

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Desarrollo de una pasta nutritiva a base de harina
de trigo, camote y espinaca**

**Tesis para obtener el título profesional de
Ingeniero Agroindustrial**

Autores:

Bach. Nizama Chapoñan, Angie Geraldine
Bach. Rodriguez Morales, Fiorela Zulema

Asesora:

Dra. Paucar Menacho, Luz María
DNI. N° 08099817
Código ORCID: 0000-0001-5349-6167

Co - Asesora:

Dra. Salvador Reyes, Rebeca
DNI. N° 70175358
Código ORCID: 0000-0002-7422-5742

Nuevo Chimbote - Perú
2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente tesis para título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadro dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa de acuerdo a la denominación siguiente

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

“DESARROLLO DE UNA PASTA NUTRITIVA A BASE DE HARINA DE TRIGO,
CAMOTE Y ESPINACA”

AUTORES:

Bach. NIZAMA CHAPOÑAN ANGIE GERALDINE

Bach. RODRIGUEZ MORALES FIORELA ZULEMA

Dra. Luz María Paucar Menacho

ASESORA

DNI: 08099817

Código Orcid: 0000-0001-5349-6167

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente trabajo de Tesis titulado **“DESARROLLO DE UNA PASTA NUTRITIVA A BASE DE HARINA DE TRIGO, CAMOTE Y ESPINACA”**, desarrollado en el cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al Reglamento General para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa presentado por los bachilleres: NIZAMA CHAPOÑAN ANGIE GERALDINE y RODRIGUEZ MORALES FIORELA ZULEMA, que tienen como asesora a la Dra. Luz María Paucar Menacho, según T. Resolución Decanal N°255-2023-UNS-FI. Ha sido revisado y evaluado por el siguiente jurado evaluador, designado mediante T/Resolución N° 084-2025-UNS-CFI.

Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Presidente del Jurado
DNI: 32975182
Código Orcid: 0000-0003-0488-5726

Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretario
DNI: 08099817
Código Orcid: 0000-0001-5349-6167

Dr. Daniel Ángel Sanchez Vaca
Integrante
DNI: 18146173
Código Orcid: 0000-0003-4326-1852

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 horas del día doce de agosto del dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 084-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda** (Presidente)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Secretario)
- **Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca** (Integrante)
- **Dr. Wilson Daniel Símpalo López** (Accesitario)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado:

“DESARROLLO DE UNA PASTA NUTRITIVA A BASE DE HARINA DE TRIGO, CAMOTE Y ESPINACA” elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **NIZAMA CHAPOÑAN ANGIE GERALDINE**
- **RODRIGUEZ MORALES FIORELA ZULEMA**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Luz María Paucar Menacho**

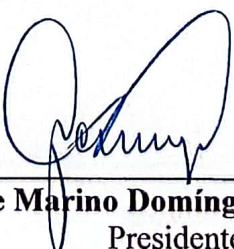
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
RODRIGUEZ MORALES FIORELA ZULEMA	18.0	BUENO

Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 12 de agosto del 2025.


Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Presidente
Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretario
Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 horas del día doce de agosto del dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 084-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda** (Presidente)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Secretario)
- **Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca** (Integrante)
- **Dr. Wilson Daniel Símpalo López** (Accesitario)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado:

“DESARROLLO DE UNA PASTA NUTRITIVA A BASE DE HARINA DE TRIGO, CAMOTE Y ESPINACA” elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **NIZAMA CHAPOÑAN ANGIE GERALDINE**
- **RODRIGUEZ MORALES FIORELA ZULEMA**

Asimismo, tiene como Asesor a la docente: **Dra. Luz María Paucar Menacho**

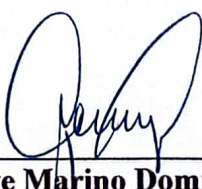
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
NIZAMA CHAPOÑAN ANGIE GERALDINE	18.0	BUENO

Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 12 de agosto del 2025.


Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Presidente


Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretario


Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca
Integrante



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: user user
Título del ejercicio: ESARROLLO DE UNA PASTA NUTRITIVA A BASE DE HARINA DE ...
Título de la entrega: TESIS FINAL NIZAMA Y RODRIGUEZ.pdf
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_NIZAMA_Y_RODRIGUEZ.pdf
Tamaño del archivo: 4.53M
Total páginas: 171
Total de palabras: 31,247
Total de caracteres: 166,596
Fecha de entrega: 12-feb.-2025 08:36p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2587143609

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



"DESARROLLO DE UNA PASTA NUTRITIVA A BASE DE HARINA
DE TRIGO, CAMOTE Y ESPINACA"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

Autores:

Bach. Angie Geraldine Nizama Chapoñan
Bach. Fiorela Zulema Rodríguez Morales

Asesora:

