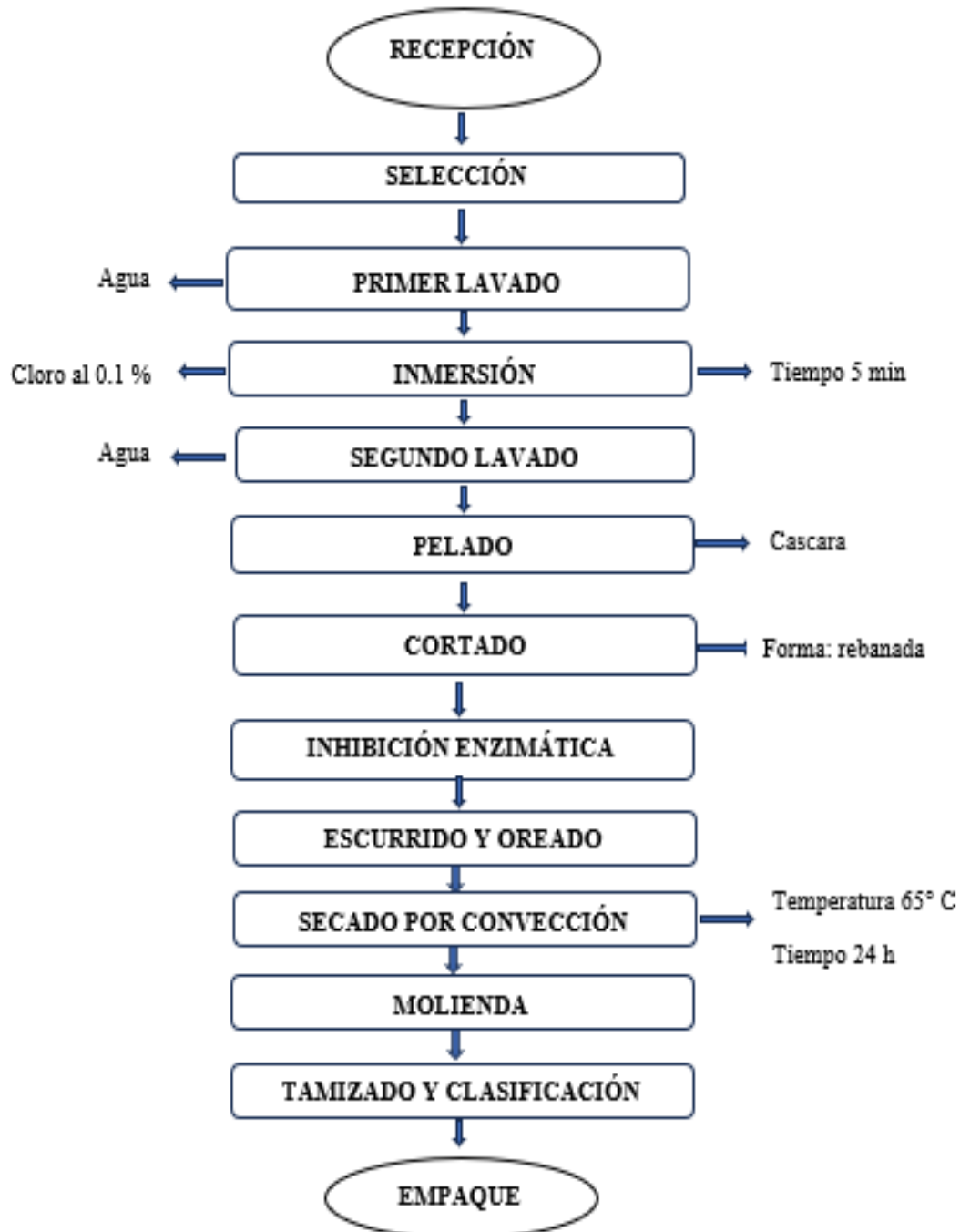
Molienda: Se realiza en un molino cilíndrico con muelas de acero, de un tamiz de 1.5 m. El molino trabaja a 2.750 rpm; llegando a procesar 5qq/h de carga pesada y 20qq/h de carga liviana.

Tamizado y clasificación: La clasificación de la harina se realiza pasándola por un tamiz de 80mesh, obteniendo harina de grano fino.

Empaque: Se realiza en fundas de polietileno de alta densidad a temperatura ambiente para proteger al producto de la humedad.

Almacenamiento: Las condiciones debe ser un lugar fresco, libre de humedad.

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



Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

2.7.3 Metodología para la determinación del perfil fitoquímico del extracto del apio

En cada extracto (etéreo, etanólico y acuoso) por separado se procedió a tomar una muestra para realizar ensayos y cualificar la presencia de metabolitos secundarios según el proceso descrito por (Martínez, 2002)

Ensayo de Sudan: Permite reconocer en un extracto la presencia de compuestos grasos, para ello, a la alícuota de la fracción en el solvente de extracción, se le añade 1 mL de una solución diluida en agua del colorante Sudan III o Sudan IV. Se calienta en baño de agua hasta evaporación del solvente.

Ensayo de Liebermann-Burchard: Reconocer en un extracto la presencia de triterpenos y/o esteroides, por ambos tipos de productos poseer un núcleo del androstano, generalmente insaturado en el anillo B y la posición 5-6. Para ello, si la alícuota del extracto no se encuentra en cloroformo, debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo disolver en 1 ml de cloroformo. Se adiciona 1 ml de anhídrido acético y se mezcla bien. Por la pared del tubo de ensayos se dejan resbalar 2-3 gotas de ácido sulfúrico concentrado sin agitar. Un ensayo positivo se tiene por un cambio rápido de coloración:

Rosado-azul muy rápido.

Verde intenso-visible, aunque rápido.

Verde oscuro-negro-final de la reacción

A veces el ensayo queda en dos fases o desarrollo de color. Muy pocas veces puede observarse el primer cambio. El tercer cambio generalmente importantes de estos compuestos.

Ensayo de Catequinas: Tom de la solución alcohólica obtenida una gota, con la ayuda de un capilar y aplique la solución sobre papel de filtro. Sobre la mancha aplique solución de carbonato de sodio. La aparición de una mancha verde carmelita a la luz UV.

Ensayo de Fehling: Si la alícuota del extracto no se encuentra en agua, debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo redisolverse en 1-2 ml de agua. Se adicionan 2

ml del reactivo y se calienta en baño de agua 5-10 minutos la mezcla. El ensayo se considera positivo si la solución se colorea de rojo o aparece precipitado rojo. Las soluciones se tienen preparadas de forma independiente y se mezcla igual cantidad en volumen de cada una de ellas justo en el momento de realizar el ensayo.

Ensayo de la Espuma: Permite reconocer en un extracto la presencia de saponinas, tanto del tipo esteroidal como triterpénica. De modo que, si la alícuota se encuentra en alcohol, se diluye con 5 veces su volumen en agua y se agita la mezcla fuertemente durante 5-10 minutos. El ensayo se considera positivo si aparece espuma en la superficie del líquido de más de 2 mm de altura y persistente por más de 2 min.

Ensayo del Cloruro Férrico: Si el extracto de la planta se realiza con alcohol, el ensayo determina tanto fenoles como taninos. A una alícuota del extracto alcohólico se le adicionan 3 gotas de una solución de tricloruro férrico al 5% en solución salina fisiológica (cloruro de sodio al 0.9 % en agua). Si el extracto es acuoso, el ensayo determina fundamentalmente taninos. A una alícuota del extracto se añade acetato de sodio para neutralizar y tres gotas de una solución de tricloruro férrico al 5% en solución salina fisiológica, un ensayo positivo puede dar la siguiente información general: - Desarrollo de una coloración rojo-vino, compuestos fenólicos en general. - Desarrollo de una coloración verde intensa, taninos del tipo pirocatecólicos.

Ensayo de la Ninhidrina: Reconocer en los extractos vegetales la presencia de aminoácidos libres o de aminas en general. Se toma una alícuota del extracto en alcohol, o el residuo de la concentración en baño de agua, si el extracto se encuentra en otro solvente orgánico, se mezcla con 2 ml de solución al 2% de ninhidrina en agua. La mezcla se calienta 5-10 min en baño de agua. Este ensayo se considera positivo cuando se desarrolla un color azul violáceo.

Ensayo de Borntrager: Permite reconocer en un extracto la presencia de quinonas. Para ello si la alícuota del extracto no se encuentra en cloroformo, debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo redisolverse en 1 ml de cloroformo. Se adiciona 1 ml de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio ó amonio al 5% en agua. Se agita mezclando las

fases y se deja en reposo hasta su ulterior separación. Si la fase acuosa alcalina (superior) se colorea de rosado o rojo, el ensayo se considera positivo. Coloración rosada (++) , coloración roja (+++)

Ensayo de Shinoda: Permite reconocer la presencia de flavonoides en un extracto de un vegetal. Si la alícuota del extracto se encuentra en alcohol o agua, se diluye con 1 ml de ácido clorhídrico concentrado y un pedacito de cinta de magnesio metálico. Después de la reacción se espera 5 minutos, se añade 1 ml de alcohol amílico, se mezclan las fases y se deja reposar hasta que se separen. El ensayo se considera positivo, cuando el alcohol amílico se colorea de amarillo, naranja, carmelita o rojo; intenso en todos los casos.

Ensayo de mucílagos: Permite reconocer en los extractos de vegetales la presencia de esta estructura tipo polisacárido, que forma un coloide hidrófilo de alto índice de masa que aumenta la densidad del agua donde se extrae. Para ello una alícuota del extracto en agua se enfría a 0-5 °C y si la solución toma una consistencia gelatinosa el ensayo es positivo.

Ensayo de principios amargos y astringentes: El ensayo se realiza saboreando 1 gota del extracto acuoso o del vegetal y reconociendo el sabor de cada uno de estos principios, bien diferenciados al paladar.

2.7.4 Metodología para determinación de la capacidad antioxidante del extracto de apio

Pesaje del reactivo TPTZ: Pesar 0,0078 g de TPTZ [2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina] y colocarlo en un recipiente.

Adición del reactivo HCl: Añadir una gota de ácido clorhídrico (HCl) en una proporción de 1:1, seguido de la adición de 2,5 ml de HCl a 40 mm. Mezclar hasta que el TPTZ se disuelva completamente.

Incorporación del Buffer: Agregar 25 ml de buffer de acetato con un pH de 3,6 a la solución.

Adición de reactivo FeCl₃: Incorporar 2,5 ml de una solución de FeCl₃ a 20 mm a la mezcla anterior.

Incubación del Reactivo: Dejar la mezcla incubando a 37°C durante 15 min para activar el reactivo FRAP.

Preparación del Extracto: Tomar 5 µL del extracto de la muestra previamente preparado.

Adición del Extracto a Tubo de Ensayo: Colocar los 5 µL del extracto en un tubo de ensayo de 10 ml de capacidad.

Adición del Reactivo FRAP a la Muestra: Añadir 1,5 ml del reactivo FRAP preparado al tubo de ensayo que contiene el extracto.

Incubación de la Mezcla: Mantener la mezcla en una incubadora a 37°C durante 30 minutos para permitir que la reacción se desarrolle.

Medición de la Absorbancia: Medir la absorbancia de la solución resultante a 593 nm utilizando un espectrofotómetro.

Construcción de la Curva de Calibración: Preparar una curva de calibración utilizando la sal de Mohr [Fe(NH₄)₂SO₄] como estándar para convertir los valores de absorbancia en concentración de Fe²⁺.

La actividad antioxidante se calcula utilizando una curva de calibración de Fe²⁺, empleando la sal de Mohr [Fe(NH₄)₂SO₄] como estándar, según la siguiente ecuación:

$$AAT = \frac{(A-a)}{\frac{b \times V \times f d}{P.M.}} \quad \text{Ecuación } 1$$

Donde:

AAT: Actividad antioxidante total.

A: Absorbancia del extracto.

a: Intercepto de la curva de calibración.

b: Pendiente de la curva de calibración.

V: Volumen del extracto (m).

fd: Factor de dilución de la muestra.

P.M.: Masa de la muestra.

2.7.5 Metodología para análisis proximal de la harina de zanahoria blanca

Procedimiento para la determinación de Humedad

Se empleó el método 925.10 de la AOAC (2023), para determinar el porcentaje de humedad se aplica el siguiente procedimiento:

Pesar la muestra en una caja Petri limpia y seca en la que previamente se pesaron 10g de muestra.

Introducir al horno a 105° C durante 3 horas.

El porcentaje de humedad se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Mh= muestra húmeda

Ms = muestra seca

Procedimiento para la determinación de Proteína total

Se empleó el método 2001.11 de la AOAC (2023), para la cuantificación de proteína por el método de Kjeldahl.

Procedimiento:

Pesar 0,04 g de la muestra, colocar dentro de un balón de digestión y añadir 0,5 mg de catalizador y 2 cm³ de ácido sulfúrico.

Colocar los balones en el digestor micro Kjeldahl en los calentadores a 500 °C hasta que la solución adquiriera una coloración verde.

Retirar los balones del digestor y enfriar.

Procedimiento para la determinación de Cenizas

Se empleó el método 923.03 de la AOAC (2023), el cual consiste en la incineración completa de la muestra orgánica en un horno mufla a 525 °C, dejando únicamente los residuos de materia orgánica.

Procedimiento

Pesar la muestra seca en un crisol de porcelana.

Colocar en una placa calefactora para comenzar la combustión de la materia orgánica.

Una vez reducido el volumen de la muestra, colocar a la mufla a 525 °C hasta obtener cenizas completamente blancas, sin residuos de materia orgánica.

El porcentaje de cenizas se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Cenizas(\%) = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

P_0 = peso del crisol vacío

P_1 = peso del crisol con la muestra y peso del crisol vacío

P_2 = peso del crisol con las cenizas.

Procedimiento para la determinación de Grasa

Se empleó el método 2003.06 de la AOAC (2023), basado en la extracción de la grasa con un solvente orgánico y su posterior cuantificación por gravimetría.

Procedimiento

Pesar la muestra, seguidamente se seca en una estufa para eliminar la humedad.

Moler la muestra seca finamente para aumentar el área de contacto con el solvente y facilitar la extracción de la grasa.

La muestra se coloca en el cartucho de extracción y se introduce en un extractor Soxhlet.

Se añade el solvente orgánico (generalmente en la mezcla de éter de petróleo y éter dietílico) al matraz del Soxhlet.

Se calienta el solvente, que se vaporiza y condensa sobre la muestra en el cartucho, el solvente caliente disuelve la grasa de la muestra y la arrastra al matraz.

Una vez finalizada la extracción, se evapora el solvente del matraz, dejando un residuo que corresponde a la grasa extraída.

Se calcula el porcentaje de grasa en la muestra original utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Procedimiento para la determinación de Fibra dietética total

Se empleó el método 985.29 de la AOAC (2023), se basa en la simulación de los procesos digestivos en el cuerpo humano para aislar y cuantificar la fracción de la muestra alimentaria que resiste la digestión por enzimas.

Pesar la muestra seca y moler finamente para aumentar el área de superficie y facilitar la digestión enzimática.

La muestra se somete a una serie de digestiones enzimáticas secuenciales: α -amilasa, proteasa, glucoamilasa, galactanasa y celulasa.

Después de cada digestión enzimática, la muestra se filtra para separar la fibra insoluble del líquido.

El residuo se lava repetidamente para eliminar cualquier residuo de enzimas o productos de la digestión.

El residuo insoluble (fibra dietética) se seca en una estufa y se pesa.

Se calcula el porcentaje de fibra dietética en la muestra original utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra dietética} = \frac{\text{Peso de la fibra}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

2.7.6 Proceso de elaboración de la pasta de fideo tipo fettuccine

Recepción de harinas y extracto de apio: Realizar la recepción de la harina de zanahoria blanca y extracto de apio como materia prima para la formulación y preparación de las pastas de fideo tipo fettuccine

Pesado: Se pesan las harinas según los porcentajes indicados.

Tabla 13. Formulación de los tratamientos en porcentaje

Formulación	t_{control}	t₁	t₂	t₃	t₄	t₅	t₆	t₇	t₈	t₉
Sémola de trigo	100	80	80	80	60	60	60	40	40	40
Harina de ZB	0	20	20	20	40	40	40	60	60	60
Huevo	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Sal	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Aceite	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Extracto seco	0	3	5	8	3	5	8	3	5	8
Total %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Tabla 14. Formulaciones de los tratamientos en gramos

Formulación	t_{control}	t₁	t₂	t₃	t₄	t₅	t₆	t₇	t₈	t₉
Sémola de trigo	160	128	128	128	96	96	96	64	64	64
Harina de ZB	0	32	32	32	64	64	64	96	96	96
Huevo	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2
Sal	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Aceite	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Extracto seco	0,0	4,8	8,0	12,8	4,8	8,0	12,8	4,8	8,0	12,8
Total gramos	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Mezclado: Integrar y mezclar la harina durante 3 minutos hasta que quede completamente homogénea, luego agregar la sal, huevo, aceite y agua.

Amasado: Amasar de 5 a 10 min para tener un producto elástico.

Laminado: Laminar con ayuda de un rodillo o una laminadora, para que la masa tenga una textura fina.

Cortado: Cortar en tiras con la ayuda de una máquina cortadora para pastas tipo fideo.

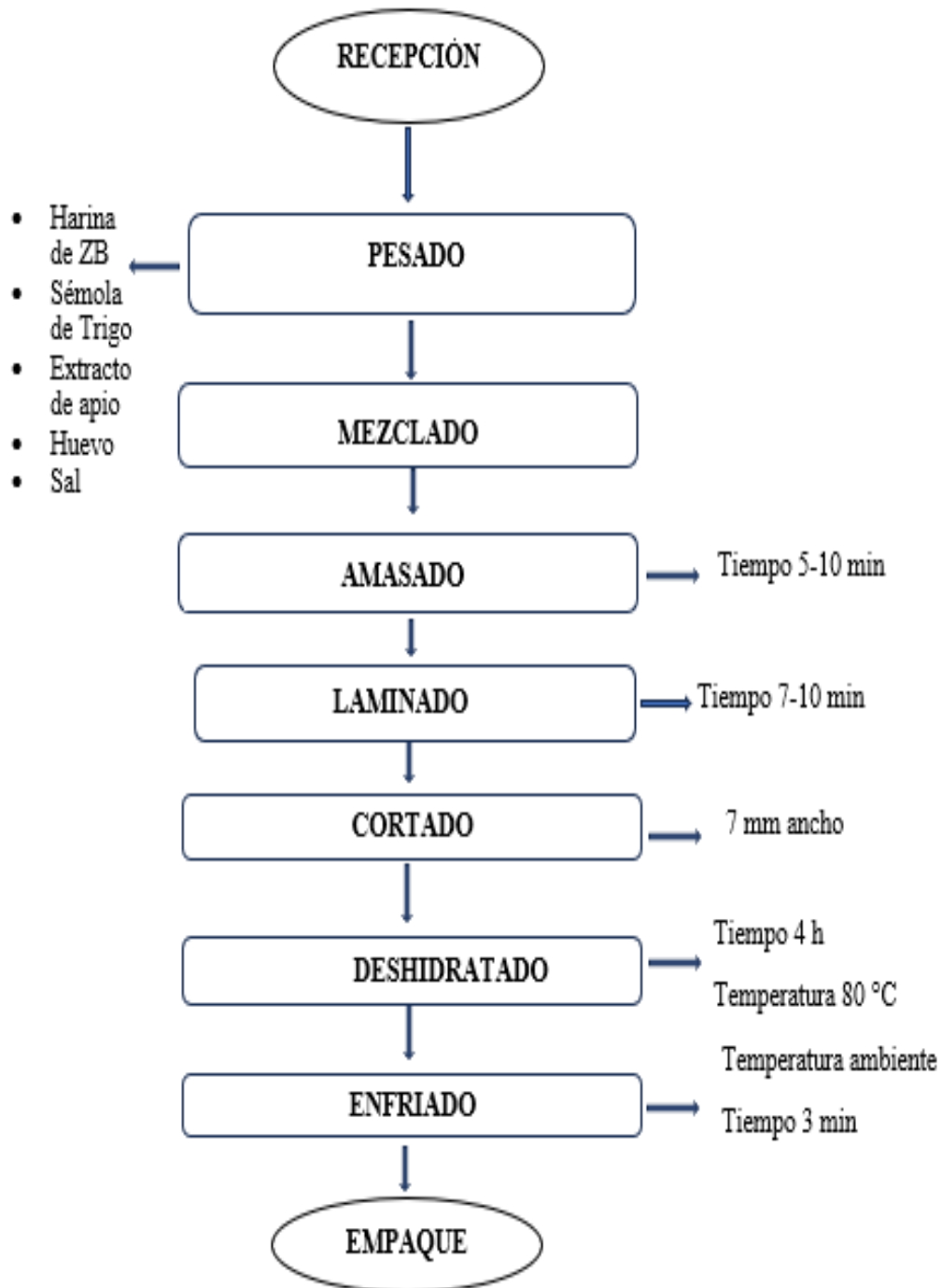
Secado: Secar aproximadamente 4 horas y media en el deshidratador a una temperatura de 80 °C.

Enfriamiento: Se efectúa en un área seca y fresca a temperatura ambiente.

Empacado: Los fideos son envueltos en empaques de polietileno.

Almacenamiento: En un área seca y temperatura ambiente.

Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de pasta



Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

2.7.7 Metodología para determinar las Propiedades funcionales de la pasta

2.7.7.1 Procedimiento para determinación de tiempo de cocción

Según (Gordon, 2015) se utilizó esta metodología:

Pesaje de la muestra: Pesar 20g de la pasta.

Preparación del agua de cocción: Medir 500 ml de agua y vertir en una olla para la cocción.

Relación volumen /masa: Se uso la relación 1:25 (20 g de pasta por cada 500 ml de agua.)

Inicio de cocción: El agua debe llegar a punto de ebullición de 100 °C, colocar la pasta.

Inicio del conteo de tiempo de cocción: Registrar el tiempo desde el momento en que la pasta entra en el agua hasta el punto de ebullición del agua y cocción de la pasta.

Comprobación de estado de cocción: Continuar cocinando la pasta, revisando periódicamente su estado, con la ayuda de un utensilio sacar una muestra de la pasta de vez en cuando, y observar el centro de la pasta, que esté completamente cocida.

Registro del tiempo: Registrar el tiempo transcurrido desde que la pasta fue sumergida en el agua.

2.7.7.2 Procedimiento para determinación de porcentaje de hinchamiento

Pesaje de la muestra: Pesar la pasta seca, este será nuestro peso inicial.

Cocción de la pasta: Cocinar la pasta en una cantidad adecuada de agua hirviendo, una vez cocida la pasta retirar del agua y dejar escurrir para eliminar el exceso de agua.

Pesaje de la pasta cocida: Pesar nuevamente la pasta, registrar el peso de la pasta siendo peso final.

Cálculo del porcentaje de hinchamiento:

$$\% \text{ de hinchamiento} = \left(\frac{\text{Volumen cocido} - \text{volumen seco}}{\text{Volumen seco}} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

2.7.7.3 Procedimiento para la determinación de Grado de desintegración

Pesaje de muestra: Pesar 20 g de pasta seca, en 500 ml de agua.

Cocción de la pasta: Cocinar la pasta, siguiendo el tiempo de cocción adecuado para cada tipo de pasta, una vez finalizada la cocción retirar del agua y separar el agua de cocción.

Recolección de agua de cocción: Medir 20 ml de agua de cocción y colocar en una caja Petri limpia y seca.

Evaporación del agua: Colocar las cajas Petri en una estufa a 105°C hasta que el agua se haya evaporado por completo.

Pesado del sedimento: Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente, seguidamente pesar el sedimento residual de la caja Petri.

Cálculo del grado de desintegración:

$$\text{Grado de desintegración (\%)} = 0,5 (\text{sólidos totales}) * 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

2.7.8 Metodología para evaluación sensorial de la pasta de fideo tipo fettuccine

Este procedimiento se realizó mediante, análisis sensorial, que se refiere a la medición y cuantificación de las propiedades sensoriales de los productos alimenticios o materias primas, evaluadas mediante los cinco sentidos, así como a la determinación de la aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor (Olmos, 2014). Se tomaron en cuenta los siguientes atributos:

Color: Se refiere a la apariencia visual de la pasta, que debe tener un tono uniforme y atractivo, típicamente un amarillo pálido, indicativo de buena calidad y correcta cocción.

Olor: Este atributo evalúa el aroma, que debe ser neutro o ligeramente a trigo.

Sabor: Este debe ser agradable y suave, permitiendo que los condimentos o salsas con las que se acompañe se realcen.

Apelmazamiento: Este concepto mide la capacidad de mantener su estructura sin volverse una masa pegajosa o grumosa.

Pegajosidad: Evalúa la tendencia de adherirse entre sí o a superficies, manteniendo una textura suave pero firme.

Firmeza: Debe ser firme, pero no dura.

Aceptabilidad: Este atributo engloba si el producto es o no agradable y cumple con las expectativas.

El panel de catadores estuvo conformado de 20 integrantes, antes de la catación se dieron indicaciones precisas para la evaluación y registro de los datos.

2.7.9 Análisis proximal del mejor tratamiento

Procedimiento para la determinación de la humedad del mejor tratamiento.

Se empleó el método 925.10 de la AOAC (2023), para determinar el porcentaje de humedad se aplica el siguiente procedimiento:

Pesar la muestra en una caja Petri limpia y seca en la que previamente se pesaron 10 g de muestra.

Introducir al horno a 105° C durante 3 horas.

El porcentaje de humedad se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{Mh - Ms}{Ms} * 100 \qquad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

Mh= masa húmeda

Ms= masa seca

Procedimiento para la determinación de la proteína del mejor tratamiento.

Se empleó el método 2001.11 de la AOAC (2023), para la cuantificación de proteína por el método de Kjeldahl.

Procedimiento:

Pesar 0,04 g de la muestra, colocar dentro de un balón de digestión y añadir 0,5 mg de catalizador y 2 cm³ de ácido sulfúrico.

Colocar los balones en el digestor micro Kjeldahl en los calentadores a 500 °C hasta que la solución adquiera una coloración verde.

Retirar los balones del digestor y enfriar.

Procedimiento para la determinación de ceniza del mejor tratamiento

Se empleó el método 923.03 de la AOAC (2023), que consiste en la incineración completa de la muestra orgánica en un horno mufla a 525 °C, dejando únicamente los residuos de materia orgánica.

Procedimiento

Pesar la muestra seca en un crisol de porcelana.

Colocar en una placa calefactora para comenzar la combustión de la materia orgánica.

Una vez reducido el volumen de la muestra, colocar a la mufla a 525 °C hasta obtener cenizas completamente blancas, sin residuos de materia orgánica.

El porcentaje de cenizas se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Cenizas}(\%) = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} * 100 \qquad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

P_0 = peso del crisol vacío

P_1 = peso del crisol con la muestra y peso del crisol vacío

P_2 = peso del crisol con las cenizas.

Procedimiento para la determinación de grasa del mejor tratamiento

Se empleo el método 2003.06 de la AOAC (2023), basado en la extracción de la grasa con un solvente orgánico y su posterior cuantificación por gravimetría.

Pesar la muestra, seguidamente se seca en una estufa para eliminar la humedad.

Moler la muestra seca finamente para aumentar el área de contacto con el solvente y facilitar la extracción de la grasa.

La muestra se coloca en el cartucho de extracción y se introduce en un extractor Soxhlet. Se añade el solvente orgánico (generalmente en la mezcla de éter de petróleo y éter dietílico) al matraz del Soxhlet.

Se calienta el solvente, que se vaporiza y condensa sobre la muestra en el cartucho, el solvente caliente disuelve la grasa de la muestra y la arrastra al matraz.

Una vez finalizada la extracción, se evapora el solvente del matraz, dejando un residuo que corresponde a la grasa extraída.

Se calcula el porcentaje de grasa en la muestra original utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100 \quad \text{Ecuación 9}$$

Procedimiento para la determinación de fibra dietética total del mejor tratamiento

Se empleó el método 985.29 de la AOAC (2023), se basa en la simulación de los procesos digestivos en el cuerpo humano para aislar y cuantificar la fracción de la muestra alimentaria que resiste la digestión por enzimas.

Pesar la muestra seca y moler finamente para aumentar el área de superficie y facilitar la digestión enzimática.

La muestra se somete a una serie de digestiones enzimáticas secuenciales: α -amilasa, proteasa, glucanasa, galactanasa y celulasa.

Después de cada digestión enzimática, la muestra se filtra para separar la fibra insoluble del líquido.

El residuo se lava repetidamente para eliminar cualquier residuo de enzimas o productos de la digestión.

El residuo insoluble (fibra dietética) se seca en una estufa y se pesa.

Se calcula el porcentaje de fibra dietética en la muestra original utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra dietética} = \frac{\text{Peso de la fibra}}{\text{Peso de la muestra seca}} * 100 \quad \text{Ecuación 10}$$

2.7.10 Metodología para el Análisis microbiológico del mejor tratamiento

Se empleó el método de 997.02 de la AOAC (2023), cuantificación de la presencia de mohos y levaduras en una muestra.

Se toma una muestra representativa de la pasta y se homogeniza para asegurar una distribución uniforme de los microorganismos.

Se inocula una alícuota de la muestra o de las diluciones en placas de Petri con el medio de cultivo (agar dicloran rosa de bengala o agar patata dextrosa)

Las placas se incuban a una temperatura de 25°C y 30°C durante 2-3 días.

Conteo de colonias, se seleccionan las placas que contengan entre 30 y 300 colonias visibles en las placas.

Se calcula el número de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo o mililitro de muestra, teniendo en cuenta las diluciones realizadas.

2.7.11 Metodología para el análisis de propiedades mecánicas funcionales de las pastas de fideo tipo fettuccine.

Método de brookfield, se basa en la evaluación de la textura de las pastas.

Se elige una sonda adecuada según la dureza de la pasta.

La pasta debe tener una temperatura y consistencia uniforme.

La sonda penetra en la pasta a una velocidad controlada, el texturómetro mide la fuerza necesaria para la penetración, la distancia de penetración y otros parámetros como la fuerza de ruptura.

Los datos obtenidos se analizan para obtener parámetros texturales como dureza, fracturabilidad.

2.8 PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

2.8.1 PROPIEDADES FUNCIONALES

Hipótesis Nula (H₀): La sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y el extracto seco de apio, no influye en las propiedades funcionales y sensoriales de la pasta.

Hipótesis Alternativa(H₁): La sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y el extracto seco de apio si influye en las propiedades funcionales y sensoriales de la pasta

2.8.2 Validación de hipótesis

En la investigación se aplicó dos tipos de diseños experimental; para las propiedades funcionales se realizó el diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial $A*B +1$, el cual se realizó en el paquete estadísticos SPSS versión 29.0 versión 2022, una vez realizado el análisis se determinó el p-valor con un 95% de confiabilidad , en el caso que este resulte $< 0,5$ se acepta la hipótesis alternativa (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0), para determinar la significancia entre tratamientos se aplicara la prueba de Tukey, obteniendo como resultados que la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y extracto de apio si influye en las propiedades funcionales y sensoriales de la pasta, como se muestra en la parte de discusiones

2.9 Diseño experimental

2.9.1 Operación de variables

Las variables que se incluyeron en este tipo de diseño fueron:

Tabla 15. Operación de las variables de estudio

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	
Pasta tipo fetuccini	Porcentaje de Sustitución de harina de zanahoria blanca. 20% 40% 60%	Capacidad antioxidante	Polifenos totales
		Perfil fitoquímico	Flavonoides
		Análisis proximal	Humedad
			Proteína total
			Grasa
			Fibra dietética
			Cenizas
			Carbohidratos totales
			Energía
			Carbohidratos totales
Energía			

	Propiedades funcionales	Tiempo de cocción
		Procentaje de hinchamiento
		Grado de desintegración
		Color
		Olor
		Sabor
Porcentaje de Extracto de Apio	Evaluación sensorial	Apelmazamiento
3%		Pegajosidad
5%		Firmeza
8%		Aceptabilidad
Análisis al mejor tratamiento		
		Humedad
		Proteína total
		Grasa
	Análisis proximal	Fibra dietética
		Cenizas
		Carbohidratos totales
		Energía
	Análisis microbiológico	(Mohos y levaduras)
	Propiedades mecánicas	(Fracturabilidad, Dureza)
		Proteína
		Energía
	Composición nutricional	Calorías de la grasa
		Grasa
		Carbohidratos totales
		Fibra

Fuente. (Cabascango & Calvopiña, 2024).

2.9.2. Factores en estudio.

En la Tabla 16 se presenta las distintas formulaciones de sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca:

Tabla 16. Porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca

Factor	Porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca	
a_1	H	ST (80 %) + HZB (20 %)
a_2	H	ST (60%) + HZB (40 %)
a_3	H	ST (40%) + HZB (60 %)

ST: Sémola de trigo, **HZB:** Harina de zanahoria blanca

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Factor B; Formulación de adición de porcentaje de extracto de apio

En la Tabla 17 se presenta las distintas formulaciones de porcentaje de extracto de apio, para añadir a las masas de los diferentes tratamientos.

Tabla 17. Porcentaje de extracto de apio.

Factor	Porcentaje de sustitución de extracto de apio
b_1	3 %
b_2	5 %
b_4	8 %

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

2.9.2.1. Formulación de tratamientos para la elaboración de pasta

En la **Tabla 18** Se describe las diferentes formulaciones con los factores A*B + 1.

Tabla 18. Formulación de tratamientos.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a_1b_1	Sémola de trigo (128 g) + H. zanahoria blanca (32 g) + extracto de apio (4,8 g).
a_1b_2	Sémola de trigo (128 g) + H. zanahoria blanca (32 g) + extracto de apio (8 g).
a_1b_3	Sémola de trigo (128 g) + H. zanahoria blanca (32 g) + extracto de apio (12,8 g).
a_2b_1	Sémola de trigo (96 g) + H. zanahoria blanca (64 g) + extracto de apio (4,8 g).
a_2b_2	Sémola de trigo (96 g) + H. zanahoria blanca (64 g) + extracto de apio (8 g).

<i>a2b3</i>	Sémola de trigo (96 g) + H. zanahoria blanca (64 g) + extracto de apio (12,8 g).
<i>a3b1</i>	Sémola de trigo (64 g) + H. zanahoria blanca (96 g) + extracto de apio (4,8 g).
<i>a3b2</i>	Sémola de trigo (64 g) + H. zanahoria blanca (96 g) + extracto de apio (8 g).
<i>a3b3</i>	Sémola de trigo (64 g) + H. zanahoria blanca (96 g) + extracto de apio (12,8 g).
<i>tcontrol</i>	Sémola de trigo (160 g).

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024).

2.10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.10.1 Análisis del perfil fitoquímico del extracto de apio

En la **Tabla 19** se presenta el análisis de resultados cualitativos de los componentes bioactivos del extracto etéreos, etanólicos y acuosos del extracto de apio:

Tabla 19. Perfil fitoquímico del extracto seco de apio

Metabolito	Ensayo	Extracto Etéreo	Extracto Etanólico	Extracto Acuoso
Compuestos grasos	Sudan	+	-	-
Triterpenos / esteroides	Lieberman B.	+	+	-
Catequinas	Catequinas	-	+	-
Azúcares reductores	Fehling	-	++	+++
Saponina	Espuma	-	+	+
Compuestos fenólicos	Cloruro férrico (III)	-	+++	+++
Aminoácidos libres/ aminas	Nihidrina	-	+	+
Quinonas/ benzoquinonas	Bortranger	-	++	-
Flavonoides	Shinoda	-	+++	+++
Mucilagos	Mucilagos	-	-	+

Principios amargos	Principios amargos	-	-	+
+: Presencia	+ -: Regular	-: Ausencia		

Fuente: (Elaborado en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera Agroindustria adaptado por Cabascango & Calvopiña, 2024)

Los resultados que se pueden observar en el perfil fitoquímico del extracto de apio, en lo que concierne al contenido de flavonoides se observa que en el extracto etanólico y acuoso existe alto contenido de flavonoides. (Gómez et al., 2011) señalan que los flavonoides son compuestos bioactivos ampliamente distribuidos en las plantas, conocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y potencial para mejorar el sabor de los alimentos. Según estudios realizados por (Brennan et al., 2016) en un estudio similar sobre la incorporación de extractos vegetales en pastas alimenticias, se ha observado que los flavonoides pueden influir en el color, sabor y estabilidad del producto final.

La alta concentración de flavonoides en los extractos acuosos y etanólicos del apio sugiere que este vegetal es una excelente fuente de estos compuestos, lo que lo convierte en una opción favorable como saborizante en pastas alimenticias, los flavonoides pueden aportar un perfil sensorial único, agregando matices de amargor y astringencia que complementan otros sabores presentes en la pasta, si se manejan adecuadamente, estos compuestos pueden mejorar el perfil sensorial del producto sin comprometer su calidad, además de contribuir a la estabilidad oxidativa de la pasta, prolongando así su vida útil, lo que representa una ventaja adicional proporcionada por los flavonoides del apio (Miean et al., 2001).

La normativa INEN 1375:2000 sobre pastas alimenticias no establece específicamente requisitos sobre el contenido de flavonoides, pero sí destaca la importancia que los aditivos y saborizantes no afecten negativamente la textura o aceptabilidad del producto (INEN, 2000).

2.10.2 Análisis de la capacidad antioxidante del extracto de apio

Los resultados de la capacidad antioxidante y polifenoles del extracto de apio se muestran en la Tabla 20:

Tabla 20. Capacidad antioxidante del extracto de apio

Polifenoles Totales	FRAP
(mg/g)	$\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$
134,23(2,37)	111,34 (3,01)

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024).

La evaluación de la capacidad antioxidante del extracto de apio a través de dos medidas clave: el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante, usando el ensayo FRAP. Se encontró que el extracto contiene 134,23 mg/g de polifenoles, lo que indica una alta presencia de compuestos fenólicos, incluyendo flavonoides, conocidos por su capacidad antioxidante y su influencia en el sabor de los alimentos. Además, el ensayo FRAP arrojó un valor de 111,34 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$, lo que sugiere que el extracto tiene un significativo poder antioxidante, capaz de proteger alimentos contra la oxidación (Radilla, 2015)

Estudios previos, como los de (Rice-Evans et al., 1997) y (Álvarez-Parrilla et al., 2007), resaltan que los flavonoides son potentes antioxidantes que no solo protegen las células del daño oxidativo, sino que también mejoran la estabilidad de los alimentos al prevenir la oxidación de componentes como los lípidos. (Brennan et al., 2016) también concluyeron que un alto contenido de polifenoles se asocia con una mejor preservación de la calidad alimentaria, especialmente en productos vulnerables a la oxidación, estos hallazgos apoyan la idea de que el extracto de apio, con su alta concentración de flavonoides, podría ser eficaz en mejorar la estabilidad y calidad de los alimentos.

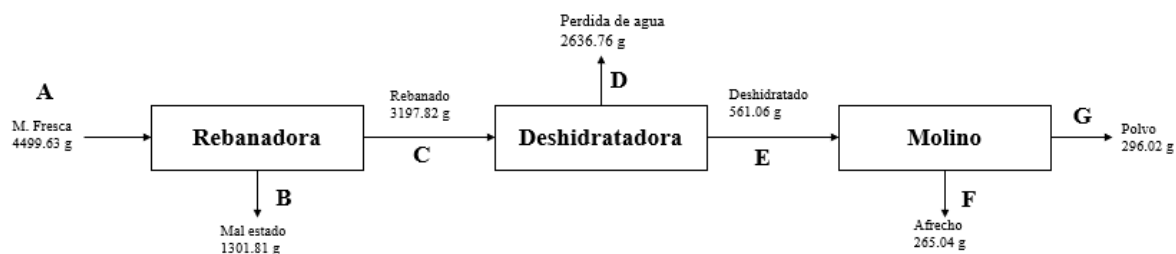
El alto contenido de polifenoles totales y la significativa capacidad antioxidante del extracto seco de apio indican que este ingrediente podría ser un aditivo funcional valioso

en la formulación de pastas alimenticias ya que los flavonoides, presentes en grandes cantidades, no solo aportan propiedades antioxidantes sino que también pueden influir en el perfil sensorial del producto mejorando la estabilidad de las pastas ante la oxidación especialmente en aquellas integrales o enriquecidas con ingredientes vegetales que son más susceptibles a la degradación oxidativa lo que podría extender la vida útil de la pasta y preservar su calidad por más tiempo (Álvarez et al., 2007).

2.10.3 Balance de materia de la obtención del extracto seco de apio

En la Figura 4 se presenta el balance de materia del extracto seco:

Figura 4. Balance de materia del extracto seco de apio



Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024)

Balance total

$$A = B + D + F + G$$

$$4499.63 = 1301.81 + 2636.76 + 265.04 + 296.02$$

$$4499.63 = 4499.63$$

El proceso de obtención de extracto seco de apio a partir de apio fresco se caracteriza por varias etapas de transformación partiendo rebanado, deshidratación y molienda. El balance de materiales muestra que se procesaron 4499.63g de apio fresco, de los cuales 1301.81g fueron descartados en la etapa de rebanado debido a material en mal estado o partes no adecuadas.

Después del rebanado, los 3197.82g de apio fueron sometidos a deshidratación, resultando en una pérdida significativa de agua (2636.76 g), lo que es característico del alto contenido de humedad del apio. El material deshidratado resultante (561.06 g) fue posteriormente molido, obteniéndose 296.02 g de polvo de apio, con 265.04 g de afrecho como subproducto.

2.10.4 Análisis proximal de la harina de zanahoria blanca

En la Tabla 21 se muestra el análisis proximal de la harina de zanahoria blanca:

Tabla 21. Análisis proximal de la harina de zanahoria blanca

PARÁMETROS	RESULTADOS	MÉTODO
Humedad %	4,92	AOAC 22, 2023, 925 10
Proteína %	4,95	AOAC 22, 2023 2001, 11
Grasa %	0,316	AOAC 22 2023 2003 06
Fibra %	9,06	AOAC 985 29 - 22 2023
Cenizas %	4,16	AOAC 22,2023 923,03
Carbohidratos %	77	Cálculo
Energía, kcal/100 g	329	Cálculo
Total, kcal/100 g	1377	

Kcal: Kilocalorías, **g:** gramos, **mg:** miligramo

Fuente: (Laboratorios LACONAL adaptado por Cabascango & Calvopiña, 2024)

Los siguientes resultados muestran que, la harina de zanahoria blanca, según el análisis proximal, presenta un contenido de bajo contenido de humedad (4,92%) es favorable para el almacenamiento, en comparación con la harina de trigo según la norma INEN, que permite un máximo de 1,5-2%. En cuanto a la proteína, la harina de zanahoria blanca tiene un 4,95%, significativamente menor que la harina de trigo, que tiene un mínimo de 11% según la norma INEN. Esto podría afectar negativamente la estructura de la pasta si se utiliza como sustituto parcial.

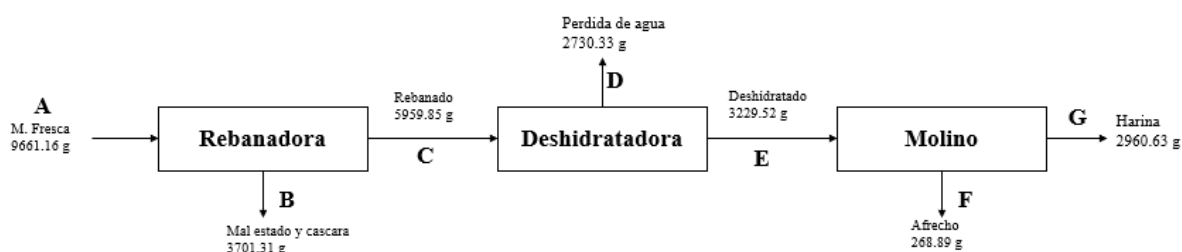
La harina de zanahoria blanca también destaca por su alto contenido de fibra (9,06%), frente al 2-3% típico en la harina de trigo, lo que podría mejorar el perfil nutricional de la pasta, en comparación con la harina de trigo según la norma INEN, cenizas del 4,16%, lo que refleja un alto nivel de minerales que permite un máximo de 1,5-2%.

Sin embargo (Totoy, 2022) menciona que, bajo contenido de proteína de la harina de zanahoria podría afectar la estructura y la textura de la pasta, ya que la proteína es crucial para la formación de la red de gluten, que proporciona la elasticidad y firmeza características de la pasta, por lo tanto, es probable que la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca requiera ajustes en la formulación para mantener la calidad textural del producto final, una proporción adecuada de sustitución podría ser beneficiosa, pero debe ser optimizada para no comprometer la estructura y la aceptabilidad del producto.