Dra. Luz María Paucar Menacho
D.N.I. N° 08099817
Codigo ORCID: 0000-0001-5349-6167

Co-Asesora:

Ms. Rebeca Salvador Reyes

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

14%

2

repositorio.unab.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

4

upc.aws.openrepository.com

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to University College Technology
Sarawak

Trabajo del estudiante

<1%

6

Submitted to Universidad Nacional del Santa

Trabajo del estudiante

<1%

7

Submitted to Universidad de Costa Rica

Trabajo del estudiante

<1%

8

repositorio.upec.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

9

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

10

Submitted to Universiti Sains Malaysia

Trabajo del estudiante

<1%

11

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

DEDICATORIA

A Dios, quien me permite realizar todos mis proyectos, me da la fortaleza para seguir adelante a pesar de las adversidades y guiarme en cada paso de mi vida universitaria.

A nuestras familias, por sus sacrificios, comprensión, cariño y consejos. Son ejemplo a seguir y siempre están ahí para apoyarnos en todo momento. Gracias a ellos seremos buenos profesionales.

A nuestros docentes de la Universidad Nacional del Santa, por su apoyo, dedicación y por inculcarme las habilidades necesarias para enfrentar el mercado laboral que me espera.

A nuestra asesora, por guiarme en la elaboración de este trabajo y a lo largo de mi carrera universitaria, brindándome su apoyo para mi desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios por permitirnos alcanzar este logro en nuestras vidas y carreras profesionales. Cada paso logrado es un verdadero triunfo.

Agradecemos a la Universidad Nacional del Santa, especialmente a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, a todos los docentes y al personal que la conforma, por brindarnos el entorno y los conocimientos necesarios durante esta etapa de nuestro desarrollo profesional.

Extendemos nuestro agradecimiento a nuestra asesora, la Dra. Luz María Paucar Menacho, por su tiempo, paciencia y contribución durante el inicio, desarrollo y culminación de este informe.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	ii
AVAL DEL JURADO EVALUADOR.....	iii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN	18
II. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Camote	21
2.1.1. Generalidades	21
2.1.2. Usos en la Industria de Alimentos	22
2.1.3. Aporte Nutricional	23
2.1.4. Harina de camote	24
2.2. Espinaca	26
2.2.1. Generalidades	26
2.2.2. Variedades	27
2.2.2.1. Viroflay	27
2.2.2.2. Quinto	27
2.2.2.3. Bolero.....	27
2.2.3. Aporte nutricional.....	28
2.2.4. Harina de espinaca.....	30
2.3. Trigo.....	30

2.3.1.	Generalidades	30
2.3.2.	Variedades	32
2.3.2.1.	Trigos duros.....	32
2.3.2.2.	Trigos blandos	32
2.3.3.	Aporte nutricional.....	33
2.3.4.	Harina de trigo	35
2.4.	Pastas Alimenticias	36
2.4.1.	Ingredientes básicos que componen las pastas	37
2.4.2.	Formulación base de la pasta.....	37
2.4.3.	Clasificación	38
2.4.3.1.	Por el contenido de humedad	38
2.4.3.2.	Por el proceso de fabricación	38
2.4.3.3.	Por su forma	38
2.4.4.	Atributos de la Calidad de las Pastas.....	39
2.4.4.1.	Color.....	39
2.4.4.2.	Textura	39
2.4.4.3.	Humedad	39
2.5.	Fibra Dietética.....	40
2.6.	Polifenoles totales	41
2.7.	Capacidad Antioxidante.....	42
2.8.	Diseño de mezclas	42
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	43

3.1.	Lugar de Ejecución	43
3.2.	Materiales y equipos	44
3.3.	Metodología	47
3.3.1.	Proceso de Obtención de Harinas	48
3.3.1.1.	Harina de Camote	48
3.3.1.2.	Harina de Espinaca	50
3.3.2.	Proceso de Elaboración de las Pastas	53
3.3.3.	Métodos de caracterización de las materias primas	56
3.3.4.	Rendimiento de las Harinas de Camote y Espinaca	57
3.3.5.	Caracterización Reologica de la Harina de Trigo	57
3.3.6.	Caracterización Tecnológica de las Pastas	58
3.3.7.	Análisis Proximal del mejor tratamiento	59
3.3.8.	Caracterización de Compuestos Bioactivos	60
3.3.9.	Determinación de Vida Útil	62
3.4.	Diseño experimental	62
3.4.1.	Variables Independientes	62
3.4.2.	Variables Dependientes	63
3.4.3.	Diseño Estadístico	63
3.4.4.	Análisis Estadístico	64
3.4.5.	Formulaciones de la Pasta	65
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1.	Caracterización de las Materias primas	65