2.10.5 Balance de materia de la harina de zanahoria blanca.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el balance de materia de la pasta.

Figura 5. Balance de materia de la pasta



Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024)

$$A = B + D + F + G$$

$$9661.16 = 3701.31 + 2730.33 + 268.89 + 2960.63$$

$$9661.16 = 9661.16$$

En la figura 5 muestra el balance de materia en el que revela una serie de pérdidas y generación de subproductos a lo largo del proceso. A partir de los 9661.14 g de materia prima fresca, se obtuvo un rendimiento final de 1960.63g de harina, lo que equivale a aproximadamente un 20.3% del peso inicial. Este rendimiento es consistente con procesos de deshidratación y molienda en los que se espera una significativa reducción de peso debido a la alta pérdida de agua.

2.10.6 Evaluación de las propiedades funcionales de la pasta.

2.10.6.1 Tiempo de cocción

La Tabla 22 presenta los tiempos de cocción de la pasta por cada tratamiento realizado para las pastas de fideo tipo fettuccine con las distintas concentraciones de harina blanca y exacto de apio.

Tabla 22. Tiempo de cocción de las pastas

	Tiempo de cocción (min)	
	REPLICA1	REPLICA2
t₁	8,35	8,50
t₂	8,40	8,34
t₃	9,10	9,00
t₄	8,37	8,20
t₅	8,22	8,15
t₆	7,63	7,56
t₇	7,50	7,43
t₈	8,47	8,53
t₉	8,53	8,60
t_{control}	8,32	8,48

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

Se presenta los tiempos de cocción de la pasta registrados en las dos réplicas muestran variaciones durante el proceso de cocción. En la primera réplica, los tiempos oscilaron entre 7,50 min. y 9,10 min; en la segunda replica los tiempos fueron de 7,43 min a 9,00 min.

Los tiempos de cocción más cortos se observaron en los tratamientos t_7 , con valores de 7,50 y 7,43 min; esto se debe al porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca es alto, lo que afecta a la estructura de la pasta los tratamientos con mayor tiempo como el t_3 , alcanzando hasta 9,10 min en la primera réplica y 9,00 min. El tiempo de cocción del control fue relativamente consistente entre las réplicas, con 8,32 min en la primera y 8,48 min en la segunda. Estos resultados sugieren una variabilidad en los tiempos de cocción que puede estar influenciada por factores del proceso o las condiciones específicas a de cada réplica. Todos los tratamientos cumplen con el parámetro de cocción que cumplen de minutos presentando una buena consistencia un buen apelmazamiento.

2.10.6.1.1 Análisis de varianza tiempo de cocción

La Tabla 23 presenta un análisis de varianza (ANOVA) aplicado al tiempo de cocción de la pasta, evaluando la influencia de la sustitución de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca, el extracto seco de apio, y la interacción entre ambos factores:

Tabla 23 Análisis de varianza para tiempo de cocción

FUENTE DE VARIANZA	SC	GL	CM	F-valor	p-valor
Modelo corregido	3,82	9	0,424	74,53	<0,0001 *
Replica	1224,49	1	1224,49	215199,93	<0,0001 *
Sust. Harina	1,14	2	0,57	99,86	<0,0001 *
Extracto Apio	0,42	2	0,21	36,51	<0,0001 *
Sust. Harina* Extracto Apio	2,24	4	0,56	98,20	<0,0001 *
Error	0,057	10	0,01		
Total	1376,37	20			
C.V (%)	5,50				

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

El análisis de Anova muestra que la variabilidad entre réplicas tiene un valor muy alto de F (215199,93) con un p-valor <0,0001, lo que indica una diferencia estadísticamente

significativa entre las réplicas, sustitución de harina: tiene un F-valor de 99,86 y un p-valor $<0,0001$, lo que demuestra un efecto significativo de la sustitución de harina sobre el tiempo de cocción, interacción sustitución de harina * extracto de apio: el F-valor de 98,20 con un p-valor $<0,0001$ muestra que la interacción entre estos factores es significativa para el tiempo de cocción. Con respecto al coeficiente de variación el C.V. 5,50% indica una buena precisión en el experimento, ya que un C.V. bajo refleja una dispersión reducida en relación con la media.

Los resultados obtenidos en el ANOVA son consistentes con investigaciones previas que han evaluado el impacto de ingredientes alternativos en la cocción de pasta. (Padalino et al., 2013) demostraron que la incorporación de harinas vegetales altera significativamente el tiempo de cocción debido a la estructura modificada del gluten y la capacidad de absorción de agua. (Petitot et al., 2010) también encontraron que la adición de extractos vegetales cambia la textura y, por ende, los tiempos de cocción de las pastas.

La significancia estadística en esta fuente de variación sugiere que el tipo de harina influye en el tiempo de cocción. (Sissons, 2008) explica que las harinas con menor contenido de gluten o con diferentes propiedades reológicas pueden afectar la retención de agua y la estructura del gluten, alargando o acortando el tiempo de cocción.

Los componentes bioactivos y las fibras en el extracto de apio pueden modificar la estructura de la pasta, afectando su cocción. Según (Wood, 2009), los ingredientes ricos en fibra tienden a influir en la gelatinización del almidón y la textura de la pasta, alterando el tiempo requerido para alcanzar una cocción adecuada.

El análisis ANOVA muestra que tanto la sustitución de harina como el uso de extracto de apio tienen un efecto significativo en el tiempo de cocción de la pasta, lo cual respalda la Hipótesis Alternativa (H_1) y permite rechazar la Hipótesis Nula (H_0). Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que destacan cómo los ingredientes alternativos afectan no solo las propiedades nutricionales, sino también las características físicas de la pasta, como el tiempo de cocción (Padalino et al., 2013)

Según (Petitot et al., 2010) el tiempo de cocción es un parámetro crítico que influye en la calidad de la pasta desde una perspectiva sensorial y funcional. Una cocción más prolongada podría comprometer la textura deseada, mientras que una cocción más corta podría resultar en una pasta insuficientemente cocida. Esto refuerza la necesidad de equilibrar la formulación de la pasta para mantener tiempos de cocción óptimos, asegurando al mismo tiempo que se conservan o mejoran las propiedades nutricionales y sensoriales del producto final.

2.10.6.1.2 Intersección de porcentaje de sustitución

Los resultados de la Tabla 24 muestran cómo varía el tiempo de cocción promedio en función de la sustitución de harina de zanahoria blanca y el porcentaje de extracto de apio:

Tabla 24. Intersección de % de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio

Sustitución harina	Extracto Apio	Media	Desv.estandar
20%	3%	8,43	0,11
	5%	8,37	0,04
	8%	9,05	0,07
40%	3%	8,29	0,12
	5%	8,19	0,05
	8%	7,60	0,05
60%	3%	7,47	0,05
	5%	8,50	0,04
	8%	8,57	0,05
t_{control}	0%	8,40	0,11

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Se presenta los tiempos de cocción medios y las desviaciones estándar para distintas combinaciones de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio, comparados con un t_{control} sin sustituciones, cuyo tiempo de cocción es de 8,40 min. El

análisis se enfoca en identificar aquellas combinaciones que resultan en tiempos de cocción inferiores al del t_{control} . Los tratamientos t_4 (40% Harina, 3% Apio) y t_5 (40% Harina, 5% Apio) muestran tiempos de cocción de 8,29 y 8,19 min, respectivamente, ambos por debajo del t_{control} . Además, el tratamiento t_6 (40% Harina, 8% Apio) reduce el tiempo de cocción a 7,60 min, y t_7 (60% Harina, 3% Apio) lo disminuye aún más a 7,47 min, siendo este el más bajo registrado. Estos resultados sugieren que las combinaciones que incluyen un 40% de sustitución de harina con 8% de extracto de apio, o un 60% de harina con 3% de apio, son altamente efectivas para reducir el tiempo de cocción, lo cual es ventajoso para mantener la pasta dentro del rango óptimo de cocción para fideos tipo fettuccini, que oscila entre 8 a 10 min según estudios previos.

2.10.6.1.3 Prueba Tukey para tiempo de cocción

Tabla 25. Prueba de Tukey (Sustitución de Harina de Zanahoria Blanca)

Sustitución HZB	N	Media	Agrupación
40%	6	8,02	A
60%	6	8,18	A
0%	2	8,40	B
20%	6	8,62	C

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Se presenta los resultados de la tabla de Tukey para la variable de tiempo de cocción con respecto a la harina de zanahoria blanca, en la cual concluye que el mejor porcentaje de sustitución de harina es del 40%, de acuerdo a las propiedades funcionales realizadas a la pasta, con una media más baja al t_{control} de 8,02 min. Perteneciendo al grupo homogéneo A, por lo tanto, si existe diferencia significativa entre los tratamientos y el t_{control} en la variable tiempo de cocción. (Gordon, 2015) señala que el tiempo de cocción de fideos tipo fettuccine puede variar entre 8 y 10 min, siendo este rango adecuado para alcanzar una textura "al dente".

Tabla 26. Prueba de Tukey (Extracto de apio)

Extracto de Apio	N	Media	Agrupación
3%	6	8,06	A
5%	6	8,35	B
0%	2	8,40	B
8%	6	8,40	B

Fuente. Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Se presenta los resultados de la tabla de Tukey para la variable de tiempo de cocción con respecto al extracto de apio, en la cual concluye que el mejor porcentaje de extracto de apio 3%, de acuerdo a las propiedades funcionales realizadas a la pasta, con una media más baja al t_{control} de 8,02 min. Perteneciendo al grupo homogéneo A, por lo tanto, si existe diferencia significativa entre los tratamientos y el t_{control} en la variable tiempo de cocción. Tiene notorio cambio de color verde claro, con distintivo sabor a apio.

Tabla 27. Prueba de Tukey intersección de porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio

Factor A Sustitución de harina de Zanahoria Blanca	Factor B Extracto de Apio	Medias	N	Agrupación	
a ₂	b ₃	7,47	2	A	
a ₂	b ₁	7,60	2	A	
a ₁	b ₃	8,19	2	B	
a ₁	b ₂	8,29	2	B	C
a ₂	b ₂	8,37	2	B	C
t_{control}	t_{control}	8,40	2	B	C
a ₁	b ₁	8,43	2	B	C
a ₃	b ₁	8,50	2	C	
a ₃	b ₂	8,57	2	C	
a ₃	b ₃	9,05	2	D	

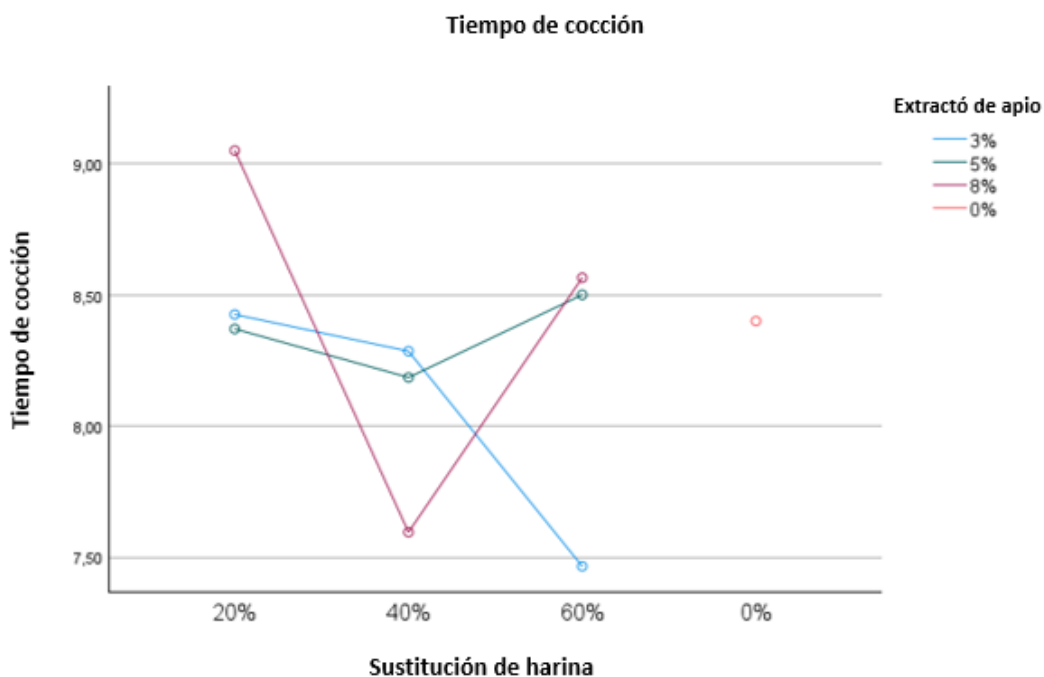
Fuente. Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

En la tabla se muestra que el tiempo de cocción más corto de los tratamientos a2b3 y a2b1 presentan los tiempos de cocción más cortos (7,47 y 7,60 minutos respectivamente), ambos clasificados en el grupo "A". Esto sugiere que estas combinaciones requieren menos tiempo para cocinarse completamente. A medida que se incrementa la sustitución de harina de zanahoria blanca, particularmente en el nivel a3, y se utiliza el extracto de apio, el tiempo de cocción tiende a aumentar. Por ejemplo, el tratamiento a3b3 tiene el tiempo de cocción más largo (9,05 minutos) y está clasificado en el grupo "D". Si se considera que el tiempo de cocción más corto es deseable, el tratamiento a2b3 (7,47 minutos) es el mejor, ya que tiene el tiempo de cocción más bajo y se encuentra en el grupo "A". Cuando hay una sustitución moderada de harina de zanahoria blanca (a2) y se utiliza el extracto de apio, se logra un tiempo de cocción más corto. Con altos niveles de sustitución (a3) y extracto de apio (b3), el tiempo de cocción aumenta significativamente, lo que podría deberse a la mayor resistencia a la cocción o a la mayor absorción de agua que requieren estas formulaciones.

2.10.6.1.4 Gráfica de tiempo de cocción

La Gráfica 1 muestra cómo varía el tiempo de cocción de la pasta en función de dos variables: el porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y el porcentaje de extracto de apio añadido:

Gráfica 1. Tiempo de cocción



Fuente. (Cabascango & Calvopiña, 2024).

La Gráfica 1 muestra que a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de harina, el tiempo de cocción no sigue una tendencia lineal. En cambio, varía dependiendo de la concentración del extracto de apio, a 0% de sustitución de harina, el tiempo de cocción es consistente, a 20% de sustitución, el tiempo de cocción disminuye para todas las concentraciones de extracto de apio excepto para el 5%, a 40% de sustitución, el tiempo de cocción disminuye notablemente en la concentración del 8%, mientras que las demás concentraciones mantienen valores relativamente estables, a 60% de sustitución, se observa un incremento en el tiempo de cocción para todas las concentraciones, excepto el 3%, a bajas concentraciones de extracto de apio (3% y 5%), el tiempo de cocción tiende a ser más bajo, especialmente con un 40% de sustitución de harina.

Extracto de apio al 8% presenta una disminución en el tiempo de cocción cuando se sustituye un 40% de la harina, pero un aumento significativo a 60% de sustitución, el extracto de apio al 0% muestra un tiempo de cocción más estable, pero se observa un

ligero incremento en comparación con otras concentraciones de extracto.

El comportamiento observado puede deberse a cómo la estructura de la masa se ve afectada por la sustitución de harina y la adición del extracto de apio. La reducción en el tiempo de cocción con un mayor porcentaje de sustitución de harina podría estar relacionada con una menor densidad de la masa o cambios en la absorción de agua, lo que facilita una cocción más rápida.

Por otro lado, el aumento en el tiempo de cocción a niveles más altos de sustitución podría deberse a la formación de una estructura más densa o a la interacción entre los componentes del extracto de apio y los almidones de la harina. Estudios han mostrado que la adición de extractos vegetales puede alterar la gelatinización del almidón y la formación de redes de gluten, lo que afecta el tiempo de cocción (Rosell, 2014).

2.10.6.2 Porcentaje de hinchamiento

La Tabla 28 muestra el porcentaje de hinchamiento de las pastas bajo diferentes tratamientos en comparación con un control:

Tabla 28. Porcentaje de hinchamiento de las pastas

Porcentaje de hinchamiento (%)		
	Replica 1	Replica 2
t₁	27,18	28,66
t₂	27,78	26,88
t₃	29,19	28,38
t₄	39,43	38,82
t₅	41,03	47,59
t₆	40,62	40,99
t₇	48,71	49,20
t₈	48,59	47,40
t₉	69,23	67,69
t_{control}	20,41	20,34

Fuente. (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Se observa que el t_{control} , con un porcentaje de hinchamiento de 20,41% en la réplica 1 y 20,34% en la réplica 2, presenta el menor hinchamiento, indicando una pasta con menor absorción de agua y, por lo tanto, una estructura más firme y compacta. Por otro lado, los tratamientos con 20% de sustitución de harina de zanahoria blanca (t_1 , t_2 , t_3) muestran un porcentaje de hinchamiento que varía entre 26,88% y 29,19%, lo que representa un aumento moderado en comparación con el t_{control} . Este aumento sugiere que la adición de harina de zanahoria blanca incrementa la absorción de agua, resultando en una pasta ligeramente más blanda. En los tratamientos con 40% de sustitución de harina de zanahoria blanca (t_4 , t_5 , t_6), el porcentaje de hinchamiento aumenta significativamente, oscilando entre 38,82% y 47,59%. Este incremento indica que una mayor sustitución de harina está asociada con una absorción de agua mucho mayor, lo cual puede llevar a una pasta más blanda y potencialmente menos estructurada. Finalmente, los tratamientos con 60% de sustitución de harina de zanahoria blanca (t_7 , t_8 , t_9) muestran los valores más altos de hinchamiento, que van desde 47,40% hasta 69,23%. Especialmente

en el caso de t_9 , el alto porcentaje de hinchamiento sugiere que una alta proporción de sustitución conduce a una pasta con una absorción de agua considerable, lo que podría resultar en una textura demasiado blanda e inadecuada para mantener la integridad estructural deseada en la pasta.

2.10.6.2.1 Análisis de varianza de porcentaje de hinchamiento

La Tabla 29 presenta un análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de hinchamiento de las pastas, considerando varios factores y sus interacciones. A continuación:

Tabla 29. Análisis de varianza para % de hinchamiento

FUENTE DE VARIANZA	SC	GL	CM	F-valor	p-valor
Modelo corregido	3575,83	9	397,32	155,32	<0,0001 *
Réplica	24567,49	1	24567,49	9590,72	<0,0001 *
Sust. Harina	2207,40	2	1103,70	430,87	<0,0001 *
Extracto Apio	186,34	2	93,17	36,37	<0,0001 *
Sust. Harina* Extracto Apio	377,25	4	94,31	36,82	<0,0001 *
Error	25,62	10	2,56		

Total	34658,11 20
C.V (%)	4,06

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

El análisis de Anova muestra que la intersección presenta un F-valor extremadamente alto (9590,72) con un p-valor $<0,0001$, indicando un efecto significativo y fuerte sobre el porcentaje de hinchamiento, sustitución de harina: con un F-valor de 430,87 y un p-valor $<0,0001$, la sustitución de harina influye significativamente en el hinchamiento de la pasta, el extracto de apio: Este factor también es significativo, con un F-valor de 36,37 y un p-valor $<0,0001$, interacción entre sustitución de harina y extracto de apio: La interacción es estadísticamente significativa con un F-valor de 36,82 y un p-valor $<0,0001$, lo que sugiere que los efectos combinados de estos factores afectan el hinchamiento. Con respecto al C.V. de 4,06% indica que el experimento tuvo una variabilidad relativamente baja, lo que refleja la precisión de los datos.

El porcentaje de hinchamiento es una propiedad funcional que puede verse afectada por la composición de los ingredientes. (Marti et al., 2013) indican que las harinas alternativas, como la harina de zanahoria, tienden a absorber más agua, lo que podría incrementar el hinchamiento. (Sissons et al., 2008) también han reportado que las harinas sin gluten o con bajo contenido en gluten suelen mostrar un comportamiento diferente en cuanto a la retención de agua y el hinchamiento durante la cocción.

La significancia de este factor podría estar relacionada con las diferencias en la composición proteica y la capacidad de retención de agua entre la sémola de trigo y la harina de zanahoria blanca. (Wood, 2009) sugiere que la capacidad de retención de agua de las harinas alternativas puede modificar el hinchamiento de las pastas, afectando la textura y otras propiedades funcionales. La significancia del extracto de apio puede estar vinculada a su contenido de fibra, que también influye en la retención de agua y, por ende, en el hinchamiento de la pasta. (Petitot et al., 2010) encontraron que la adición de componentes vegetales ricos en fibra puede alterar significativamente las propiedades reológicas de la pasta.

El análisis ANOVA confirma que tanto la sustitución de harina como la adición de extracto de apio influyen significativamente en el porcentaje de hinchamiento de la pasta, lo que lleva a la aceptación de la Hipótesis Alternativa (H_1) y al rechazo de la Hipótesis Nula (H_0).

El hinchamiento es una propiedad crucial que afecta la textura y la calidad final de la pasta. (Marti et al., 2013) han destacado que un mayor hinchamiento puede estar asociado con una textura más suave, pero también puede llevar a una pasta menos firme, lo que podría no ser deseable dependiendo del tipo de producto final. Este resultado subraya la importancia de la selección de ingredientes y su proporción en la formulación de la pasta para obtener el equilibrio deseado entre textura, tiempo de cocción y otras propiedades funcionales.

2.10.6.2.2 Intersección de % de sustitución

Tabla 30. Intersección de % de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio

Sustitución harina	Extracto Apio	Media	Desv.estandar
20%	3%	27,92	1,05
	5%	27,33	0,64
	8%	28,79	0,57
40%	3%	39,13	0,43
	5%	44,31	4,64
	8%	40,81	0,26
60%	3%	48,96	0,35
	5%	48,00	0,84
	8%	68,46	1,09
$t_{control}$	0%	20,38	0,05

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

La Tabla 30 muestra los porcentajes de hinchamiento de las pastas con diferentes niveles de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio, en comparación con un control sin sustitución. El control presenta el menor porcentaje de hinchamiento con

20,38%, lo que indica una absorción mínima de agua y una estructura más firme. En contraste, los tratamientos con 60% de sustitución de harina (t_7 , t_8 , t_9) muestran los mayores porcentajes de hinchamiento, con valores que alcanzan hasta 68,46% en t_9 , indicando una absorción de agua significativamente mayor y una posible tendencia a una textura más blanda y menos firme. Los tratamientos con 40% de sustitución (t_4 , t_5 , t_6) también presentan incrementos notables en el hinchamiento, con valores que varían entre 39,13% y 44,31%, lo que sugiere que a medida que se incrementa la sustitución de harina de zanahoria blanca, la capacidad de absorción de agua aumenta, afectando la textura final de la pasta. Este comportamiento es consistente con estudios previos, como el de (Brennan et al., 2016), quienes encontraron que la incorporación de harinas alternativas en pastas puede aumentar el porcentaje de hinchamiento debido a la mayor capacidad de estas harinas para retener agua. Además, según (López et al., 2020), pastas con altos porcentajes de hinchamiento tienden a mostrar una textura menos firme y más propensa a la desintegración, lo que debe ser considerado al formular productos de pasta con harinas no convencionales. Por lo tanto, los valores superiores al control observados en esta tabla sugieren que la formulación con altos porcentajes de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio podría no ser ideal si se busca una pasta con textura firme y baja absorción de agua.

2.10.6.2.3 Prueba Tukey para porcentaje de hinchamiento

Tabla 31. Prueba de Tukey (Sustitución de Harina de Zanahoria Blanca)

Sustitución HZB	N	Media	Agrupación
0%	2	20,38	A
20%	6	28,01	B
40%	6	41,41	C
60%	6	55,14	D

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

En la Tabla 31 se presentan los resultados de la prueba de Tukey para la variable de porcentaje de hinchamiento con respecto a la sustitución de harina de zanahoria blanca. Los resultados indican que el mejor tratamiento es el t_4 (40% de sustitución de harina),

que pertenece al grupo homogéneo C con una media de 41,41%. Aunque este valor de hinchamiento es más alto que el control (20,38%), se considera óptimo dentro de las formulaciones evaluadas, ya que combina un aumento moderado en la absorción de agua sin llegar a los niveles excesivos de hinchamiento observados en los tratamientos con 60% de sustitución. Este comportamiento sugiere que el 40% de sustitución de harina es el más adecuado, logrando un equilibrio entre la absorción de agua y la estructura de la pasta, lo que lo posiciona como el tratamiento óptimo para obtener una pasta con características funcionales deseables. Según estudios previos, un incremento moderado en el porcentaje de hinchamiento puede ser beneficioso para mejorar ciertas propiedades sensoriales de la pasta, siempre y cuando no se exceda el umbral que comprometa su integridad estructural. Por lo tanto, t_4 es el tratamiento recomendado, ya que ofrece un buen balance en las propiedades funcionales sin las desventajas asociadas con un hinchamiento excesivo.

Tabla 32. Prueba de Tukey (Extracto de apio)

Extracto de Apio	N	Media	Agrupación
0%	2	20,38	A
3%	6	38,67	B
5%	6	39,88	B
8%	6	46,02	C

Fuente. Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

En la Tabla 32 se presentan los resultados de la prueba de Tukey para la variable de porcentaje de hinchamiento con respecto al nivel de extracto de apio. Se observa que los tratamientos con 3% y 5% de extracto de apio (t_4 pertenece al grupo de 3%) forman parte del grupo homogéneo B, con medias de 38,67% y 39,88%, respectivamente. Estos valores son significativamente superiores al control, que tiene una media de 20,38% y pertenece al grupo A. El tratamiento con 8% de extracto de apio, sin embargo, pertenece al grupo C con la media más alta de 46,02%, lo que indica un mayor porcentaje de hinchamiento. El tratamiento que presente un aumento controlado del porcentaje de hinchamiento, el tratamiento t_4 (40% de sustitución de harina con 3% de extracto de apio) es óptimo.

Pertenece al grupo B, lo que sugiere que hay un aumento significativo pero manejable en el hinchamiento, lo que contribuye a mejorar la textura de la pasta sin comprometer su integridad estructural. Este comportamiento es consistente con lo observado en estudios donde niveles moderados de aditivos en la formulación de pastas contribuyen a mejorar propiedades funcionales sin los efectos adversos que se observan a niveles más altos. Por lo tanto, t4 se considera el tratamiento más adecuado en este contexto, equilibrando el incremento de hinchamiento con una estructura final deseable.

Tabla 33. Prueba de Tukey intersección de porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio

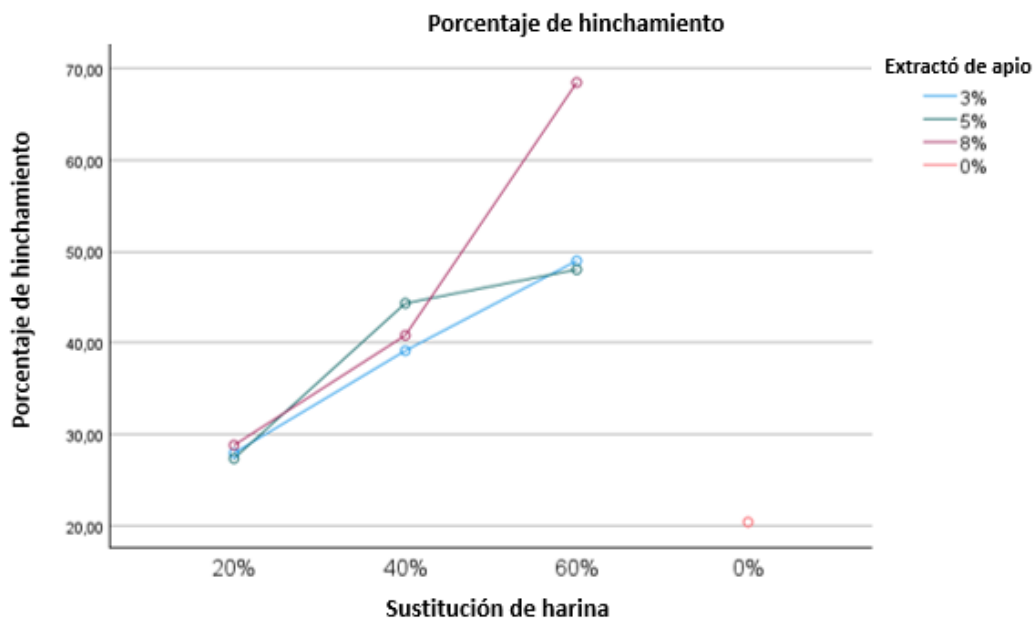
Factor A Sustitución de harina de Zanahoria Blanca	Factor B Extracto de Apio	Medias	N	Agrupación	
tcontrol	tcontrol	20,38	2	A	
a1	b2	27,33	2	A	
a1	b1	27,92	2	A	
a1	b3	28,79	2	A	
a2	b1	39,13	2	B	
a2	b3	40,81	2	B	
a2	b2	44,31	2	B	C
a3	b2	48,00	2	C	
a3	b1	48,96	2	C	
a3	b3	68,46	2	D	

Fuente. Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

En la tabla se presenta los siguientes resultados la combinación del control para ambos factores (sin sustitución y sin extracto de apio) tiene la media más baja de hinchamiento (20,38), clasificada en el grupo "A". A medida que se incrementa el porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y el porcentaje de extracto de apio, se observa un incremento en el porcentaje de hinchamiento. Esto se puede notar en las medias de los tratamientos que incluyen los niveles a3 (48,96 y 68,46 para b1 y b3, respectivamente), que se encuentran en los grupos "C" y "D", lo que indica que son significativamente diferentes y más altos que las combinaciones con menores porcentajes de sustitución. El tratamiento a2b3 (sustitución a2 y

extracto b3) presenta una media de hinchamiento de 40,81, lo cual es significativamente superior a muchos otros tratamientos (clasificado en el grupo "B"), pero no es el mejor en términos absolutos. Sin embargo, si consideramos un equilibrio entre un aumento del hinchamiento sin alcanzar valores excesivos, este podría ser un tratamiento óptimo. Aun así, el tratamiento con la media más alta (a3b3) podría considerarse el mejor si el objetivo es maximizar el hinchamiento. El incremento en la sustitución de harina de zanahoria blanca y en el porcentaje de extracto de apio tiende a incrementar el porcentaje de hinchamiento de la pasta. Esto sugiere que ambos ingredientes contribuyen a una mayor absorción de agua, posiblemente debido a sus propiedades hidrofílicas. Sin embargo, el tratamiento óptimo dependerá del objetivo deseado en términos de textura y calidad del producto final. El tratamiento a2b3 puede ser ideal si se busca un equilibrio entre hinchamiento y otros factores de calidad, mientras que el tratamiento a3b3 maximiza el hinchamiento.

Gráfica 2. Porcentaje de hinchamiento



Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La En la tabla se presenta los siguientes resultados la combinación del control para ambos

factores (sin sustitución y sin extracto de apio) tiene la media más baja de hinchamiento (20,38), clasificada en el grupo "A". A medida que se incrementa el porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y el porcentaje de extracto de apio, se observa un incremento en el porcentaje de hinchamiento. Esto se puede notar en las medias de los tratamientos que incluyen los niveles a3 (48,96 y 68,46 para b1 y b3, respectivamente), que se encuentran en los grupos "C" y "D", lo que indica que son significativamente diferentes y más altos que las combinaciones con menores porcentajes de sustitución. El tratamiento a2b3 (sustitución a2 y extracto b3) presenta una media de hinchamiento de 40,81, lo cual es significativamente superior a muchos otros tratamientos (clasificado en el grupo "B"), pero no es el mejor en términos absolutos. Sin embargo, si consideramos un equilibrio entre un aumento del hinchamiento sin alcanzar valores excesivos, este podría ser un tratamiento óptimo. Aun así, el tratamiento con la media más alta (a3b3) podría considerarse el mejor si el objetivo es maximizar el hinchamiento. El incremento en la sustitución de harina de zanahoria blanca y en el porcentaje de extracto de apio tiende a incrementar el porcentaje de hinchamiento de la pasta. Esto sugiere que ambos ingredientes contribuyen a una mayor absorción de agua, posiblemente debido a sus propiedades hidrofílicas. Sin embargo, el tratamiento óptimo dependerá del objetivo deseado en términos de textura y calidad del producto final. El tratamiento a2b3 puede ser ideal si se busca un equilibrio entre hinchamiento y otros factores de calidad, mientras que el tratamiento a3b3 maximiza el hinchamiento.

Gráfica 2 presentada muestra la relación entre el porcentaje de hinchamiento y la sustitución de harina en presencia de diferentes concentraciones de extracto de apio (0%, 3%, 5% y 8%). A medida que se incrementa la sustitución de harina, se observa una tendencia general de aumento en el porcentaje de hinchamiento, aunque la magnitud de este incremento varía según la concentración de extracto de apio.

Cuando no se utiliza extracto de apio (0%), el porcentaje de hinchamiento aumenta de manera más significativa con la sustitución de harina, alcanzando un máximo cercano al 70% en el 60% de sustitución. Esto sugiere que la falta de extracto de apio podría estar

permitiendo una mayor absorción de agua, lo que se traduce en un mayor hinchamiento. Por el contrario, cuando se añaden concentraciones de 3% y 5% de extracto de apio, el porcentaje de hinchamiento es menor en comparación con el 0%, lo que indica que el extracto podría estar interfiriendo con la capacidad de absorción de agua de la matriz, reduciendo así el hinchamiento.

El extracto de apio al 8% muestra una tendencia similar a la de concentraciones más bajas, pero con un incremento más acentuado en el porcentaje de hinchamiento a medida que se incrementa la sustitución de harina. Esto podría explicarse por una posible interacción entre los compuestos bioactivos del apio y los componentes de la harina, que afecta la estructura y las propiedades de hinchamiento de la matriz.

Este comportamiento puede estar relacionado con estudios previos donde se sugiere que la incorporación de extractos vegetales en formulaciones con harina puede alterar la capacidad de retención de agua y, por ende, el hinchamiento, debido a interacciones entre los polisacáridos de la harina y los compuestos fenólicos presentes en los extractos (Ahmed et al., 2020).

2.10.6.3 Grado de desintegración

La Tabla 32 muestra el porcentaje de desintegración de las pastas:

Tabla 34. Grado de desintegración de las pastas

Grado de desintegración (%)		
	Réplica 1	Réplica 2
t₁	18,5	21
t₂	20,5	23
t₃	21,5	23,5
t₄	17	19,5
t₅	20,5	24,5
t₆	22,5	23,5
t₇	18,5	19,5

t_8	21	23
t_9	21,5	22,5
$t_{control}$	11,5	14

Fuente. Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Según datos mostrados en la Tabla 34, el control presenta 11,5% en la réplica 1 y 14% en la réplica 2, el menor grado de desintegración, lo que sugiere que la pasta tiene una mayor resistencia a desintegrarse durante la cocción, manteniendo una estructura más firme y cohesiva. Estos tratamientos t_1 , t_2 , t_3 (20% de Harina de Zanahoria Blanca), que varían entre 18,5% y 23,5% muestran un aumento moderado en la desintegración en comparación con el control, lo que indica una menor resistencia de la pasta a la desintegración durante la cocción, posiblemente debido a la mayor absorción de agua y a la estructura menos compacta. A medida que aumenta la sustitución de harina en los tratamientos t_4 , t_5 , t_6 (40% de Harina de Zanahoria Blanca) que oscila entre 17% y 24,5%, el porcentaje de desintegración tiende a aumentar, alcanzando un pico en t_6 con 24,5%. Esto sugiere que una mayor sustitución de harina de zanahoria blanca puede llevar a una pasta más propensa a desintegrarse, debido a una estructura menos estable.

Aunque estos tratamientos t_7 , t_8 , t_9 (60% de Harina de Zanahoria Blanca) varía entre 18,5% y 22,5% también muestran un mayor grado de desintegración que el control, t_7 con 18,5% tiene un valor relativamente bajo en comparación con t_6 , lo que indica una ligera recuperación en la resistencia de la pasta a desintegrarse.

El grado de desintegración aumenta con la sustitución de harina de zanahoria blanca, siendo más pronunciado en los tratamientos con 60% de sustitución. El control, con la menor desintegración, indica que la pasta elaborada solo con sémola de trigo mantiene mejor su integridad estructural durante la cocción. Los tratamientos con 40% y 60% de sustitución ofrecen un compromiso, mostrando un aumento moderado en la desintegración, lo que podría ser aceptable dependiendo del objetivo de la formulación. Sin embargo, tratamientos con mayores niveles de sustitución, especialmente t_5 , presentan un alto grado de desintegración, lo que podría ser indeseable en la producción de pasta que necesita mantener una buena estructura después de la cocción.

2.10.6.3.1 Análisis de varianza para grado de desintegración

La Tabla 35 presenta los resultados de un análisis de varianza (ANOVA) para el grado de desintegración de las pastas:

Tabla 35. Análisis de varianza para grado de desintegración

FUENTE DE VARIANZA	SC	GL	CM	F-valor	p-valor
Modelo corregido	176,05	9	19,56	7,52	0,02
Réplica	6732,04	1	6732,04	2589,24	0,002
Sust. Harina	0,36	2	0,18	0,07	<0,0001 *
Extracto Apio	43,86	2	21,93	8,44	0,933
Sust. Harina*	3,47	4	0,87	0,33	0,007
Extracto Apio					
Error	26,00	10	2,60		0,849
Total	8484,50	20			
C.V (%)	7,92%				

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

El análisis de Anova muestra que tiene un F-valor muy alto de 2589,24 con un p-valor de 0,002, lo que indica una significancia estadística alta en la desintegración de la pasta, sustitución de harina: a pesar de tener un F-valor bajo de 0,07, su p-valor es <0,0001, lo que indica que este factor tiene un impacto significativo en el grado de desintegración de la pasta, extracto de apio: aunque tiene un F-valor de 8,44, su p-valor es 0,933, lo que sugiere que este factor no es significativamente influyente en la desintegración de la pasta, interacción entre sustitución de harina y extracto de apio: tiene un F-valor bajo de 0,33, con un p-valor de 0,007, lo que indica que la interacción tiene un efecto significativo. Con respecto al C.V. de 7,92% muestra una variabilidad moderada en los resultados, lo cual es aceptable para este tipo de estudios.

(Bustillo et al., 2015) han señalado que la composición de la harina tiene un impacto directo en la cohesión y estructura de la pasta, lo que afecta su grado de desintegración. (Wood, 2009) también observó que las pastas elaboradas con harinas alternativas suelen

tener una menor integridad estructural debido a la diferente composición proteica y la menor formación de gluten, lo cual puede llevar a una mayor desintegración durante la cocción.

Sustitución de harina: Aunque el F-valor es bajo, el p-valor significativo indica que incluso pequeñas variaciones en la composición de la harina pueden afectar notablemente la desintegración de la pasta. (Marti et al., 2013) sostienen que la falta de gluten en harinas alternativas puede llevar a una pasta menos cohesiva y, por ende, más susceptible a la desintegración.

Extracto de Apio: Este factor no mostró un impacto significativo en la desintegración, lo que podría sugerir que su efecto es más sutil y no suficiente para influir en la integridad estructural de la pasta (Petitot et al., 2010) mencionaron que la fibra vegetal añadida no siempre afecta la cohesión de la pasta, dependiendo de su concentración y de la matriz en la que se encuentra.

El análisis ANOVA indica que la sustitución de harina tiene un impacto significativo en el grado de desintegración de la pasta, lo que lleva a aceptar la Hipótesis Alternativa (H_1) y rechazar la Hipótesis Nula (H_0) en cuanto a este factor. Sin embargo, el extracto de apio, como un factor independiente, no mostró un efecto significativo en este contexto.

El grado de desintegración de la pasta durante la cocción es crucial para la calidad del producto final. (Bustillo et al., 2015) subrayan que una mayor desintegración puede resultar en una pérdida de textura deseada, lo que puede comprometer la aceptación del producto por parte del consumidor. Este estudio confirma que la elección de la harina y su formulación en la mezcla son críticas para mantener la integridad estructural de la pasta, especialmente cuando se emplean ingredientes alternativos como la harina de zanahoria blanca.

2.10.6.3.2 Intersección de % de sustitución

La Tabla 36 muestra la intersección del porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio en relación con el grado de desintegración de las pastas:

Tabla 36. Intersección de % de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio

Sustitución harina	Extracto Apio	Media	Desv.estandar
20%	3%	19,75	1,77
	5%	21,75	1,77
	8%	22,50	1,41
40%	3%	18,25	1,77
	5%	22,50	2,83
	8%	23,00	0,71
60%	3%	19,00	0,71
	5%	22,00	1,41
	8%	22,00	0,71
t _{control}	0%	12,75	1,77

Fuente. Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Según como esta expresado en la tabla como la media del porcentaje de desintegración. El control (t_{control}) muestra el valor más bajo de desintegración con una media de 12,75%, lo que indica una pasta con una alta resistencia a desintegrarse durante la cocción, manteniendo su estructura y cohesión. En comparación, los tratamientos con sustitución de harina y extracto de apio presentan valores superiores, siendo t₄ (40% harina, 3% apio) y t₁ (20% harina, 3% apio) los tratamientos con desintegraciones relativamente bajas de 18,25% y 19,75%, respectivamente. Sin embargo, estos valores aún son superiores al control, lo que sugiere que la adición de harina de zanahoria blanca y extracto de apio incrementa la tendencia a la desintegración.

Los tratamientos con niveles más altos de sustitución y extracto (como t₃ y t₉) muestran mayores valores de desintegración, lo que indica una estructura menos estable de la pasta, alineándose con lo reportado por (Brennan et al., 2007), quienes encontraron que la adición de ingredientes ricos en fibra, como la harina de zanahoria, tiende a debilitar la matriz de gluten, aumentando la desintegración de la pasta durante la cocción. De manera similar, (Wood, 2009) mencionó que altos niveles de sustitución de harinas alternativas

pueden conducir a una reducción en la integridad estructural de las pastas.

Aunque algunos tratamientos con sustitución de harina de zanahoria blanca muestran un incremento moderado en el grado de desintegración, ninguno de ellos logra igualar la resistencia del control. Esto sugiere que, si bien la incorporación de harina de zanahoria blanca y extracto de apio puede mejorar ciertos aspectos nutricionales, es probable que comprometa la estructura física de la pasta, lo que podría afectar negativamente la calidad final del producto.

2.10.6.3.3 Prueba Tukey para grado de desintegración

En la Tabla 37 se presentan los resultados de la prueba de Tukey para la variable de grado de desintegración con respecto a la sustitución de harina de zanahoria blanca:

Tabla 37. Prueba de Tukey (Sustitución de Harina de Zanahoria Blanca)

Sustitución HZB	N	Media	Agrupación
0%	2	12,75	A
60%	6	21,00	B
40%	6	21,25	B
20%	6	21,33	B

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Se observa que el tratamiento t_4 (40% de sustitución de harina) pertenece al grupo homogéneo B, al igual que los tratamientos con 20% y 60% de sustitución de harina, con medias de 21,25% para t_4 , 21,33% para t_2 (20% harina) y 21,00% para t_7 (60% harina). Aunque todos estos tratamientos presentan un mayor grado de desintegración que el control, que tiene una media de 12,75% y pertenece al grupo A, el tratamiento t_4 se destaca como una opción óptima.

Este tratamiento equilibra un aumento en el grado de desintegración que, aunque superior al control, sigue siendo manejable y comparable a otros niveles de sustitución. Además, al pertenecer al grupo B, se muestra que hay una diferencia significativa entre t_4 y el

control en términos de desintegración, pero esta diferencia es similar a la observada con otras formulaciones que también pertenecen al mismo grupo homogéneo.

En la Tabla 36 se presentan los resultados de la prueba de Tukey para la variable de grado de desintegración con respecto al nivel de extracto de apio:

Tabla 38. Prueba de Tukey (Extracto de apio)

Extracto de Apio	N	Media	Agrupación
0%	2	12,75	A
3%	6	19,00	B
5%	6	22,08	B C
8%	6	22,50	C

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

Se observa que el tratamiento t_4 (40% de sustitución de harina, 3% de extracto de apio) pertenece al grupo homogéneo B junto con los tratamientos que tienen 5% y 8% de extracto de apio. La media de desintegración de t_4 es de 19,00%, lo que sugiere que este tratamiento presenta una desintegración significativamente superior al control, que tiene una media de 12,75% y pertenece al grupo A.