4.1.1.	Harina Trigo	65
4.1.1.1.	Composición proximal	65
4.1.1.2.	Colorimetría	66
4.1.2.	Harina de Camote	67
4.1.2.1.	Composición Proximal.....	67
4.1.2.2.	Colorimetría	68
4.1.3.	Harina de Espinaca	69
4.1.3.1.	Composición proximal	69
4.1.3.2.	Colorimetría	70
4.2.	Caracterización Reológica de la Harina de Trigo	71
4.2.1.	Amilograma	71
4.2.2.	Farinograma.....	73
4.2.3.	Extensograma	76
4.3.	Determinación del Rendimiento de la Harina de Camote y Espinaca.	79
4.4.	Evaluación de las Características Tecnológicas de cada tratamiento.	80
4.4.1.	Prueba de Cocción	82
4.4.1.1.	Tiempo de cocción	82
4.4.1.2.	Aumento de masa	85
4.4.1.3.	Pérdida de sólidos.....	87
4.4.2.	Textura Instrumental.....	90
4.4.3.	Color Instrumental	92
4.4.3.1.	Luminosidad.....	92

4.4.3.2.	Cromaticidad	95
4.4.3.3.	Angulo de tonalidad	97
4.5.	Optimización conjunta de las variables respuesta	100
4.6.	Evaluación de las Características Sensoriales de los mejores tratamientos...	102
4.6.1.	Evaluación sensorial del Color	102
4.6.2.	Evaluación sensorial del Sabor.....	105
4.6.3.	Evaluación sensorial del Olor.....	107
4.6.4.	Evaluación sensorial de la Textura.....	110
4.6.5.	Evaluación de la Aceptabilidad general	112
4.7.	Caracterización Proximal del mejor tratamiento	116
4.8.	Determinación de Polifenoles totales y Capacidad Antioxidante del mejor tratamiento	119
4.9.	Determinación de la Vida Útil del mejor Tratamiento	122
V.	CONCLUSIONES	125
VI.	RECOMENDACIONES	127
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
VIII.	ANEXOS	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del Camote morado por cada 100 g	23
Tabla 2. Composición nutricional de la harina de camote	24
Tabla 3. Composición Nutricional de la espinaca por cada 100 g	28
Tabla 4. Composición Nutricional del Trigo por cada 100 g	33
Tabla 5. Composicion Nutricional de la Harina de Trigo por cada 100 g.....	35
Tabla 6. Formulación base de la pasta.....	36
Tabla 7. Límites de las Variables Independientes del Diseño de Mezlcas.....	62
Tabla 8. Diseño de Mezclas establecidas por el Design Expert 7.0	63
Tabla 9. Formulación base para la elaboración de la pasta	64
Tabla 10. Composición Proximal de la Harina de Trigo	64
Tabla 11. Colorimetría de Harina de Trigo	65
Tabla 12. Composición Proximal de la Harina de Camote	66
Tabla 13. Colorimetría de la Harina de Camote	67
Tabla 14. Composición Proximal de la Harina de Espinaca	68
Tabla 15. Colorimetría de la Harina de Espinaca.....	69
Tabla 16. Amilograma de la Harina de Trigo.....	71
Tabla 17. Farinograma de la Harina de Trigo	73
Tabla 18. Extensograma de la Harina de Trigo	76
Tabla 19. Rendimiento de las Harinas de Camote y Espinaca	78
Tabla 20. Evaluación de las Características Tecnológicas de las pastas.....	80
Tabla 21. Optimización de la pasta nutritiva con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca.....	100
Tabla 22. Tabla ANOVA para COLOR por TRATAMIENTOS.....	101
Tabla 23. Pruebas de Múltiple Rangos para COLOR por TRATAMIENTOS	102

Tabla 24. Tabla ANOVA para SABOR por TRATAMIENTOS	104
Tabla 25. Pruebas de Múltiple Rangos para SABOR por TRATAMIENTOS	104
Tabla 26. Tabla ANOVA para OLOR por TRATAMIENTOS	106
Tabla 27. Pruebas de Múltiple Rangos para OLOR por TRATAMIENTOS.....	107
Tabla 28. Tabla ANOVA para TEXTURA por TRATAMIENTOS.....	109
Tabla 29. Pruebas de Múltiple Rangos para TEXTURA por TRATAMIENTOS	109
Tabla 30. Tabla ANOVA para ACEPTABILIDAD GENERAL por TRATAMIENTOS	111
Tabla 31. Pruebas de Múltiple Rangos para ACEPTABILIDAD GENERAL por TRATAMIENTOS	112
Tabla 32. Caracterización Proximal del mejor tratamiento	115
Tabla 33. Polifenoles totales y Actividad Antioxidante de los mejores tratamientos ..	119
Tabla 34. Evaluación de la acidez titulable a 45°C y a una humedad relativa del medio ambiente	121
Tabla 35. Determinación de los parámetros L, a* y b* de las pastas nutritivas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Camote Morado	21
Figura 2. Variedades de Espinaca	27
Figura 3. Partes del grano de trigo.....	31
Figura 4. Metodología de la Obtención de la Harina de Camote	47
Figura 5. Metodología de Obtención de la Harina de Espinaca	50
Figura 6. Metodología para la elaboración de la Pasta.....	52
Figura 7. Amilograma de la Harina de Trigo	71