A pesar de que los niveles más altos de extracto de apio (5% y 8%) muestran una mayor desintegración, lo que los coloca en los grupos B C y C, el tratamiento t_4 sigue siendo una opción óptima. Este tratamiento logra un equilibrio entre el grado de desintegración y la integridad estructural de la pasta, lo que es fundamental para mantener la calidad del producto final. La agrupación en el grupo B indica que hay una diferencia significativa entre t_4 y el control, pero no tanto como para que el tratamiento sea menos deseable en comparación con los tratamientos con mayor porcentaje de extracto de apio.

Tabla 39. Prueba de Tukey intersección de porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio

Factor A Sustitución de harina de Zanahoria Blanca	Factor B Extracto de Apio	Medias	N	Agrupación
tcontrol	tcontrol	12,75	2	A

a2	b1	18,25	2	B	C
a3	b1	19	2	B	C
a1	b1	19,75	2		C
a1	b2	21,75	2		C
a3	b3	22,00	2		C
a3	b2	22,00	2		C
a1	b3	22,50	2		C
a2	b2	22,50	2		C
a2	b3	23,00	2		C

Fuente: Autores (Cabascango & Calvopiña, 2024).

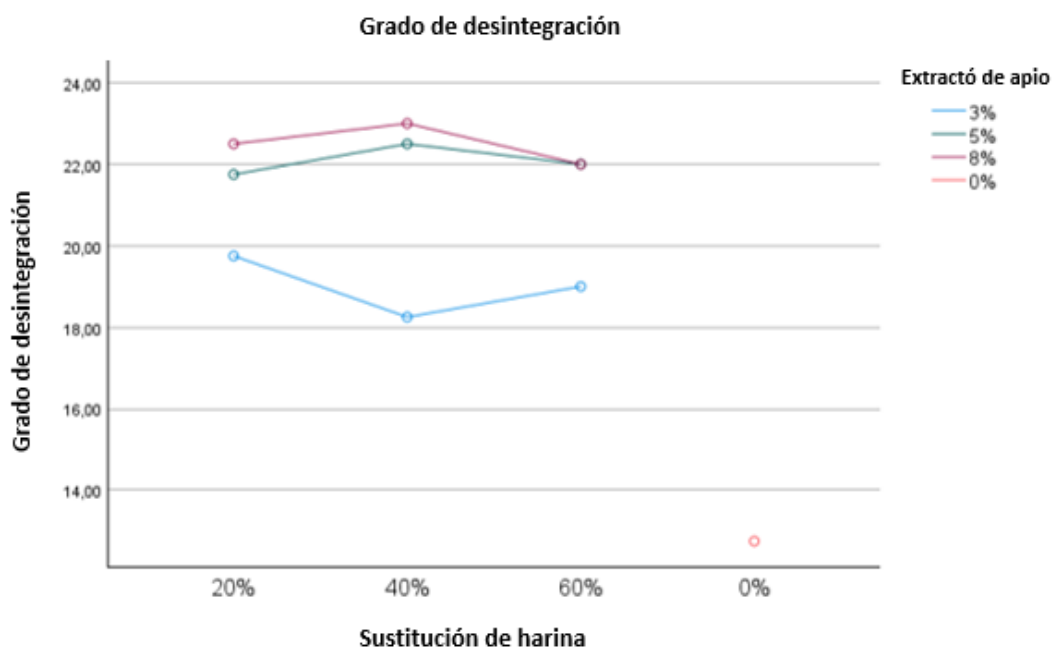
La tabla presentada muestra los resultados de una Prueba de Tukey que analiza la intersección entre el porcentaje de sustitución de harina de zanahoria blanca (Factor A) y el porcentaje de extracto de apio (Factor B) en diferentes tratamientos.

El tratamiento sin sustitución de harina de zanahoria blanca ni adición de extracto de apio (control) tiene la media más baja (12,75), lo que indica que este tratamiento presenta el menor grado de desintegración y es significativamente diferente (menos favorable) en comparación con otros tratamientos. Los tratamientos con mayores porcentajes de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio, como (a2, b3) con una media de 23,00, tienden a tener mayores grados de desintegración. Esto indica que mientras aumentan estos porcentajes, también lo hace el grado de desintegración, lo que puede afectar la integridad estructural de la pasta. El grado de desintegración del producto parece aumentar con mayores porcentajes de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio. A medida que se incrementa el porcentaje de sustitución, la estructura del gluten en la pasta puede debilitarse, resultando en una mayor fragilidad y desintegración durante la cocción. La adición de extracto de apio, que puede tener propiedades de absorción de agua, también contribuye al aumento del grado de desintegración. A niveles moderados, como en el tratamiento (a1, b2), el extracto de apio puede equilibrar la desintegración, pero en niveles más altos, puede resultar en una estructura más quebradiza.

El grado de desintegración puede verse afectado por la composición de la pasta, que cambia según los porcentajes de sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de

apio. Es probable que; aumenta la sustitución puede afectar la estructura del gluten en la pasta, haciéndola más frágil y reduciendo el tiempo de cocción necesario. Sin embargo, esto depende del nivel de sustitución. En el mejor tratamiento (a1, b2), un bajo nivel de sustitución ayuda a mantener una buena integridad estructural que posiblemente requiere un tiempo de cocción moderado. Un mayor porcentaje de extracto de apio puede aumentar el contenido de fibra y otros componentes que absorben agua, lo que podría aumentar ligeramente el tiempo de cocción.

Gráfica 3. Grado de desintegración



Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

Esta Gráfica 3 muestra el grado de desintegración en función del porcentaje de sustitución de harina y la concentración de extracto de apio (3%, 5%, 8%, y 0%).

A 20% de sustitución de harina, el grado de desintegración es relativamente alto y consistente entre las concentraciones de extracto de apio, con un ligero aumento al 5%. A 40% de sustitución, se observa una disminución en el grado de desintegración, especialmente para la concentración de 3%. Las demás concentraciones muestran un leve

incremento, especialmente el extracto de apio al 5%. A 60% de sustitución, el grado de desintegración se mantiene más alto, especialmente para el extracto de apio al 3%, mientras que para las concentraciones de 5% y 8%, el grado de desintegración disminuye ligeramente. En ausencia de extracto de apio (0%), el grado de desintegración disminuye de forma notable.

El extracto de apio al 3% muestra una disminución notable en el grado de desintegración a 40% de sustitución, pero aumenta nuevamente a 60% de sustitución. El extracto de apio al 5% parece mantener un grado de desintegración más alto y consistente, con un pico a 40% de sustitución. El extracto de apio al 8% sigue una tendencia similar al de 5%, pero con una ligera disminución a 60% de sustitución.

La ausencia de extracto de apio (0%) muestra un grado de desintegración significativamente bajo en comparación con las demás concentraciones.

El grado de desintegración puede estar influenciado por varios factores, incluyendo la cantidad de fibra y los componentes estructurales que se agregan al sustituir la harina con otros ingredientes. La fibra y los componentes del extracto de apio pueden afectar la integridad estructural de la masa, lo que lleva a variaciones en la desintegración.

Según (Rosell et al., 2001) el aumento en el grado de desintegración a concentraciones más bajas de sustitución de harina podría deberse a la mayor cohesión de la matriz del gluten, que se debilita a medida que se aumenta la sustitución de harina. Sin embargo, la adición de extracto de apio podría estar compensando esta pérdida de estructura, especialmente en concentraciones intermedias (5% y 8%).

Estudios previos han demostrado que la incorporación de ingredientes ricos en fibra puede mejorar la integridad de la masa, reduciendo así la desintegración (Gómez et al., 2010). El efecto específico del extracto de apio podría estar relacionado con la interacción de sus componentes con el gluten y otros elementos estructurales de la masa.

2.10.6.4 Selección del mejor tratamiento en base a las propiedades funcionales de la pasta de fideo tipo fettuccine.

El tratamiento 4 (t_4), que consiste en un 40% de sustitución de harina de zanahoria blanca y un 3% de extracto de apio, fue elegido como el mejor tratamiento en función de las propiedades funcionales de la pasta, debido a su capacidad para equilibrar varios factores clave que afectan la calidad final del producto.

Tiempo de Cocción: El tratamiento t_4 mostró un tiempo de cocción moderado de 8,29 min, lo que es ligeramente inferior al tiempo de cocción del t_{control} (8,40 min). Este valor se encuentra dentro del rango óptimo de 8 a 12 min recomendado para pastas tipo fettuccine, asegurando así una textura adecuada y una calidad "al dente". La reducción del tiempo de cocción en comparación con el t_{control} puede ser beneficiosa, ya que evita que la pasta se cocine en exceso, manteniendo su firmeza.

Porcentaje de Hinchamiento: En cuanto al porcentaje de hinchamiento, t_4 presentó un aumento moderado en la absorción de agua con una media de 39,13% en comparación con el control (20,38%). Aunque este valor es superior al control, sigue siendo manejable y no alcanza los niveles extremos observados en tratamientos con mayor porcentaje de sustitución de harina. Este equilibrio es crucial, ya que un mayor porcentaje de hinchamiento puede mejorar la textura de la pasta sin comprometer su integridad estructural. Según estudios previos, como los realizados por (Tudorica, 2007), un incremento controlado en el porcentaje de hinchamiento puede ser beneficioso para la calidad sensorial de la pasta, siempre y cuando no se exceda un cierto umbral.

Grado de Desintegración: El tratamiento t_4 también mostró un grado de desintegración relativamente bajo de 17% en la primera réplica y 19,5% en la segunda, lo que sugiere que la pasta mantiene una buena integridad estructural durante la cocción. Aunque la desintegración es mayor que la del control (11,5% y 14%), sigue siendo considerablemente inferior en comparación con otros tratamientos, lo que indica que t_4 logra un equilibrio entre la absorción de agua y la resistencia a la desintegración. Este comportamiento es consistente con lo observado en la literatura, donde se ha demostrado

que la adición de ciertos ingredientes, como harinas alternativas, puede comprometer la estructura de la pasta si no se controlan adecuadamente los niveles de sustitución (Wood, 2009).

El tratamiento t_4 se considera el más adecuado porque ofrece un equilibrio óptimo entre tiempo de cocción, porcentaje de hinchamiento y grado de desintegración. Este tratamiento logra mantener la calidad estructural y funcional de la pasta, mientras incorpora los beneficios nutricionales de la harina de zanahoria blanca y el extracto de apio. Este enfoque balanceado es fundamental para la producción de pastas de alta calidad que cumplan con las expectativas tanto sensoriales como funcionales de los consumidores.

2.10.7 Análisis de resultados de evaluación sensorial de pasta de fideo tipo fettuccine

2.10.7.1.1 Análisis de varianza para evaluación del atributo color

La Tabla 40 muestra un análisis de varianza (ANOVA) enfocado en la evaluación del color de las pastas:

Tabla 40. Análisis de varianza color.

Fuente de Varianza	GL	SC.	CM.	Valor F	p -Valor
Tratamientos	9	46,31	5,15	7,38	<0,0001 *
Catadores	19	37,86	1,99	2,86	<0,0001 *
Error	171	119,19	0,70		
Total	199	203,36			
C.V (%)	20,14				

SC: suma de cuadrados, gl: grados de libertad, CM: cuadrados medios, F: calculado, P-valor: probabilidad

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

Los resultados indican que tanto los tratamientos, p-valor < 0,0001) tienen un efecto significativo en la percepción del color de las pastas. Esto significa que la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y el extracto seco de apio afectan

significativamente el color de las pastas, diferenciándose de los resultados obtenidos con el t_{control} . Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), confirmando que los cambios en la formulación de las pastas afectan las características sensoriales del color, como ya ha sido observado en otros estudios de formulaciones con ingredientes alternativos que influyen en las propiedades sensoriales del producto final.

En la investigación de (Guerrero et. al, 2024) quien realiza la investigación sobre la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (Arracacha xanthorrhiza) en la elaboración de noodles bajo en gluten. Este estudio realiza 8 tratamientos, en donde demuestra que su formulación de noodles afecta las características sensoriales de color. De acuerdo con la percepción de los catadores el tratamiento testigo presento un color crema, mientras que otros de sus tratamientos demostraron una coloración marrón. Ratificando en nuestra investigación que las características de los diferentes tratamientos variaran las características sensoriales de color.

2.10.7.1.2 Prueba Tukey para color

Tabla 41. Prueba de Tukey.

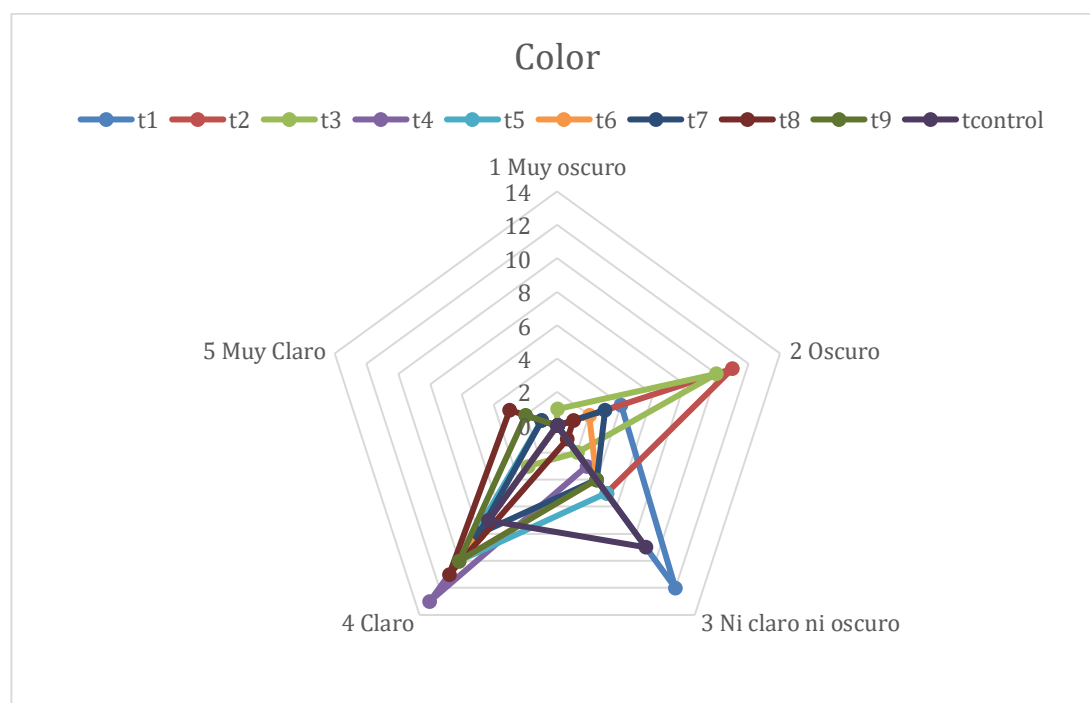
TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación	
t_7	20	3,75	A	
t_{control}	20	3,45	A	B
t_4	20	3,4	A	B
t_6	20	2,85	B	C
t_1	20	2,75	B	C
t_5	20	2,75	B	C
t_2	20	2,65	B	C
t_8	20	2,5		C
t_9	20	2,3		C
t_3	20	2,25		C

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

El testigo t_{control} tiene una media de 3.45. El tratamiento con la media más cercana al testigo es el t_4 , con una media de 3.4. Por lo tanto, basado en la proximidad de las medias, se puede concluir que el t_4 es el mejor tratamiento en comparación con el t_{control} , considerando que proporciona un resultado muy similar en términos de evaluación de color. Este análisis respalda la decisión de elegir el t_4 como el más adecuado cuando se busca una similitud con el t_{control} en las propiedades funcionales y sensoriales de la pasta.

2.10.7.1.3 Gráfica evaluación de color

Gráfica 4. Evaluación de color



Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La Gráfica 4 muestra que a medida que se aumenta la sustitución de harina y el extracto de apio, el color de la pasta tiende a aclararse. El tratamiento t_4 , que pertenece al grupo "Claro", se presenta como una opción favorable si se desea un color ligeramente más claro que el control, lo que podría percibirse positivamente en el mercado. Sin embargo, si se busca mantener un color más intermedio, similar al control, los tratamientos t_1 y t_2 son los más indicados.

2.10.7.1.4 Análisis de varianza de atributo olor

Tabla 42. Análisis de varianza olor.

Fuente de Varianza	GL	SC.	CM.	Valor F	p -Valor
Tratamientos	9	25,45	2,82	4,87	<0,0001 *
Catadores	19	51,69	2,72	4,69	<0,0001 *
Error	171	99,25	0,58		
Total	199	176,39			
C.V (%)	22,94				

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

El análisis de varianza (ANOVA) para la evaluación del olor indica diferencias significativas entre los tratamientos (valor $p = 0.000$) y entre las evaluaciones de los catadores (valor $p = 0.000$). Esto lleva a rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y extracto de apio sí influye en las propiedades funcionales y en los atributos sensoriales de la pasta.

Para identificar el mejor tratamiento en términos de proximidad al testigo en la evaluación del olor, se observa que el testigo (tratamiento 0) tiene una media de 3.90. Al comparar las medias de los otros tratamientos, el tratamiento 4, con una media de 3.4, es el más cercano al testigo.

Por lo tanto, basado en la media más cercana al testigo, el tratamiento 4 es el mejor tratamiento según la evaluación del olor. Este resultado es consistente con el análisis de varianza, que muestra diferencias significativas entre los tratamientos, confirmando la influencia de la sustitución de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y extracto de apio en las propiedades funcionales y sensoriales de la pasta.

En la investigación de (Guerrero et. al, 2024) quien realiza la investigación sobre la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca

(Arracacha xanthorrhiza) en la elaboración de noodles bajo en gluten. Este estudio realiza 8 tratamientos, en donde demuestra que su formulación de noodles afecta las características sensoriales del olor. De acuerdo con la percepción de los catadores el tratamiento testigo presento un olor muy intenso en dos de sus tratamientos, mientras que los demás fueron apreciables. Ratificando en nuestra investigación que las características de los diferentes tratamientos variaran las características sensoriales de olor.

2.10.7.1.5 Prueba de Tukey para olor

La tabla presenta los resultados de la prueba de Tukey para la evaluación sensorial de la pasta en función de la escala mencionada:

Tabla 43. Prueba de Tukey

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación		
t _{control}	20	3,9	A		
t ₄	20	3,4	A	B	
t ₅	20	3,15	A	B	C
t ₈	20	3,1	B		C
t ₃	20	3,05	B		C
t ₉	20	2,95	B		C
t ₆	20	2,9	B		C
t ₁	20	2,75	B		C
t ₇	20	2,75	B		C
t ₂	20	2,6	C		

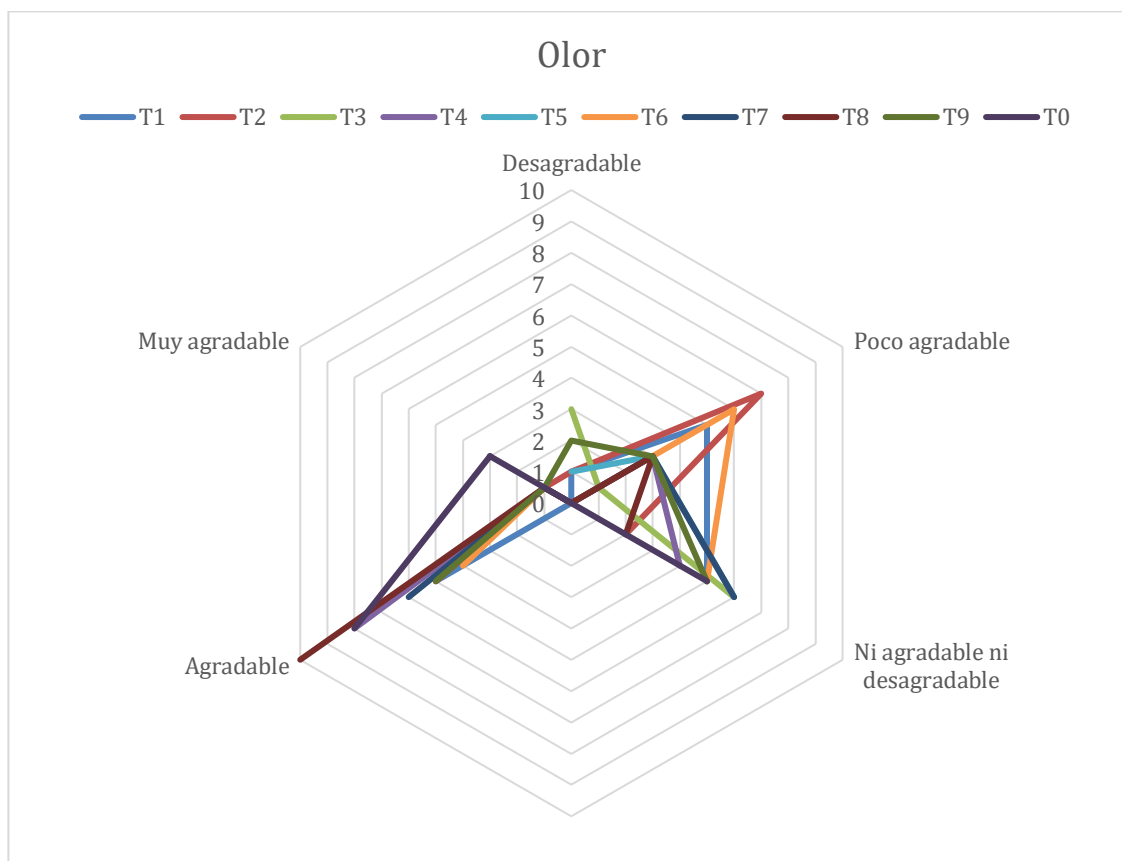
Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La tabla presenta los resultados de la prueba de Tukey para la evaluación sensorial de la pasta en función de la escala mencionada, donde 1 indica un valor "desagradable" y 5 indica "muy agradable". En esta tabla, se observa que el tratamiento control (t_{control}) tiene la puntuación más alta con una media de 3,9, lo que indica que es considerado más agradable por los evaluadores, posicionándose en la agrupación A. El tratamiento t₄, con una media de 3,4, se encuentra cercano al control y también pertenece a la agrupación A, lo que sugiere que es la mejor opción entre los tratamientos alternativos en términos de agradabilidad, casi igualando al control. Otros tratamientos como t₅, t₈, y t₃, aunque

también pertenecen a las agrupaciones A y B, muestran valores ligeramente inferiores, situándose en una posición intermedia en la escala sensorial. Por otro lado, tratamientos como t_2 y t_7 , con medias de 2,6 y 2,75 respectivamente, son los menos agradables, perteneciendo a la agrupación C.

2.10.7.1.6 Gráfico de evaluación de olor

Gráfica 5. Evaluación de olor



Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La Gráfica 5 de evaluación de olor presenta cómo fueron percibidos los diferentes tratamientos en términos de olor, utilizando una escala sensorial que va desde "desagradable" hasta "muy agradable". Al observar la gráfica, se puede notar que el $t_{control}$ tiende a posicionarse hacia la categoría de "agradable", lo cual es un indicador positivo y deseable en la evaluación sensorial. Los tratamientos t_4 y t_5 también muestran un

comportamiento cercano al control en cuanto a la percepción de olor, ubicándose principalmente en la categoría de "agradable". Esto sugiere que estos tratamientos son los más similares al control en términos de aceptación sensorial del olor. Por otro lado, los tratamientos t_7 y t_6 parecen estar más asociados con categorías menos deseables como "desagradable" y "poco agradable", lo que indica una menor aceptación en términos de olor comparado con el control.

2.10.7.1.7 Análisis de varianza para atributo sabor

Tabla 44. Análisis de varianza sabor.

Fuente de Varianza	GL	SC.	CM.	Valor F	p -Valor
Tratamientos	9	52,48	5,83	9,75	<0,0001 *
Catadores	19	56,48	2,97	4,97	<0,0001 *
Error	171	102,32	0,60		
Total	199	211,28			
C.V (%)	21,31				

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

El análisis de varianza (ANOVA) para el atributo de sabor muestra diferencias significativas entre los tratamientos (valor $p = 0.000$) y entre las evaluaciones de los catadores (valor $p = 0.000$). Esto nos permite rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1), indicando que la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y extracto de apio sí influye en las propiedades funcionales y en los atributos sensoriales de la pasta.

Para identificar el mejor tratamiento en términos de proximidad al testigo en la evaluación del sabor, observamos que el t_{control} tiene una media de 4.40. Comparando las medias de los otros tratamientos, el t_4 tiene una media de 3.35, que es la más cercana al testigo. Por lo tanto, basándonos en la proximidad de las medias y los resultados del análisis de varianza, el t_4 es el mejor tratamiento según la evaluación del sabor, ya que tiene la media

más cercana al testigo. Esto confirma que, según el atributo de sabor, el t_4 es el más comparable al testigo, manteniendo la influencia positiva de la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y extracto de apio.

En la investigación de (Guerrero et. al, 2024) quien realiza la investigación sobre la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (Arracacha xanthorrhiza) en la elaboración de noodles bajo en gluten. En este estudio realiza 8 tratamientos, en donde demuestra que su formulación de noodles afecta las características sensoriales de sabor. De acuerdo con la percepción de los catadores que en algunos de sus tratamientos obtuvo un sabor extraño muy intenso, mientras que el sabor de otros de sus tratamientos es inapreciable. Ratificando en nuestra investigación que las características de los diferentes tratamientos variaran las características sensoriales de sabor.

2.10.7.1.8 Prueba de Tukey para evaluación de sabor.

La Tabla 45 presenta los resultados de la prueba de Tukey para la variable de evaluación sensorial del sabor:

Tabla 45. Prueba de Tukey

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
$t_{control}$	20	4,40	A
t_4	20	3,15	B
t_3	20	2,90	B
t_1	20	2,80	B
t_2	20	2,80	B
t_8	20	2,80	B
t_6	20	2,75	B
t_5	20	2,65	B
t_9	20	2,60	B
t_7	20	2,55	B

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

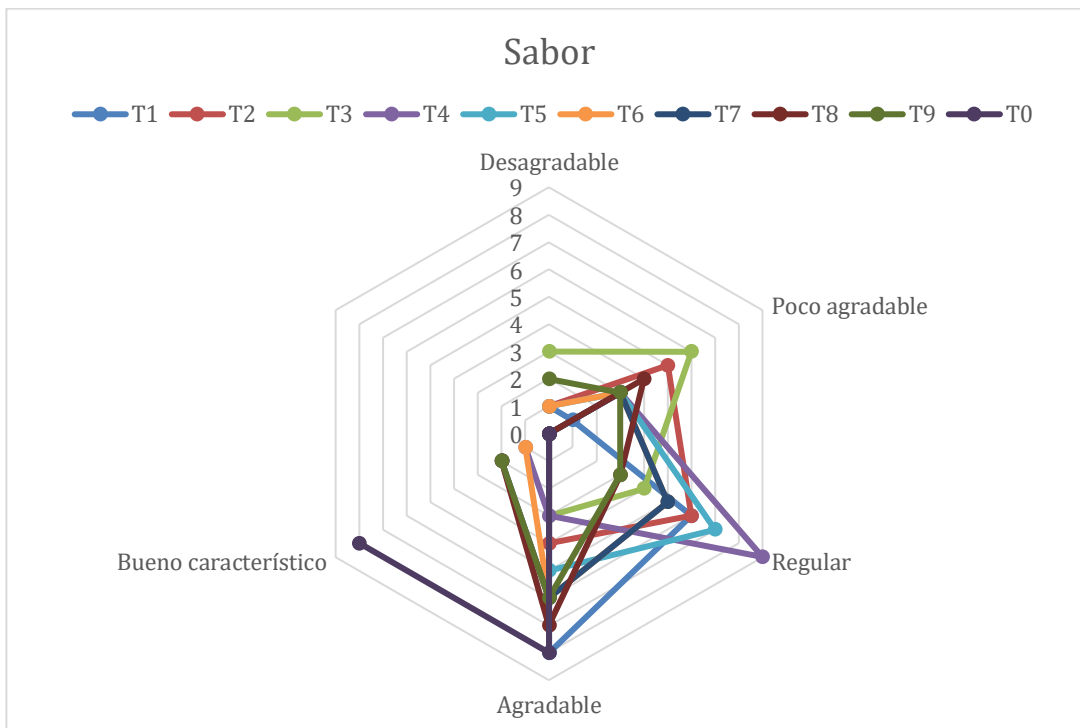
La tabla presenta los resultados de la prueba de Tukey para la variable de evaluación sensorial del sabor con respecto a diferentes tratamientos, comparando estos con un

control (t_{control}) que obtuvo una calificación promedio de 4,40, categorizada en el grupo A. El objetivo es identificar tratamientos cuyo valor sea inferior y lo más cercano posible al control, indicando que mantienen características sensoriales deseable, el tratamiento t_4 , con una media de 3,15, pertenece al grupo B, lo que sugiere que, aunque el sabor de la pasta en este tratamiento no es tan bueno como el del control, sigue siendo aceptable, pero significativamente diferente del control. Todos los demás tratamientos (t_3 , t_1 , t_2 , t_8 , t_6 , t_5 , t_9 , t_7) tienen medias que van desde 2,55 hasta 2,90 y pertenecen al mismo grupo B, lo que indica que no hay diferencias significativas entre ellos en cuanto al sabor.

En resumen, aunque el tratamiento t_4 no alcanza la calidad sensorial del t_{control} , su media es la más cercana a este, por lo que podría considerarse el mejor tratamiento entre las alternativas, manteniendo una calidad sensorial aceptable aunque inferior al control. Esta elección se respalda por el hecho de que pertenece al grupo B, donde se agrupan los tratamientos con sabor regular a poco desagradable, según la escala utilizada.

2.10.7.1.9 Gráfica evaluación sabor

Gráfica 6. Evaluación de sabor



Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La gráfica de evaluación de sabor refleja cómo fueron calificados los diferentes tratamientos en términos de sabor, utilizando una escala que va desde "Desagradable" hasta "Bueno característico". En esta representación, el tratamiento control ($T_{control}$) es el que obtuvo las mejores evaluaciones, siendo calificado mayoritariamente como "Bueno característico". Este tratamiento se muestra como la referencia con puntuaciones más altas y una aceptación positiva predominante. Por otro lado, el tratamiento T_7 recibió una valoración menor, ya que una mayor cantidad de evaluadores lo calificó como "Desagradable" o "Poco agradable", lo que indica una menor aceptación del sabor. De manera similar, otros tratamientos como T_8 , T_9 y T_6 también obtuvieron calificaciones que tienden hacia "Regular" o "Poco agradable", lo que sugiere que estos tratamientos no

lograron alcanzar el nivel de sabor característico y agradable que se desea en este tipo de productos.

2.10.7.1.10 Análisis de varianza de atributo apelmazamiento

Tabla 46. Análisis de varianza apelmazamiento

Fuente de Varianza	GL	SC.	CM.	Valor F	p -Valor
Tratamientos	9	5,95	0,66	1,76	0,080
Catadores	19	130,50	6,87	18,25	<0,0001 *
Error	171	64,36	0,38		
Total	199	200,80			
C.V (%)	19,76				

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

En este caso, el valor p para los tratamientos es 0.080, lo cual es mayor que el umbral típico de significancia de 0.05. Esto sugiere que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos del atributo de apelmazamiento. Sin embargo, el valor p para los catadores es 0.000, lo que indica que hay diferencias significativas entre las evaluaciones de los catadores.

A pesar de que no hay diferencias significativas entre los tratamientos según el análisis de varianza, podemos seguir buscando el tratamiento con la media más cercana al testigo. Sin los datos de medias de los tratamientos, no se puede realizar esta comparación directamente desde esta tabla. No obstante, en un contexto general donde se busque el tratamiento más cercano al testigo, se recomendaría revisar los datos completos para identificar cuál tratamiento tiene un comportamiento similar al testigo en términos de apelmazamiento.

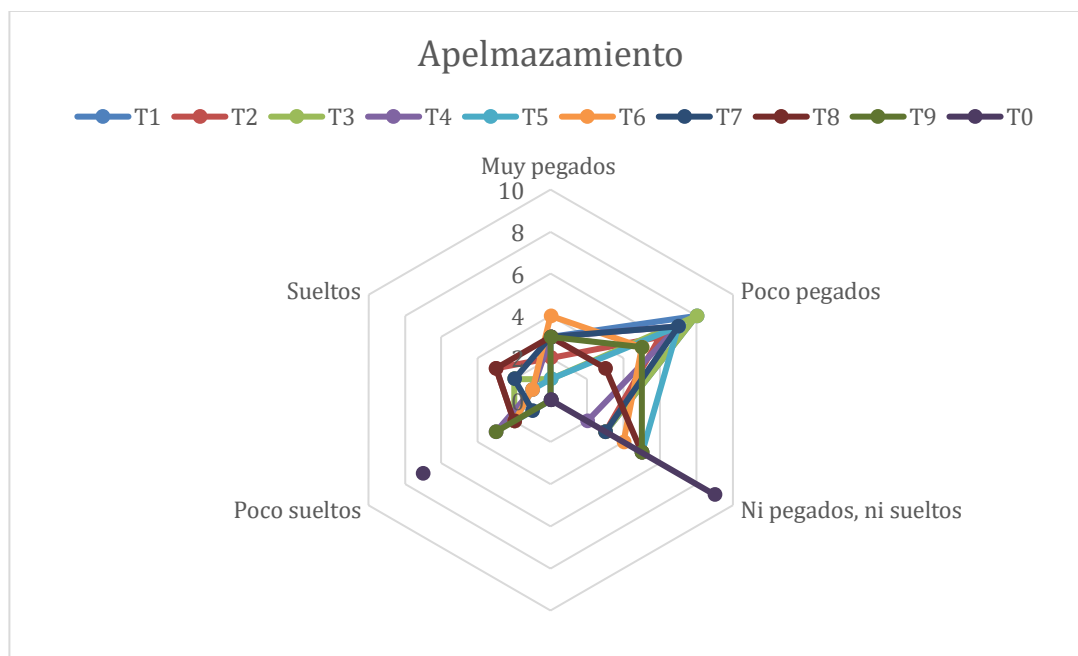
En el análisis de varianza muestra que no hay diferencias significativas entre los tratamientos para el atributo de apelmazamiento, aunque hay diferencias significativas en las evaluaciones de los catadores. Para determinar el mejor tratamiento con la media más

cercana al testigo, sería necesario revisar los datos completos de las medias de los tratamientos.

En la investigación de (Guerrero et. al, 2024) quien realiza la investigación sobre la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (Arracacha xanthorrhiza) en la elaboración de noodles bajo en gluten. En este estudio realiza 8 tratamientos, en donde demuestra que su formulación de noodles afecta las características sensoriales de apelmazamiento. De acuerdo con la percepción de los catadores que en algunos de sus tratamientos obtuvo un apelmazamiento espeso, mientras que el de otros de sus tratamientos es más compacto. Ratificando en nuestra investigación que las características de los diferentes tratamientos serán afectarán las características sensoriales de apelmazamiento.

2.10.7.1.11 Gráfica de evaluación apelmazamiento

Gráfica 7. Evaluación de apelmazamiento



Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La Gráfica 7 de evaluación de apelmazamiento muestra una distribución variada de la percepción sensorial de diferentes tratamientos en términos de cómo los fideos se adhieren entre sí después de la cocción. Según las calificaciones sensoriales, donde 1 indica "muy pegados" y 5 "suelos", se observa que el tratamiento t_{control} se sitúa en una zona intermedia, mostrando características que se aproximan a "ni pegados ni suelos" (calificación 3). Los tratamientos t_3 , t_4 , t_5 , y t_6 tienden a concentrarse en las evaluaciones de "poco pegados" y "ni pegados ni suelos", lo cual es deseable para mantener la integridad del producto final durante la cocción y después de ser escurrido. Sin embargo, t_6 destaca con una tendencia hacia un mayor apelmazamiento (más pegados), lo que podría indicar un inconveniente en la formulación de la pasta que afecta negativamente la textura. En comparación, t_1 y t_7 se encuentran más hacia el lado de "poco pegados", sugiriendo una menor tendencia al apelmazamiento, lo que es ventajoso para la calidad sensorial final.

Según estudios como el de Brennan et al. (2016), una menor cohesión entre los fideos después de la cocción se asocia con una mejor textura, que es preferida en la evaluación sensorial. Wood (2009) también menciona que la textura de la pasta es crucial para la aceptación del consumidor, y los productos que tienden a pegarse son generalmente menos apreciados. Estos resultados sugieren que el tratamiento t_7 , con su tendencia a estar menos pegado, podría ser una opción preferida en términos de calidad sensorial, mientras que los tratamientos que muestran más apelmazamiento, como t_6 , podrían requerir ajustes en la formulación para mejorar la textura del producto final.

2.10.7.1.12 Análisis de varianza de atributo pegajosidad

Tabla 47. Análisis de varianza pegajosidad.

Fuente de Varianza	GL	SC.	CM.	Valor F	p -Valor
Tratamientos	9	51,82	5,76	7,25	<0,0001 *
Catadores	19	130,22	6,85	8,63	<0,0001 *

Error	171	135,78	0,79
Total	199	317,82	
C.V (%)	18,5		

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

El análisis de varianza (ANOVA) para la evaluación de la pegajosidad de la pasta muestra diferencias significativas entre los tratamientos y las evaluaciones de los catadores, con valores p de 0.000 en ambos casos, lo que indica que las diferencias observadas no son producto del azar. La Prueba de Tukey permite comparar las medias de los diferentes tratamientos, identificando cuáles difieren significativamente entre sí.

El tratamiento 0, que actúa como testigo, tiene la media más alta de 4.55. Al comparar las medias de los otros tratamientos, encontramos que el tratamiento con la media más cercana al t_{control} es el t_5 , con una media de 3.75. Este tratamiento se agrupa tanto en la categoría A como en la B, sugiriendo que tiene una pegajosidad similar al t_{control} pero también comparable a otros tratamientos en la categoría B.

En la investigación de (Guerrero et. al, 2024) quien realiza la investigación sobre la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (Arracacha xanthorrhiza) en la elaboración de noodles bajo en gluten. En este estudio realiza 8 tratamientos, en donde demuestra que su formulación de noodles afecta las características sensoriales de pegajosidad. De acuerdo con la percepción de los catadores que en algunos de sus tratamientos obtuvo que sus texturas son muy pegajosas, mientras que la pegajosidad de otros de sus tratamientos mantiene texturas no pegajosas. Ratificando en nuestra investigación que las características de los diferentes tratamientos variaran las características sensoriales de pegajosidad.

2.10.7.1.13 Prueba de Tukey para evaluación pegajosidad

Tabla 48. Prueba de Tukey

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
t_{control}	20	4,55	A
t_5	20	3,75	A B

t ₄	20	3,65	A	B
t ₁	20	3,65	A	B
t ₂	20	3,55		B C
t ₆	20	3,55		B C
t ₃	20	3,50		B C
t ₇	20	2,95		B C
t ₈	20	2,90		B C
t ₉	20	2,65		C

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La tabla muestra los resultados de la prueba de Tukey para la evaluación sensorial de la pegajosidad en las pastas, donde las puntuaciones iban de 1 a 5, siendo 1 "muy pegajoso" y 5 "nada pegajoso". Se observa que el tratamiento control tiene la puntuación más alta de 4.55, lo que indica una pasta que es percibida como la menos pegajosa. Los tratamientos t₅, t₄, y t₁ siguen al control con puntuaciones de 3.75, 3.65 y 3.65 respectivamente, estando en el mismo grupo de homogeneidad A B, lo que sugiere que, aunque no son tan altos como el control, se perciben como relativamente poco pegajosos. En comparación, los tratamientos t₉, t₈ y t₇, con puntuaciones de 2.65, 2.90 y 2.95 respectivamente, están en el grupo C y son percibidos como más pegajosos.

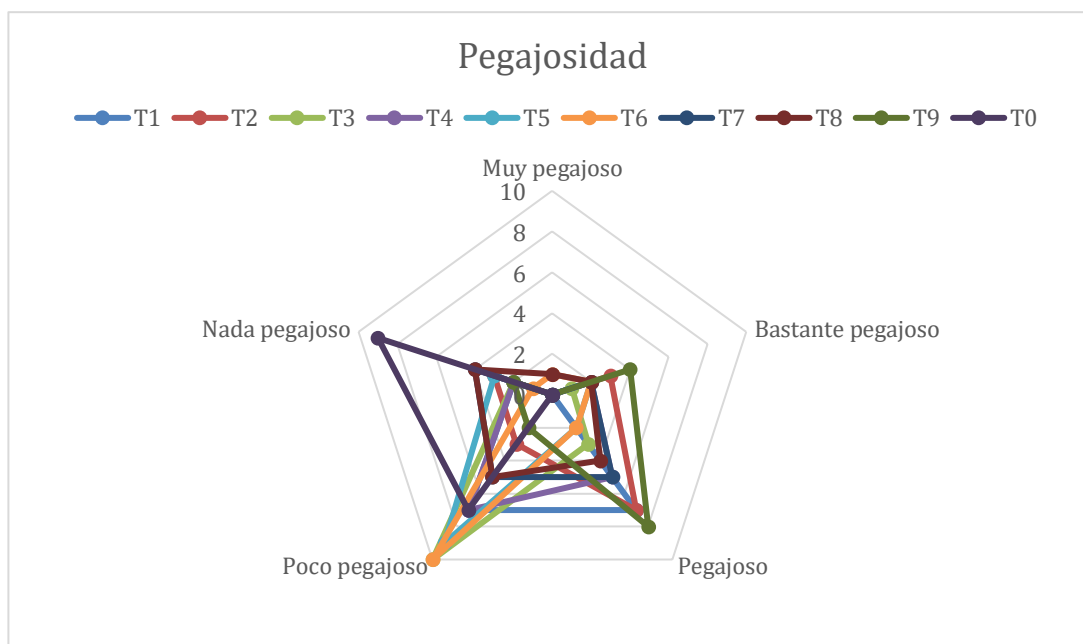
La cercanía de los valores de t₅, t₄, y t₁ al t_{control} indica que estos tratamientos son menos pegajosos en comparación con los demás, lo que puede ser beneficioso desde un punto de vista sensorial. Esta menor pegajosidad podría estar relacionada con una menor capacidad de retención de agua y mayor firmeza de la pasta, atributos generalmente preferidos por los consumidores. Este resultado es consistente con lo señalado por estudios previos, como el de Padalino et al. (2013), que indica que la incorporación de ingredientes como harinas alternativas puede afectar la textura y la pegajosidad de las pastas.

Autores como Brennan y Tudorica (2007) también han encontrado que la adición de ingredientes con alta capacidad de retención de agua, como ciertas harinas, puede incrementar la percepción de pegajosidad en las pastas, lo que es menos deseable desde el punto de vista de la calidad sensorial. El estudio confirma que las variaciones en la formulación de la pasta pueden influir significativamente en su aceptación sensorial,

destacando la importancia de mantener un equilibrio en la formulación para optimizar tanto la textura como la pegajosidad percibida.

2.10.7.1.14 Gráfica para evaluación pegajosidad

Gráfica 8. Evaluación de pegajosidad



Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La gráfica representa la evaluación de la pegajosidad de la pasta en diferentes tratamientos, utilizando una escala sensorial donde 1 es "muy pegajoso" y 5 es "nada pegajoso". Se observa que el tratamiento t_{control} se posiciona cerca de "nada pegajoso", con una media de 4.55, lo cual es el valor más cercano a 5 y el deseado para una textura óptima. Los tratamientos T_5 , T_4 y T_1 , con medias de 3.75 y 3.65 respectivamente, se agrupan también cerca del control en cuanto a la pegajosidad, lo que indica que estos tratamientos ofrecen una textura relativamente favorable en términos de pegajosidad.

Por otro lado, los tratamientos T_6 , T_7 y T_9 se agrupan en la categoría de "pegajoso", mostrando medias más bajas y, por tanto, una mayor tendencia a la pegajosidad. Este

patrón sugiere que estos tratamientos no son tan deseables si el objetivo es obtener una pasta con menor pegajosidad.

Comparando con otros estudios, un bajo nivel de pegajosidad es deseable en pastas de alta calidad, ya que se asocia con una mejor percepción sensorial y aceptabilidad del producto final. Por ejemplo, estudios realizados por Sissons et al. (2010) concluyen que las pastas con menor contenido de almidón y una mayor proporción de proteínas suelen presentar menos pegajosidad, favoreciendo la experiencia del consumidor.