Figura 8. Farinograma de la Harina de Trigo	73
Figura 9. Extensograma de la Harina de Trigo.....	76
Figura 10. Gráfico de Contorno para Tiempo de Cocción en las pastas nutritivas	82
Figura 11. Gráfico de Superficie de Respuesta para el Aumento de masa en las pastas nutritivas	85
Figura 12. Gráfico de Contorno para el Aumento de masa en las pastas nutritivas.....	85
Figura 13. Gráfico de Superficie de Respuesta para la Pérdida de sólidos de las pastas nutritivas	87
Figura 14. Gráfico de Contorno para la Pérdida de sólidos en las pastas nutritivas	88
Figura 15. Gráfico de Superficie de Respuesta para la Pérdida de sólidos de las pastas nutritivas	90
Figura 16. Gráfico de Contorno para la Pérdida de sólidos en las pastas nutritivas	90
Figura 17. Gráfico de Superficie de Respuesta para la Luminosidad de las pastas nutritivas	92
Figura 18. Gráfico de Contorno para la Luminosidad en las pastas nutritivas.....	93
Figura 19. Gráfico de Superficie de Respuesta para Cromaticidad de las pastas nutritivas	95
Figura 20. Gráfico de Contorno para la Cromaticidad en las pastas nutritivas.....	95
Figura 21. Gráfico de Superficie de Respuesta para Cromaticidad de las pastas nutritivas	97
Figura 22. Gráfico de Contorno para la Cromaticidad en las pastas nutritivas.....	98
Figura 23. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo COLOR de los tratamientos	103
Figura 24. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo SABOR de los tratamientos	105

Figura 25. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo OLOR de los tratamientos	108
Figura 26. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo OLOR de los tratamientos	110
Figura 27. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo OLOR de los tratamientos	113
Figura 28. Resumen de Evaluación Sensorial de los mejores tratamientos	114
Figura 29. Gráfico Ln(Acidez titulable) vs Tiempo	122
Figura 30. Elaboración de la harina de camote	143
Figura 31. Elaboración de la Harina de espinaca	144
Figura 32. Determinación de humedad de harinas y pastas	145
Figura 33. Determinación de Grasa de harinas y pastas.....	146
Figura 34. Determinación de Cenizas de harinas y pastas	147
Figura 35. Determinación de Proteínas de harinas y pastas	149
Figura 36. Determinación del Color Instrumental de harinas y pastas.....	150
Figura 37. Determinación del amilograma de la harina de trigo	152
Figura 38. Determinación del farinograma de la harina de trigo	153
Figura 39. Determinación de extensograma de la harina de trigo	155
Figura 40. Determinación del tiempo de cocción de las pastas.....	155
Figura 41. Pesado de las harinas	156
Figura 42. Pesado del huevo mas el agua.....	156
Figura 43. Homogenización del huevo más el agua.....	156
Figura 44. Adición al equipo de pastas la mezcla de harinas	156
Figura 45. Adición en forma de hilo la mezcla de huevo más agua.....	156
Figura 46. Corte de la pasta cada 30 cm aprox.....	156

Figura 47. Secado de las pastas a temperatura ambiente.....	156
Figura 48. Empaque y almacenamiento de las pastas	156
Figura 49. Tratamientos de pastas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca	157
Figura 50. Determinación del Aumento de masa de las pastas	158
Figura 51. Determinación de la Perdida de solidos.....	159
Figura 52. Determinación de la Textura de las pastas.....	160
Figura 53. Determinación de capacidad antioxidante	163
Figura 54. Determinación de compuestos fenólicos totales	166
Figura 55.. Panelistas semi-entrenados en la degustación de pastas tipo fettuccini con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca	171

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Balance de materia para la obtención de harina de camote.	143
Anexo 2. Balance de materia para la obtención de harina de espinaca.	144
Anexo 3. Determinación de Humedad de harinas y pastas	145
Anexo 4. Determinación de grasa de harinas y pastas	146
Anexo 5. Determinación de Cenizas de harinas y pastas	147
Anexo 6. Procedimiento de Determinación de Proteínas de harinas y pastas	148
Anexo 7. Determinación del Color Instrumentas de harinas y pastas	149
Anexo 8. Determinación del amilograma de la harina de trigo.....	152
Anexo 9. Determinación del farinograma de la harina de trigo	153
Anexo 10. Determinación de extensograma de la harina de trigo.....	154
Anexo 11. Determinación del tiempo de cocción de las pastas.....	155

Anexo 12. Elaboración de las pastas nutritivas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca.....	156
Anexo 13. Determinación del aumento de masa	158
Anexo 14. Determinación de la pérdida de sólidos	159
Anexo 15. Determinación de la Textura de las pastas.....	160
Anexo 16. Determinación de Capacidad Antioxidante (dp _{ph}).....	161
Anexo 17. Determinación de Compuestos Fenólicos Totales.....	163
Anexo 18. Anova par el modelo cubico para el Tiempo de Cocción de las pastas nutritivas	166
Anexo 19. Anova par el modelo cubico para el Aumento de Masa de las pastas nutritivas	167
Anexo 20. Anova par el modelo lineal para la Pérdida de Sólidos de las pastas nutritivas	167
Anexo 21. Anova par el modelo lineal para la Textura Instrumental (Dureza) de las pastas nutritivas	168
Anexo 22. Anova par el modelo cubico especial para la Luminosidad de las pastas nutritivas	168
Anexo 23. Anova par el modelo cubico especial para la Cromaticidad de las pastas nutritivas	169
Anexo 24. Anova par el modelo cubico para el Angulo de Tonalidad de las pastas nutritivas	169
Anexo 25. Formato de Análisis Sensorial por escala hedónica.....	170

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo mejorar la calidad de los productos de pastas, estableciendo la formulación óptima al utilizar harina de camote y harina de espinaca como sustitución parcial de la harina de trigo en la elaboración de pastas tipo fettucine con características tecnológicas, fisicoquímicas, funcionales y sensoriales . Para ello se utilizó un diseño de mezclas D-optimal para modificar los porcentajes de harina de camote (15-25%) y harina de espinaca (5-15%) como factores independientes. Se establecieron 14 tratamientos y una muestra de control que utilizó 100 % de harina de trigo. Para ello, se caracterizaron las harinas en función de su composición proximal y colorimetría.

Con la evaluación de las características tecnológicas (prueba de cocción, textura instrumental, color instrumental) de los 14 tratamientos y con ayuda de la evaluación sensorial (color, sabor, olor, textura y aceptabilidad)se determinó el tratamiento óptimo T5 (H. Trigo: 80%; H. Camote: 15% y H. Espinaca: 5%).

La composición química de la pasta óptima obtenida es: Humedad ($12.58 \pm 0,02\%$), Proteína ($15.32 \pm 0,03\%$), Grasa ($1.61 \pm 0,03\%$), Cenizas ($1.52 \pm 0,04\%$), Fibra dietaría ($5.5 \pm 0,05\%$) y Carbohidratos ($63.47 \pm 0,03\%$). Asimismo, presenta características físicas como Textura (4.62 mJ), Tiempo de cocción (12.3 minutos), Aumento de Masa (2.59 %). Pérdida de Sólidos (1.07 %), Luminosidad ($39.89 \pm 0,03$), Cromaticidad ($10.55 \pm 0,04$) y Ángulo de Tonalidad ($270.07 \pm 0,03$). Además, se destacan sus características bioactivas, con una capacidad antioxidante de $64.34 \pm 0.04 \mu\text{Mol Trolox/g}$ y polifenoles totales $43.37 \pm 0.07 \text{ mg GAE/100 g}$.

Palabra Clave: Pasta Óptima, Fettucine, Harina de camote, Harina de espinaca.

ABSTRACT

This study aims to improve the quality of pasta products by establishing the optimal formulation using sweet potato flour and spinach flour as partial substitutes for wheat flour in the production of fettucine-type pasta with technological, physicochemical, functional, and sensory characteristics. A D-optimal mixture design was used to modify the percentages of sweet potato flour (15-25%) and spinach flour (5-15%) as independent factors. Fourteen treatments and a control sample (using 100% wheat flour) were established. The flours were characterized based on their proximate composition and colorimetry.

The technological characteristics (cooking test, instrumental texture, instrumental color) of the 14 treatments were evaluated, and with the help of sensory evaluation (color, taste, odor, texture, and acceptability), the optimal treatment T5 was determined (Wheat Flour: 80%; Sweet Potato Flour: 15%; Spinach Flour: 5%). The chemical composition of the optimal pasta obtained is as follows: Moisture ($12.58 \pm 0.02\%$), Protein ($15.32 \pm 0.03\%$), Fat ($1.61 \pm 0.03\%$), Ash ($1.52 \pm 0.04\%$), Dietary Fiber ($5.5 \pm 0.05\%$), and Carbohydrates ($63.47 \pm 0.03\%$). Additionally, it presents physical characteristics such as Texture (4.62 mJ), Cooking Time (12.3 minutes), Mass Increase (2.59%), Solid Loss (1.07%), Lightness (39.89), Chromaticity (10.55), and Hue Angle (270.07). Moreover, its bioactive properties stand out, with an antioxidant capacity of $64.34 \pm 0.04 \mu\text{Mol Trolox/g}$ and total polyphenols of $43.37 \pm 0.07 \text{ mg GAE/100 g}$.