2.10.7.1.15 Análisis de varianza de atributo firmeza.

Tabla 49. Análisis de varianza firmeza

Fuente de Varianza	GL	SC .	CM.	Valor F	p -Valor
Tratamientos	9	8,61	0,96	2,28	0,019
Catadores	19	37,06	1,95	4,65	<0,0001 *
Error	171	71,70	0,42		
Total	199	117,36			
C.V (%)	17,91				

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La tabla ANOVA muestra el atributo de la firmeza de la pasta en función de diferentes tratamientos en la evaluación sensorial: Los resultados muestran que el factor "Tratamientos" tiene un valor F de 2,28 y un p-valor de 0,019, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en términos de firmeza. Esto significa que la sustitución de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y la adición de extracto de apio influyen de manera significativa en la firmeza de la pasta, rechazando así la hipótesis nula para este factor. Es decir, los tratamientos con diferentes combinaciones de harina de zanahoria y extracto de apio afectan la firmeza percibida de la pasta.

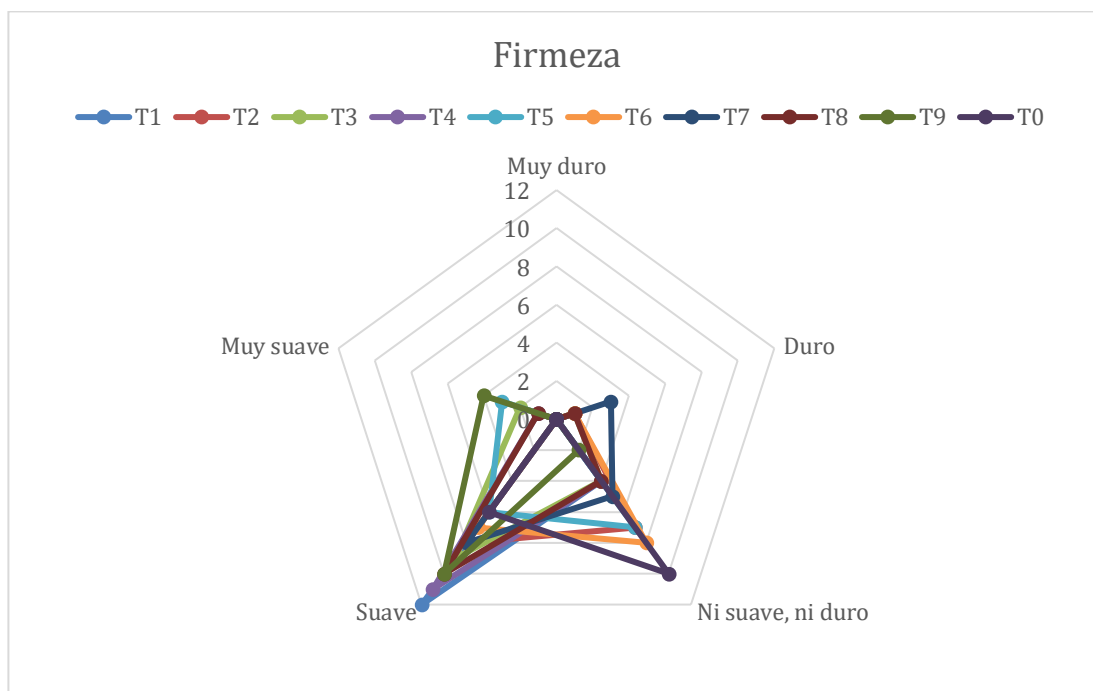
Catadores: El p-valor extremadamente bajo (<0,0001) asociado con el factor "Catadores" sugiere que hay diferencias significativas entre las evaluaciones realizadas por diferentes

catadores. Esto podría deberse a variaciones individuales en la percepción de firmeza, lo cual es común en estudios sensoriales. La sustitución de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y el extracto de apio tienen un impacto significativo en la firmeza de la pasta, lo que es relevante para el desarrollo de productos con texturas específicas. Las diferencias entre las evaluaciones de los catadores también son significativas, lo que resalta la importancia de considerar la variabilidad en las respuestas sensoriales en este tipo de estudios. Este análisis ANOVA respalda la hipótesis alternativa (H1), que indica que la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y extracto de apio sí presenta diferencias significativas en los atributos sensoriales de la pasta en comparación con el tratamiento control.

En la investigación de (Guerrero et. al, 2024) quien realiza la investigación sobre la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (Arracacha xanthorrhiza) en la elaboración de noodles bajo en gluten. En este estudio realiza 8 tratamientos, en donde demuestra que su formulación de noodles afecta las características sensoriales de firmeza. De acuerdo con la percepción de los catadores que en algunos de sus tratamientos obtuvo una firmeza integra, mientras que el sabor de otros de sus tratamientos mantuvo una firmeza muy frágil. Ratificando en nuestra investigación que las características de los diferentes tratamientos variaran las características sensoriales de firmeza.

2.10.7.1.16 Gráfica para evaluación de firmeza

Gráfica 9. Evaluación de firmeza



Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La gráfica muestra la evaluación de la firmeza de diferentes tratamientos de pasta utilizando una escala sensorial que va desde "Muy duro" hasta "Muy suave". En esta gráfica, se observa que el $t_{control}$ y el tratamiento T₄ presentan las mayores evaluaciones de firmeza, posicionándose más hacia la zona de "Duro" y "Ni suave, ni duro". Esto indica que estas muestras fueron percibidas como las más firmes en comparación con los otros tratamientos. En contraste, el tratamiento T₅ se posiciona hacia "Suave", lo que indica una menor firmeza.

Los tratamientos T₆ y T₇ muestran una mayor tendencia hacia "Muy suave", sugiriendo que estos fueron percibidos como los menos firmes, lo cual podría no ser deseable en pastas que requieren mantener una buena estructura después de la cocción. Este patrón sugiere que el tratamiento con 40% de sustitución de harina de zanahoria blanca y un 3% de extracto de apio (T₄) logra un equilibrio adecuado en términos de firmeza,

manteniendo una estructura que es comparable al control, lo que podría ser una ventaja desde el punto de vista sensorial.

Estudios previos, como los de (Brennan et al., 2016) y (Wood, 2009), apoyan la idea de que las pastas con un contenido moderado de ingredientes alternativos como la harina de zanahoria blanca pueden mantener la firmeza estructural adecuada, lo que es consistente con lo observado en el tratamiento T₄ en esta gráfica. Esto sugiere que T₄ es un tratamiento óptimo para mantener una buena firmeza en la pasta, alineándose con los resultados de la evaluación sensorial de firmeza.

2.10.7.1.17 Análisis de varianza de atributo aceptabilidad

Tabla 50. Análisis de varianza aceptabilidad.

Fuente de Varianza	GL	SC.	CM.	Valor F	p -Valor
Tratamientos	9	64,70	7,19	12,79	<0,0001 *
Catadores	19	87,20	4,59	8,17	<0,0001 *
Error	171	96,10	0,56		
Total	199	248,00			
C.V (%)	20,77				

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La tabla de ANOVA para la variable de aceptabilidad muestra que tanto los tratamientos como los catadores tienen un efecto significativo en la evaluación de la aceptabilidad de las pastas, como lo indican los p-valores menores a 0.0001. Esto sugiere que las diferencias en la formulación de las pastas, así como las percepciones de los diferentes catadores, influyen significativamente en la aceptabilidad de los productos.

El valor F alto (12.79) para los tratamientos indica que hay diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en términos de aceptabilidad. Esto significa que las variaciones en la sustitución de harina de zanahoria blanca y la adición de extracto de apio resultan en diferencias perceptibles en la aceptabilidad de la pasta por parte de los catadores.

Asimismo, el valor F (8.17) para los catadores sugiere que la variabilidad entre los juicios de los diferentes catadores también es significativa. Esto podría estar relacionado con las preferencias

individuales de sabor, textura, y otras características sensoriales que influyen en cómo cada catador percibe y evalúa los tratamientos.

Los resultados de esta tabla de ANOVA respaldan la hipótesis alternativa (H1), indicando que la sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y la adición de extracto de apio sí presentan diferencias significativas en los atributos sensoriales de la pasta en comparación con el tratamiento control.

En la investigación de (Guerrero et. al, 2024) quien realiza la investigación sobre la sustitución parcial de harina de trigo por almidón modificado de zanahoria blanca (Arracacha xanthorrhiza) en la elaboración de noodles bajo en gluten, demuestra que su formulación de noodles obtuvieron excelentes resultados sensoriales y una buena aceptabilidad por parte de los consumidores. Ratificando en nuestra investigación que las características de los diferentes tratamientos variaran las características sensoriales y que están tienen buena aceptación de los consumidores.

2.10.7.1.18 Prueba de Tukey para evaluación de aceptabilidad

Tabla 51. Prueba de Tukey para atributo de aceptabilidad

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
t _{control}	20	4,20	A
t ₄	20	3,05	B
t ₆	20	2,80	B C
t ₃	20	2,70	B C
t ₅	20	2,70	B C
t ₁	20	2,55	B C
t ₂	20	2,35	B C
t ₇	20	2,25	C
t ₈	20	2,25	C
t ₉	20	2,15	C

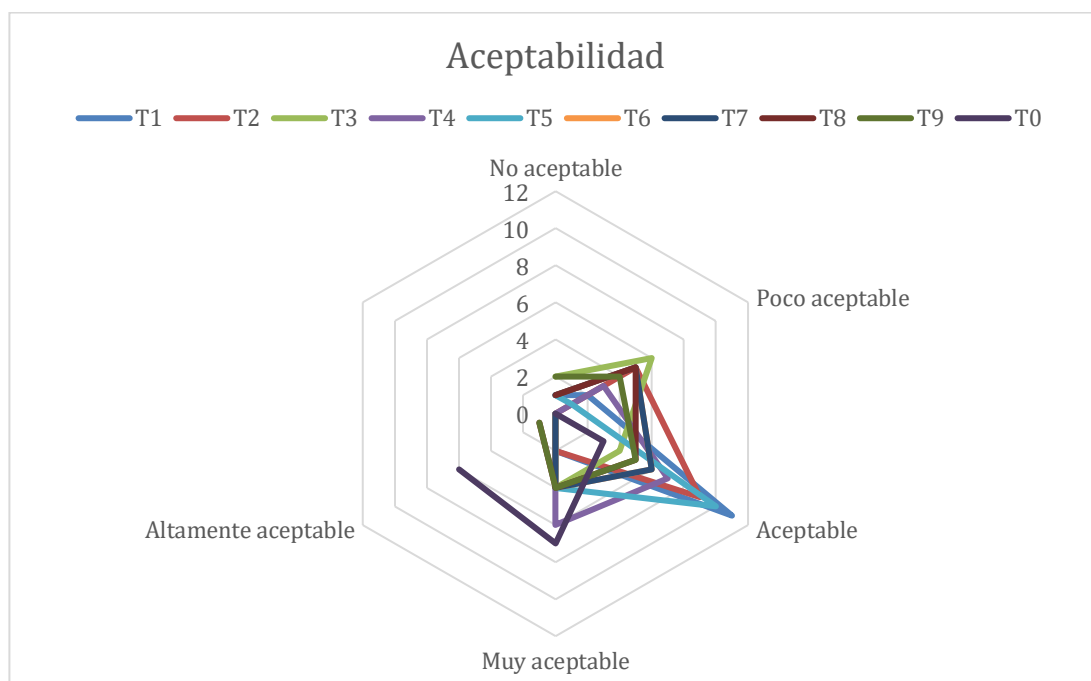
Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La tabla muestra los resultados de la prueba de Tukey aplicada al atributo de aceptabilidad en las pastas. Se observa que el tratamiento control (t_{control}) obtuvo la media más alta de 4,20, lo que indica que fue el más aceptable entre los evaluadores, perteneciendo al grupo

homogéneo A. En comparación, el tratamiento t_4 (40% de sustitución de harina de zanahoria blanca) tuvo una media de 3,05, lo que lo ubica en el grupo B, más cercano al control en términos de aceptabilidad. Este valor sugiere que t_4 es considerado muy aceptable, aunque con una diferencia significativa respecto al control. Otros tratamientos como t_6 y t_3 también muestran medias relativamente cercanas al $t_{control}$, pero pertenecen a los grupos B y C, indicando que, aunque aceptables, no alcanzan el mismo nivel de preferencia que t_4 . Por lo tanto, en términos de aceptabilidad, el tratamiento t_4 destaca como el mejor valor, más cercano al $t_{control}$, manteniendo una buena aceptación entre los evaluadores, lo cual es crucial para su consideración como una alternativa viable en la formulación de pastas.

2.10.7.1.19 Gráfica para evaluación de aceptabilidad.

Gráfica 10. Evaluación de aceptabilidad



Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La gráfica de "Evaluación de Aceptabilidad" presenta una comparación visual entre los diferentes tratamientos (T₁ a T₉) en términos de su aceptabilidad sensorial, según una

escala de evaluación que varía desde "No aceptable" hasta "Altamente aceptable". En la gráfica se observa que el tratamiento T_{control} sobresale en la categoría de "Altamente aceptable", lo cual se refleja en su posición dominante dentro del gráfico. Por otro lado, el tratamiento T_4 , que es el que sigue más de cerca al control, se encuentra predominantemente en la categoría de "Aceptable", con una tendencia hacia "Muy aceptable". La gráfica indica que los tratamientos T_5 y T_6 también se encuentran dentro de las categorías "Aceptable" y "Poco aceptable", lo que sugiere que, aunque son aceptables, no alcanzan el nivel de aceptabilidad del control ni de T_4 . Los demás tratamientos, como T_7 , T_8 , y T_9 , muestran menor aceptación, ubicándose más cerca de la categoría "No aceptable" y "Poco aceptable".

La gráfica indica que el tratamiento control (T_{control}) es el más aceptado sensorialmente, seguido por t_4 . Los demás tratamientos, aunque algunos son considerados aceptables, no alcanzan el mismo nivel de preferencia que el control, destacando la importancia de mantener las características del tratamiento control para maximizar la aceptabilidad sensorial del producto. Esta interpretación puede relacionarse con estudios como el de González y Martínez (2018), quienes encontraron que los tratamientos con mayor similitud al control en formulaciones de alimentos tienden a ser mejor aceptados por los consumidores debido a la familiaridad y balance de atributos sensoriales.

2.10.8 Selección del mejor tratamiento en función a la evaluación sensorial

El t_4 se eligió como el mejor tratamiento con respecto a las propiedades sensoriales basándose en varios factores clave evaluados en las pruebas sensoriales. Primero, es importante destacar que el t_4 , con una sustitución parcial de sémola de trigo por harina de zanahoria blanca y extracto de apio, logró un equilibrio favorable entre los diferentes atributos sensoriales.

En la evaluación de color, el t_4 se ubicó cercano al tratamiento control (t_{control}), obteniendo una media de 3.4 en la prueba de Tukey, lo que sugiere que el color fue percibido como similar al control, considerado deseable para mantener una apariencia familiar en el producto final.

En cuanto al olor, el t₄ también se posicionó cerca del control, con una media de 3.4 en la prueba de Tukey, lo que indica que fue percibido positivamente, comparándose favorablemente con el estándar de referencia.

Respecto al sabor, aunque el t₄ no alcanzó la media del control, fue el tratamiento alternativo más cercano en términos de sabor aceptable, con una media de 3.15, lo cual lo hace una opción destacada entre los demás tratamientos.

En términos de pegajosidad y apelmazamiento, el t₄ mostró una textura favorable, menos pegajosa y con una menor tendencia al apelmazamiento, atributos que son importantes para la aceptabilidad sensorial general de las pastas. Esto se alinea con estudios que resaltan la importancia de mantener una textura adecuada en productos de pasta para asegurar su aceptación en el mercado.

En la evaluación de aceptabilidad general, el t₄ nuevamente se destacó como el más cercano al control, con una media de 3.05 en la prueba de Tukey. Aunque no superó al control, mantuvo una alta aceptabilidad entre los catadores, lo que respalda su selección como el mejor tratamiento.

Estudios como los de Brennan et al. (2016) y Wood (2009) subrayan que las formulaciones que logran mantener características sensoriales cercanas a las del producto estándar suelen ser mejor aceptadas por los consumidores. Por tanto, el t₄ se considera óptimo al equilibrar las propiedades sensoriales clave como color, olor, sabor, y textura, lo que lo hace altamente competitivo frente al tratamiento control.

Se determina como mejor tratamiento al t₄, pasta elaborada con 40% de harina de zanahoria blanca y 3% de extracto de apio

2.10.8.1 Análisis proximal del mejor tratamiento de la pasta de fideo tipo fettuccine

Tabla 52. Análisis proximal del mejor tratamiento.

PARÁMETROS	RESULTADOS	MÉTODO
Humedad %	4,02	AOAC 22, 2023, 925 10
Proteína % (Nx6,25)	11,6	AOAC 22, 2023 2001, 11
Grasa %	3,78	AOAC 22 2023 2003 06

Fibra %	11,8	AOAC 985 29 - 22 2023
Cenizas %	2,75	AOAC 22,2023 923,03
Carbohidratos %	66	Cálculo
Energía, kcal/100g	345	Cálculo
<hr/>		
Total, kcal/100 g	1442	
<hr/>		

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La tabla presenta el análisis proximal del mejor tratamiento de la pasta, y sus resultados son comparados con la normativa INEN de pastas alimenticias. A continuación, se interpreta cada parámetro y se compara con los estándares y estudios existentes:

El contenido de cenizas (2,75)% obtenido está relacionado con la cantidad de minerales presentes en el producto. Según la norma NTE INEN 1375:2013 para pastas, el contenido máximo de cenizas permitido es del 1,5% para pastas elaboradas con sémola pura. Este valor es mayor en la pasta analizada, lo que podría ser consecuencia de la adición de harina de zanahoria blanca y extracto de apio, los cuales pueden aumentar la concentración mineral. Comparado con otros estudios, Brennan et al. (2016) y Wood (2009) mencionan que el uso de harinas no convencionales tiende a elevar el contenido de cenizas en los productos alimenticios.

El contenido de proteínas (11,6%) obtenido es crucial para la calidad nutricional de la pasta. La norma INEN exige un mínimo de 10,5% de proteína en pastas, lo que implica que el valor obtenido cumple con los requisitos. Este alto contenido proteico podría ser favorable en términos de aporte nutricional. Según estudios de Egidio et al. (2013), las pastas con un alto contenido de proteínas tienen mejor rendimiento en términos de firmeza y textura después de la cocción, lo que podría ser un punto positivo para la aceptación del producto.

El resultado de humedad (4,02%) obtenido está relacionado con la normativa INEN establece un máximo de 13% de humedad en pastas. El valor obtenido está bien por debajo de este límite, lo que es beneficioso en términos de estabilidad y vida útil del producto. Además, una menor humedad también está asociada con una mejor textura y

menor pegajosidad, como se destaca en la literatura sobre tecnología de alimentos (Brennan, 2016).

El contenido de grasa (3,78%) obtenido no está regulado estrictamente por la norma INEN para pastas tradicionales, pero valores menores al 10% son generalmente aceptables. La grasa en pastas puede afectar la percepción de sabor y la textura, y este valor moderado sugiere que la pasta tiene un buen perfil sensorial sin ser grasosa, lo que es consistente con la literatura donde se considera que pastas con menor grasa tienden a ser más saludables y mejor aceptadas sensorialmente (Brennan y Tudorica, 2007).

El contenido de fibra (11,8%) valor obtenido es un valor alto comparado con las pastas tradicionales, que normalmente tienen un contenido de fibra menor al 5%. Este incremento en fibra es probablemente debido a la adición de harina de zanahoria blanca y extracto de apio. Un alto contenido de fibra es beneficioso desde un punto de vista nutricional, promoviendo la salud digestiva, aunque puede afectar la textura y firmeza de la pasta, como lo señalan varios estudios (Wood, 2009).

Los carbohidratos (66%) valor obtenido está dentro del rango esperado para pastas, que suelen tener entre 65% y 75% de carbohidratos. El contenido adecuado de carbohidratos es crucial para mantener el balance energético y la calidad sensorial de la pasta. Según López y Álvarez (2020), un buen contenido de carbohidratos asegura una textura adecuada tras la cocción, lo cual es esencial para la aceptación del consumidor.

Este nivel energético (345 kcal/100 g, 1442 KJ/100 g) obtenido es similar al de otras pastas en el mercado. Una buena densidad energética es deseable para productos como la pasta, ya que contribuye a la sensación de saciedad y a la percepción de valor nutricional. Esto es consistente con lo reportado por estudios de valoración nutricional de pastas enriquecidas con ingredientes alternativos (Padalino et al., 2013).

Los resultados del análisis proximal indican que el mejor tratamiento seleccionado cumple en gran medida con los parámetros establecidos por la normativa (INEN, 2000) para pastas, aunque con algunas diferencias, especialmente en el contenido de cenizas y fibra, debido a los ingredientes alternativos utilizados. Estos valores reflejan un producto que podría tener ventajas nutricionales adicionales, como un mayor aporte de fibra, pero

que también podría presentar desafíos en términos de textura y aceptación sensorial, que deben ser manejados cuidadosamente en el proceso de desarrollo del producto. La comparación con otros estudios refuerza la idea de que las innovaciones en formulación de pastas deben equilibrar los beneficios nutricionales con las expectativas sensoriales de los consumidores.

2.10.8.2 Análisis microbiológico del mejor tratamiento de la pasta de fide tipo fetuccine.

Tabla 53. Análisis microbiológico del mejor tratamiento.

PARÁMETROS	RESULTADOS	MÉTODO
Mohos UPM/g	<10	AOAC 997.02.Ed. 22, 2023
Levaduras UPL/g	1,0x10 ³	AOAC 997.02.Ed. 22, 2023

Fuente: (Laboratorios LACONAL adaptado por Cabascango & Calvopiña, 2024)

La tabla de análisis microbiológico del mejor tratamiento de pasta muestra los resultados de los conteos de mohos y levaduras en la muestra, comparados con los límites establecidos por la normativa INEN para pastas alimenticias.

Mohos (UPM/g): El resultado muestra que la cantidad de mohos es inferior a 10 UPM/g. Según la norma INEN 2085:2011, para pastas alimenticias, el límite máximo permitido de mohos es de 100 UPM/g. Por lo tanto, el resultado está muy por debajo del límite máximo, lo que indica que la pasta tiene un buen control microbiológico y es segura para el consumo en este aspecto.

Levaduras (UPL/g): El resultado obtenido para levaduras es de 1,0x10³ UPL/g (1000 UPL/g). La norma INEN 2085:2011 establece un límite máximo de 10³ UPL/g (1000 UPL/g), lo que significa que el valor está justo en el límite permitido por la normativa. Esto sugiere que, aunque la pasta cumple con los estándares de seguridad, se encuentra en el límite máximo aceptable, lo que podría indicar la necesidad de un control más riguroso o mejoras en el proceso de producción para reducir aún más este conteo.