Keywords: Optimal Pasta, Fettucine, Sweet Potato Flour, Spinach Flour

I. INTRODUCCIÓN

En Perú, gran parte de la población enfrenta desafíos con su alimentación, ya que no sigue una dieta equilibrada y nutritiva debido a hábitos de consumo, falta de acceso a alimentos y desconocimiento nutricional (Torres, 2014, p. 7). El informe de la FAO sobre el "Estado de la Seguridad Alimentaria y Nutrición en el Mundo" destaca que persisten problemas de malnutrición en el país, incluyendo desnutrición crónica y problemas de sobrepeso y obesidad (FAO, 2020). La Encuesta Nacional de Hogares del INEI también revela que la ingesta de alimentos muestra un desequilibrio en la distribución de nutrientes, con un consumo excesivo de carbohidratos refinados, azúcares y grasas saturadas, y una ingesta insuficiente de proteínas, vitaminas y minerales esenciales (INEI, 2020). Estos problemas nutricionales son importantes de abordar para mejorar la salud y el bienestar de la población.

Por esta razón, es necesario adaptar los alimentos convencionales para obtener efectos beneficiosos para la salud, mejorando así la salud y reduciendo el riesgo de enfermedades. Estos alimentos modificados se conocen como alimentos funcionales (Trescastro-Lopez y Bernabeu-Mestre, 2015, p. 3).

Esta reciente inclinación en la forma de consumir ha generado un interés en explorar opciones para fabricar un tipo innovador de pasta alimenticia que esté enriquecida, introduciendo nuevas fuentes de proteínas y fibra. Esto se podría lograr mediante el uso parcial de harina de camote y harina de espinaca.

La espinaca es una verdura de hoja verde con un alto contenido de humedad (91%). Tiene un contenido lipídico entre 0.4% y 0.6%, un contenido proteico de aproximadamente 2.9% y buenos niveles de aminoácidos esenciales, excepto metionina y triptófano. Aunque su contenido de carbohidratos es bajo

(2%-10%), tiene un alto contenido de fibra (2.2%). El consumo de espinacas se ha relacionado con numerosos beneficios para la salud, además de poseer propiedades antioxidantes debido a su alto contenido de compuestos fenólicos. (Murcia et al., 2020)

El camote morado ha experimentado un notable aumento en su utilización en la producción de alimentos dietéticos, aperitivos y bebidas vegetales en los últimos tiempos (Truong et al., 2018, p 4). A nivel industrial, este tubérculo es ampliamente utilizado en varios países con diferentes propósitos. En China, se emplea para obtener almidón; en el Perú, se obtiene harina para la elaboración de alimentos panificados y fideos; en Japón, se elaboran salmueras en la leche fermentada; y en Filipinas, se extraen antocianinas (El Sheika et al., 2017). Estas diversas aplicaciones industriales destacan la versatilidad y la importancia nutricional del camote morado en distintos sectores.

Trávez & Yanqui (2017) desarrollaron fideos enriquecidos con soya, incorporando zanahoria (*Daucus carota* L.) y espinaca (*Spinaceae oleracea* L.). Estos fideos poseen un alto contenido de proteínas de alta calidad, cuyos aminoácidos esenciales están equilibrados, aunque con una relativa deficiencia de metionina y triptófano que compensan la carencia de lisina presente en la harina de trigo. A pesar de los buenos atributos sensoriales observados, se destaca la presencia del color verde característico de la espinaca, el cual no afecta su aceptación general.

Chamba (2023) nos hace mención que ha habido un creciente interés en la investigación de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes, especialmente debido a su potencial aplicabilidad en los campos de la salud y

la nutrición. Este estudio destaca que las harinas analizadas (harina de camote y mashua) presentan perspectivas prometedoras en términos de su valor nutricional y beneficios para la salud, gracias a su destacada capacidad antioxidante. Por lo tanto, se sugiere que estas harinas podrían ser utilizadas en la formulación de productos alimenticios destinados a mejorar la dieta de los consumidores, con la expectativa de generar un impacto positivo y directo en su bienestar.

El diseño experimental usado en esta investigación es un Diseño de Mezclas. Teniendo 15 tratamientos. Los resultados obtenidos se analizaron con la ayuda del software Design Expert. Este estudio de investigación de tesis tuvo como objetivo desarrollar un alimento que incrementará el contenido de nutrientes en productos de consumo generalizado, como las pastas. Para lograr esto, se enriqueció la pasta con fibra alimentaria y proteína vegetal, utilizando ingredientes funcionales como la harina de camote y la harina de espinaca.

Para esta tesis se planteó como problema de investigación ¿Cuál es el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y harina de espinaca en sus características fisicoquímicas, reológicas, tecnológicas, fibra dietética y vida útil en la elaboración de una pasta nutritiva?

Por lo que para resolver esta interrogante el objetivo principal de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de camote y harina de espinaca en sus características fisicoquímicas, reológicas, tecnológicas, fibra dietética, polifenoles totales, capacidad antioxidante y vida útil en la elaboración de una pasta nutritiva. Como objetivos específicos caracterizar fisicoquímicamente las harinas de trigo, camote y espinaca, evaluar las características reológicas de la harina de

trigo, determinar el rendimiento de las harinas de camote y espinaca, evaluar los parámetros tecnológicos (el color, tiempo de cocción, pérdida de sólidos, textura instrumental, firmeza, fuerza máxima de rotura de los 15 tratamientos, determinar el contenido de fibra dietética, contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante, vida útil y composición proximal de la mejor tratamiento.

La hipótesis formulada para esta investigación fue que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de espinaca (5-15%) y harina de camote (15-25%) influye favorablemente en sus características tecnológicas (color instrumental, tiempo de cocción, pérdida de sólidos, textura instrumental, firmeza, fuerza máxima de rotura) y nutricionales (contenido de fibra dietética, polifenoles totales y capacidad antioxidante) de la pasta que se elaboraron según las formulaciones planteadas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Camote

2.1.1. Generalidades

Es un tubérculo que se cultiva por el mundo entero con una producción de 150 millones de toneladas a nivel mundial. El camote es de fácil propagación y que no necesita muchos requerimientos nutricionales por lo que sus costos de producción son bajos. (Vidal et al., 2018, p. 3).

El camote pertenece a la familia de los convolvulaceae, del género *Ipomoea batatas* L. (Vidal et al., 2018, p. 3). Es una planta perenne y se reproduce principalmente de manera vegetativa, aunque en la práctica agrícola se la cultiva como una planta de ciclo anual. Esta materia prima no tiene un estado de madurez claramente definido y puede ser cosechada en diversos

momentos, dependiendo de los períodos de cultivo, los cuales pueden variar su duración considerablemente. El camote, por lo general, es una planta rastrera cuyos tallos se extienden de manera horizontal sobre el suelo, dando lugar a una estructura de follaje relativamente baja. (Esquivel y Velazquez, 2014, p. 13)

Figura 1. Camote Morado



Fuente: (Empresa Municipal de Mercados S.A. [EMMSA], 2020)

2.1.2. Usos en la Industria de Alimentos

A nivel global, el camote tiene aplicaciones industriales significativas. En China, se emplea específicamente para la extracción de almidón, el cual representa aproximadamente el 55% de su composición, en nuestro país se obtiene harina para producir alimentos de panificación y fideos, en Japón de igual manera se obtiene harina y también se generan salmueras a partir de la raíz y lacto-bebidas. (Vidal et al., 2018, p. 4). En Filipinas, se extraen las antocianinas del tubérculo con el fin de integrarlas en la leche fermentada por medio de la acción de la bacteria *Lactobacillus acidophilus*. La finalidad de este proceso es potenciar el sistema inmunológico mediante las propiedades antioxidantes de las antocianinas y evitar la generación de

radicales libres. (El Sheika et al. ,2017, como cito Vidal et al., 2018, p. 4). En los Estados Unidos, se han agregado compuestos bioactivos derivados de la pulpa del camote, como carotenoides, vitaminas, polifenoles y fibra, a los jugos de grosella negra, arándanos y moscatel. (Tang et al. ,2015, como cito Vidal et al., 2018, p. 4). La finalidad de esta incorporación es proporcionar un efecto protector contra enfermedades crónicas. (Vidal et al., 2018, p. 5).

2.1.3. Aporte Nutricional

En los últimos años, el camote ha despertado un gran interés en la comunidad científica debido a sus propiedades nutricionales y funcionales excepcionales. Los diversos componentes presentes en las diferentes partes de la batata (tubérculo, hojas y tallo), como los carbohidratos, proteínas, lípidos, carotenoides, antocianinas, ácidos fenólicos conjugados y minerales bioactivos, han sido objeto de investigación. La combinación única de estos nutrientes en esta materia prima contribuye a una variedad de beneficios para la salud, incluyendo efectos antioxidantes, hepatoprotectores, antiinflamatorios, antitumorales, antidiabéticos, antimicrobianos, antiobesidad y antienvejecimiento. Estas propiedades hacen del camote un objeto de estudio prometedor en la búsqueda de alimentos funcionales y nutraceuticos. (Wang et al.,2016).