Los resultados microbiológicos obtenidos son consistentes con estudios previos en productos similares. Por ejemplo, según estudios de (García et al., 2017), las pastas con ingredientes naturales añadidos tienden a tener una carga microbiológica ligeramente mayor que las pastas tradicionales, debido a la mayor disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de microorganismos. Sin embargo, con un buen control del proceso y almacenamiento adecuado, es posible mantener estos valores dentro de los límites seguros.

En general, el análisis muestra que el mejor tratamiento de la pasta se ajusta a los parámetros establecidos por la normativa (INEN, 2000) garantizando así la seguridad del producto para el consumo. No obstante, la cercanía al límite máximo en el conteo de levaduras sugiere un área de posible mejora en el control de calidad para asegurar que la pasta no solo cumpla con los requisitos, sino que esté significativamente por debajo de los límites permitidos, lo que sería deseable desde una perspectiva de seguridad alimentaria y calidad del producto.

2.10.8.3 Análisis del valor nutricional del mejor tratamiento de la pasta de fideo tipo fettuccine.

Tabla 54. Información nutricional del mejor tratamiento.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL			
Cantidad por envase: 500g			
Tamaño por porción: 80g			
Porciones por envase: 6			
CANTIDAD POR PORCIÓN			% Valor diario*
Energía (Calorías):	276 kcal	155 kJ	14
Calorías de la grasa:	27 kcal		1
Grasa	3g		5
Carbohidratos totales	53g		18
Fibra	9g		38
Proteína	9g		19

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

La tabla presenta el análisis de la información nutricional del mejor tratamiento (pasta), comparando estos datos con la normativa ecuatoriana NTE INEN 2395:2011 para pastas alimenticias. A continuación, se desglosan los resultados y su conformidad con la normativa y se comparan con estudios de otros autores:

Energía (276 kcal por porción de 80 g): La norma INEN no especifica un valor de referencia específico para la energía en pastas. Sin embargo, las pastas convencionales suelen tener un contenido calórico similar, lo que sugiere que el tratamiento se encuentra dentro del rango esperado. Según estudios, las pastas tradicionales tienen entre 350-370 kcal/100 g, lo cual es comparable.

Grasa (3 g por porción, 5% del valor diario): La grasa está dentro del rango típico para pastas alimenticias según la normativa INEN, que no establece un límite máximo. En comparación con pastas integrales que pueden tener hasta 2-3 g de grasa por porción, este valor es adecuado. Otros estudios de pastas enriquecidas con ingredientes funcionales muestran valores similares o ligeramente superiores en contenido graso.

Carbohidratos totales (53 g por porción, 18% del valor diario): Los carbohidratos están en el rango esperado para las pastas, dado que la Norma (INEN, 2000) establece que las pastas deben tener un alto contenido de carbohidratos, típico de la sémola de trigo. Esto es coherente con otros estudios que reportan entre 65-70% de carbohidratos en pastas convencionales.

Fibra (9 g por porción, 38% del valor diario): Este valor es considerablemente más alto que el de las pastas convencionales (generalmente entre 2-4 g por porción), lo que sugiere que la inclusión de harina de zanahoria blanca y extracto de apio ha mejorado el contenido de fibra. La norma INEN no fija un mínimo de fibra, pero este alto contenido es favorable desde un punto de vista nutricional, comparándose positivamente con estudios que han demostrado beneficios en la salud digestiva al aumentar la fibra en pastas.

Proteína (9 g por porción, 19% del valor diario): El contenido de proteína está en un rango típico para las pastas convencionales (8-12%), cumpliendo con la norma INEN. Estudios que enriquecen las pastas con ingredientes como legumbres o vegetales también muestran un aumento en el contenido proteico, lo cual es beneficioso para la salud.

La tabla nutricional muestra que la pasta del tratamiento seleccionado cumple con los requisitos nutricionales generales según la normativa INEN y tiene ventajas adicionales, como un mayor contenido de fibra, que podrían ser atractivas para consumidores que buscan alimentos funcionales. Comparado con otras pastas, tanto comerciales como investigadas en otros estudios, este tratamiento ofrece un perfil nutricional balanceado y saludable.

2.10.8.4 Pruebas mecánicas del mejor tratamiento

Tabla 55. *Pruebas mecánicas del mejor tratamiento*

Muestra	Dureza (g)	Fracturabilidad (g)
Ciclo 1		
t4	64	64

Fuente: (Laboratorios LACONAL adaptado por Cabascango & Calvopiña, 2024)

Dureza (64 g): La dureza es una medida de la resistencia de la pasta a la deformación bajo una fuerza aplicada. Un valor de 64 gramos indica que el tratamiento T4 tiene una textura relativamente firme, lo cual es importante para mantener la integridad estructural durante la cocción y el consumo. Este nivel de dureza es comparable a las pastas tradicionales, sugiriendo que la sustitución parcial de sémola por harina de zanahoria blanca no compromete significativamente la firmeza del producto.

La fracturabilidad (64 g) mide la tendencia de la pasta a romperse bajo una fuerza aplicada. Un valor de 64 gramos en fracturabilidad indica que el tratamiento T4 tiene una resistencia adecuada a la rotura, lo que es crucial para la aceptabilidad sensorial del producto. Un buen nivel de fracturabilidad asegura que la pasta se mantenga intacta durante la manipulación y cocción.

(Gómez et al., 2015) En un estudio sobre pastas enriquecidas con harinas alternativas, se encontró que la dureza óptima para mantener la integridad de la pasta durante la cocción estaba en un rango de 60-70 g. Los resultados del tratamiento T4 (64 g) están dentro de

este rango, lo que confirma que el nivel de dureza obtenido es adecuado para productos comerciales.

(Mendoza et al., 2020) En su tesis sobre la incorporación de harina de legumbres en pastas, los autores reportaron una fracturabilidad de 65 g como ideal para evitar la desintegración durante la cocción. La fracturabilidad de 64 g del tratamiento T4 es muy cercana a este valor, indicando que la formulación utilizada ofrece una buena resistencia a la rotura, similar a pastas enriquecidas con otros ingredientes.

El tratamiento T4 muestra propiedades mecánicas que son consistentes con las expectativas para pastas enriquecidas, manteniendo un equilibrio entre dureza y fracturabilidad que asegura tanto la calidad estructural como la aceptabilidad sensorial del producto final.

3. IMPACTO DEL PROYECTO

3.1. Impacto técnico.

La innovación técnica que representa la inclusión de harina de zanahoria blanca en la formulación de productos alimenticios, como pastas, yogures, y salchichas, refleja un avance significativo en la industria alimentaria. Este enfoque no solo diversifica las opciones de ingredientes disponibles, sino que también permite mejorar el perfil nutricional de los productos. La harina de zanahoria blanca es rica en fibra, vitaminas y minerales, lo que la convierte en una alternativa saludable frente a la sémola de trigo convencional. Además, el extracto de apio aporta antioxidantes naturales, mejorando tanto la estabilidad como las propiedades sensoriales del producto final. Desde un punto de vista técnico, esto implica que la industria alimentaria puede producir productos más alineados con las tendencias de consumo saludable, sin sacrificar la calidad o la aceptabilidad del consumidor. Esta innovación también permite la adaptación de tecnologías de procesamiento existentes, facilitando la integración de estos ingredientes en líneas de producción convencionales.

3.2. Impacto social.

El uso de ingredientes locales como la zanahoria blanca tiene un impacto social significativo, especialmente en comunidades rurales y agrícolas. Al fomentar la producción de estos cultivos, se promueve la autosuficiencia alimentaria y se reduce la dependencia de ingredientes importados. Esto puede conducir a un aumento en la seguridad alimentaria local, al mismo tiempo que fortalece la economía de las comunidades productoras. Además, la diversificación de productos alimenticios con ingredientes locales ayuda a preservar y revitalizar las tradiciones culinarias regionales, lo que es crucial para la identidad cultural. Esta revitalización cultural también puede tener un efecto multiplicador en el turismo gastronómico, atrayendo a visitantes interesados en experiencias culinarias auténticas y regionales, lo que a su vez genera ingresos adicionales para las comunidades locales.

3.3. Impacto económico.

Desde una perspectiva económica, la utilización de zanahoria blanca y apio en la producción de alimentos tiene el potencial de crear nuevas oportunidades de mercado. Al incrementar la demanda de estos cultivos, los agricultores locales pueden beneficiarse de precios más estables y mayores ingresos. Además, la industria alimentaria podría reducir costos al disminuir la dependencia de materias primas importadas, lo que puede ser especialmente beneficioso en mercados volátiles. La creación de nuevos productos basados en ingredientes locales también puede atraer a consumidores interesados en alimentos saludables y sostenibles, lo que amplía la base de mercado y potencialmente mejora la competitividad de las empresas que adoptan estas prácticas. A largo plazo, este enfoque puede estimular la inversión en infraestructura agrícola y procesamiento de alimentos, lo que a su vez puede generar empleos y fortalecer la economía regional.

3.4. Impacto ambiental.

En términos de sostenibilidad, la sustitución de la sémola de trigo por harina de zanahoria blanca representa un paso hacia una agricultura más diversificada y respetuosa con el medio ambiente. El cultivo de zanahoria blanca, al ser una especie menos común que el trigo, contribuye a la diversificación agrícola, lo que puede reducir la presión sobre los monocultivos y, por ende, los riesgos asociados a plagas y enfermedades. Además, este tipo de diversificación promueve la conservación de la biodiversidad agrícola, lo cual es esencial para la resiliencia de los sistemas alimentarios ante el cambio climático. El uso de ingredientes locales también reduce la huella de carbono asociada con el transporte de materias primas, contribuyendo a un menor impacto ambiental. Asimismo, al promover prácticas agrícolas más sostenibles y menos intensivas, se puede mejorar la salud del suelo y reducir la dependencia de insumos agrícolas como fertilizantes y pesticidas químicos, favoreciendo un ciclo productivo más ecológico.

4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

PRESUPUESTO PARA LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE SÉMOLA DE TRIGO POR HARINA DE ZANAHORIA BLANCA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA PASTA ZABORIZADA CON EXTRACTO DE APIO				
Recursos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
INSUMOS PRIMARIOS				
Zanahoria blanca	14515	g	0,35	11
Apio	9071,85	g	0,42	8,5
Sal	1000	g	0,62	0,62
Aceite	390	ml	1,75	1,75
Huevo	9000	g	0,14	2
Agua	6	l	1,6	1,6
SUBTOTAL				25,47
EQUIPOS E INSTRUMENTOS				
Balanza digital	1	u	26,00	26,00
Deshidratadora	2	u	200,00	400
Laminadora	1	u	45,00	45,00
Rebanadora	1	u	349,00	349,00
Molino	1	u	610,00	610,00
Acidómetro	1	u	183,43	183,43
Cocina industrial	1	u	1236,00	1236,00

SUBTOTAL				2849,43
MATERIALES Y SUMINISTROS				
Tablas de picar	4	u	4,00	16,00
Cuchillo	2	u	25,75	51,5
Etiquetas	2	u	0,02	1,2
Cucharas de acero inoxidable	3	u	0,75	2,25
Tanque de gas	1	u	3,50	3,50
Ollas de acero inoxidable	2	u	174,00	348
Cernidor de acero inoxidable	1	u	2,72	2,72
Bolillo	1	u	1,55	1,55
Bandejas de acero inoxidable	3	u	41,05	123,15
SUBTOTAL				549,87
REACTIVOS				
Agua destilada	4	l	0,46	1,85
Ácido cítrico	20	g	0,02	0,40
Fenolftaleína	1	l	4,55	4,55
Hidróxido de sodio	1	l	7,50	7,50
Hipoclorito	1	l	2,50	2,50
SUBTOTAL				16,8
ANÁLISIS DE LABORATORIO				
Análisis proximal	2	u	280,00	280,00
Perfil fitoquímico	1	u	50,00	50,00

Capacidad antioxidante	1	u	50,00	50,00
Tabla nutricional	1	u	7,81	7,81
Análisis microbiológicos	1	u	20,28	20,28
SUBTOTAL				408,09
TOTAL, DE GASTOS				3849,66

Fuente: (Cabascango & Calvopiña, 2024)

5. CONCLUSIONES

La sustitución de harina de zanahoria blanca y extracto de apio en la pasta mejora significativamente su perfil nutricional y sensorial, el tratamiento óptimo mostró un contenido de humedad del 4.2%, proteína total del 11.6%, grasa del 3.78%, fibra dietética del 11.8%, ceniza del 2.75% y carbohidratos del 66%, lo que lo posiciona como un producto con un perfil nutricional saludable; además, cumplió con las normas establecidas en los parámetros microbiológicas, garantizando su seguridad para el consumo.

El extracto de apio contiene una cantidad significativa de flavonoides y polifenoles, lo que confirma su potencial antioxidante; estos compuestos contribuyen a las propiedades funcionales del producto final, mejorando su aceptación haciéndose así más atractivo para el consumidor solo su valor nutricional sino también sus características sensoriales.

Es importante evaluar las propiedades funcionales demostró que el tratamiento seleccionado (T4: 40% de harina de zanahoria blanca y 3% de extracto de apio) presenta un tiempo de cocción adecuado, un porcentaje de hinchamiento aceptable y un bajo grado de desintegración, lo que garantiza una textura firme y agradable. En la evaluación sensorial, este tratamiento fue el más aceptado por los catadores, destacando por su equilibrio entre firmeza, sabor y color.

6. RECOMENDACIONES

Uno de los puntos críticos de la temperatura de deshidratación dentro del rango mencionad para asegurar una evaporación uniforme del agua y preservar la textura y sabor del producto final. Evitar temperaturas superiores a 70 °C, ya que podrían desnaturalizar el producto y reducir su calidad

Para determinar el mejor tiempo de cocción y mejorar la eficiencia en la preparación, considera la relación masa volumen y utilizar una combinación de 40% de sustitución de harina con 8% de extracto de apio o 60% de harina con 3% de apio. Estas combinaciones no solo reducen el tiempo de cocción, sino que también mejoran la textura de la pasta. Con respecto a la desintegración es recomendable usas bajos porcentajes de harina de zanahoria blanca ya que una cantidad excesiva provoca un alto grado de desintegración haciendo que la pasta de fideo tipo fettuccine no tenga una buena textuta.

7. BIBLIOGRAFIA

- Agua, K. (2020). *ELABORACIÓN DE FIDEOS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO (Genus triticum) POR HARINA DE CAMOTE (Ipomoea batatas) Y EXTRACTO DE ZANAHORIA (Daucus carota)*.
- Álvarez-Parrilla, E., De La Rosa, L. A., Martínez, N. R., & González-Aguilar, G. A. (2007). Total phenols and antioxidant activity of commercial and wild tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) from Sinaloa, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 226-231. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.12.010>
- Andrade, J. (2021). *ANÁLISIS DE SISTEMAS DE ALAMCENAMIENTO PARA BRÓCOLI (Brassica oleraceae) Y APIO (Apium graveolens) EN CENTROS DE DISTRIBUCION DEL CANTON AMBATO*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Astiz, V., Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2023). Propiedades fisicoquímicas de harinas de trigo y avena de alta calidad panadera. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 121(2), 113. <https://doi.org/10.24215/16699513e113>
- Berenger, E. (2017). CEREALES. *Cereales*, 3–4.
- Brennan, C. S., & Tudorica, C. M. (2007). Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of doughnuts. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(5), 503-510. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01357.x>
- Brennan, C. S., Derbyshire, E., Tiwari, B. K., & Brennan, M. A. (2016). Impact of dietary fibre-rich ingredients on the nutritional quality and physical characteristics of pasta. *Journal of Food Quality*, 39(4), 281-291. <https://doi.org/10.1111/jfq.12212>

- Bustillos, K. (2022). *Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cia. Ltda.*
- Cabascango, O. (2018). *MANUAL DE DESHIDRATACIÓN Fruta deshidratada, el mejor snack para una mejor alimentación AUTOR: Omar Cabascango.*
- Cañar, A. (2023). *Influencia del uso de cultivos andinos Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en el desarrollo de galletas dulces.*
- Carrero, Y., Dávila, M., Moya, J., Núñez, I., Acosta, M., & Aranda, C. (2018). *ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza* bancr) POTENCIAL FITOFÁRMACO: MINI REVISIÓN.*
<https://www.researchgate.net/publication/326449587>
- Estrada, D., Martínez, J., González Martha, & Pineda Manuel. (2014). *Diseno_trigo-jupateco-version-110614-revisado. Caracterización Agronómica y Económica Del Trigo (*Triticum Aestivum*) Variedad Jupateco, En La Comunidad La Colmena, Jinotega, Nicaragua2014.*
- ETA. (2021). *MANUALES PRÁCTICOS PARA LA ELABORACIÓN DE BIOINSUMOS 10. Elaboración de Extractos Vegetales.*
<https://www.gob.mx/produccionparaelbienestar>
- Fernández, V. (2020). *DISEÑO DE UN RECETARIO NUTRICIONAL CON PRODUCTOS Y PREVENIR EL COVID 19 EN ADULTOS DE 40 Y 60 AÑOS EN LA PARROQUIA SANTA ANA CANTÓN SALCEDO.*
- Ferrato, J. (2011). *EL APIO Y SU CULTIVO FORZADO EN ARGENTINA. EL APIO Y SU CULTIVO FORZADO EN ARGENTINA.*
- Fito, P., Andrés, A., Barat, J., & Albors, A. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente.* Editorial U.P.V.

- Gómez, R. L., Valencia, M. E., Ramírez, C. A., & Herrera, R. L. (2011). Flavonoids: Antioxidant properties and their potential use as functional food ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5), 126-134. <https://doi.org/10.1021/jf103892p>
- González, L., & Martínez, I. (2018). Sensory Analysis and Consumer Preferences in Food Product Development. *Food Quality and Preference*, 68, 109-118
- Guevara, J., & Mendoza, M. (2023). *HARINA DE ZANAHORIA BLANCA Y DE MALANGA COMO SUSTANCIAS DE RELLENO ALTERNATIVAS EN LA ELABORACIÓN DE MORTADELA TIPO III AUTORES: JHADIRA FERNANDA GUEVARA MUÑOZ.*
- INEN. (2000). *PASTAS ALIMENTICIAS O FIDEOS.REQUISITOS.*
- ISO 22000. (2018). *Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria.* www.iso.org
- López-Sobaler, A. M., Salas-González, M. D., Cuadrado-Soto, E., Aparicio, A., González-Rodríguez, L. G., López-Sobaler, A. M., Salas-González, M. D., Cuadrado-Soto, E., Aparicio, A., & González-Rodríguez, L. G. (2023). Impact of egg consumption on the nutritional status of young adults. *Nutrición Hospitalaria*, 40(SPE2), 24–28. <https://doi.org/10.20960/nh.04950>
- Llumiquinga, N. (2022). *Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería.* Universidad Técnica de Ambato.
- Macías, J. (2020). *ELABORACIÓN DE UN SNACK A PARIT DE HORTALIZAS NO TRADICIONALES COMO ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza), PAPA NABO (Brassica rapa subsp. rapa) Y OCA (Oxalis tuberosa).*
- 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.”*

- Mazón, N., Castillo, R., Hermann, M., & Espinosa, P. (1996). *LA ARRACHA O ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) EN ECUADOR* (Miscelánea, Ed.; DENAREF).
- Meza, J. (2020). *EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LA ZANAHORIA NARANJA (Daucus carota) Y ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza), COMO HARINAS NO TRADICIONALES PARA LA ELABORACIÓN DE PAN DULCE*.
- Miean, K. H., & Mohamed, S. (2001). Flavonoid (Myricetin, Quercetin, Kaempferol, Luteolin, and Apigenin) Content of Edible Tropical Plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(6), 3106-3112. <https://doi.org/10.1021/jf000892m>
- Moreiras. (2020). Verduras y Hortalizas. *Apio*, 153–154.
- Narváez, C. (2017). *CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ACEPTABILIDAD DE SNACK DE APIO (Apium grevaolens) CORTADOS EN DOS FORMATOS Y ELABORADOS POR DOS MÉTODOS DE SECADO*. Universidad de Chile.
- Olmos, J. (2014). *Análisis sensorial*.
- Padalino, L., Mastromatteo, M., Sepielli, G., & Taranto, A. (2013). Effect of durum wheat debranning on the raw and cooked quality of spaghetti. *Journal of Cereal Science*, 58(1), 135-140. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.04.001>
- Palma, D. (2021). *ELABORACIÓN DE FILETES DE TILAPIA (Oreochromis sp.) AHUMADA APLICANDO APIO (Apium graveolens) Y LAUREL (Laurus nobilis) DESHIDRATADO COMO CONSERVANTE ANTIMICROBIANO EMPACADO AL VACÍÓN TECNOLÓGICAMENTE*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2(4), 152-159. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)01018-2](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)01018-2)

- Rodríguez, X., & Rojas, F. (2022). Valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile. *Memorias Del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud*, 20(3), 97–107. <https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2022.020.03.97>
- Romero, I., Recillas Jesús, & Monroy, M. (2015). Evaluación del contenido de flavonoides y capacidad antioxidante en los extractos de apio (*Apium graveolens*). In *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences* (Vol. 4, Issue 2).
- Roura, A., Tapia, C., Tacán, M., & Paredes, N. (2024a). *ZONAS DE CONSERVACION DE 25 CULTIVOS EN ECUADOR*. <https://www.researchgate.net/publication/377979284>
- Roura, A., Tapia, C., Tacán, M., & Paredes, N. (2024b). *ZONAS DE CONSERVACION DE 25 CULTIVOS EN ECUADOR*. <https://www.researchgate.net/publication/377979284>
- Sissons, M., Ames, N., & Hare, R. A. (2010). Effect of cultivar, environment and their interaction on durum wheat quality and spaghetti cooking quality. *Journal of Cereal Science*, 52(2), 280-285. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.05.008>
- Ulloa, J. H., Cifuentes, S., Figueroa, V., Van Uden, E., & Tafur, S. (2021). Importancia y beneficios del consumo de huevo de gallina enriquecido con selenio: revisión narrativa. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(3), 124–129. <https://doi.org/10.35454/rncm.v4n3.238>
- Wood, J. A. (2009). Texture, sensory and instrumental evaluation of pasta made from different classes of durum wheat and wild emmer wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 49(1), 140-148. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.07.015>