El camote se utiliza en muchos usos en las industrias alimentaria y de alimentación doméstica. Se considera como fuente de alimentos funcionales por su alto contenido en compuestos fisiológicamente activos como las vitaminas A, C, E, tiamina, riboflavina y niacina, así como también contiene

una buena cantidad de minerales y aminoácidos esenciales. (Ibrahium y Hegazy, 2014).

Tabla 1. Composición nutricional del Camote morado por cada 100 g

Composición por cada 100 g	(Ministerio de Salud et al., 2017, p. 66)	(Flores, 2019, p. 13)
Energia (kcal)	105	-
Agua (g)	71.6	-
Proteína (g)	1.4	1.37
Grasa (g)	0.3	0.14
Fibra (g)	-	2.5
Carbohidratos totales (g)	25.7	17.72
Cenizas (g)	1	-
Calcio (mg)	36	34
Fosforo (mg)	40	29
Hierro (mg)	1.4	0.5
Vitamina A (µg)	11	-
Tiamina (mg)	0.08	-
Riboflavina (mg)	0.05	-
Niacina (mg)	0.82	-
Vitamina C (mg)	13.6	-

Fuente: Elaboración propia

2.1.4. Harina de camote

El camote tiene la opción de ser consumida de forma directa o transformarse en un componente utilizado en la producción de diversos alimentos, tales

como bebidas, refrigerios, pan, pasteles y fideos. (Zhang et al., 2023, p. 1).

Al convertir el camote en ingredientes alimentarios, se obtienen importantes beneficios como una mayor facilidad en su almacenamiento, transporte y manipulación, además de una prolongación en su vida útil y una ampliación de aplicaciones. Generalmente, la batata se somete a procesos de transformación para obtener harina o almidones. (Zhang et al., 2023, p. 1)

La harina de camote es un producto derivado del (*Ipomoea batatas*), también conocido como batata o boniato. Se obtiene al lavar, pelar, cortar en finas rodajas finas el camote, esparcir en una bandeja y secar al horno a 60°C durante 10 horas, luego moler y pasar por un tamiz de malla 80, finalmente así se obtiene la harina de camote. (Julianti et al., 2017, p. 172).

Tabla 2. Composición nutricional de la harina de camote

Composición por cada 100 g	(Ministerio de Salud et al, 2017, p. 66)	(Jemziya y Mahendran, 2017, p 17)	Composición por cada 100 g	(Ponka et al., 2022, p. 4)
Energia (kcal)	341	348.31 ± 1.33	Energia (%)	
Agua (g)	9.9	8.43 ± 0.15	Humedad (%)	8.10 ± 0.15
Proteína (g)	2.1	2.57 ± 0.25	Proteína (%)	2.30 ± 0.20
Grasa (g)	0.9	0.55 ± 0.05	Grasa (%)	0.52 ± 0.01
Fibra (g)	-	3.87 ± 0.21	Fibra (%)	9.40 ± 0.16
Carbohidratos totales (g)	84.3	83.27 ± 0.03	Carbohidratos solubles totales (%)	85.48 ± 0.41
Cenizas (g)	2.8	1.3 ± 0.09	Cenizas (%)	3.60 ± 0.15
Calcio (mg)	153	-	Calcio (%)	-

Fosforo (mg)	99	-	Fosforo (%)	-
Hierro (mg)	5.7	-	Hierro (%)	-
Vitamina A (µg)	709	-	Vitamina A (µg)	-
Tiamina (mg)	0.17	-	Tiamina (mg)	-
Riboflavina (mg)	0.17	-	Riboflavina (mg)	-
Niacina (mg)	1.67	-	Niacina (mg)	-
Vitamina C (mg)	7.9	-	Vitamina C (mg)	-

Fuente: elaboración propia

2.2. Espinaca

2.2.1. Generalidades

La espinaca es una planta de hojas perteneciente a la familia Chenopodiaceae, propia de estaciones frías. Presenta una raíz pivotante que puede alcanzar hasta un metro de profundidad. Su parte aérea se caracteriza por tener un tallo muy corto, las hojas están dispuestas en forma circular, poseen peciolo y de variadas formas. (Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA], 2014, p. 1)

La espinaca es altamente valorada por su contenido nutricional y su abundancia en vitaminas. Es considerada una de las hortalizas con mayor contenido de vitamina A, también posee un gran contenido de calcio, fierro (su poder antianémico debido al gran aporte de fierro), potasio, fosforo y sodio. Las hojas son aptas para el consumo en fresco, ya sea en ensaladas, guisos o sopas. Además, una parte considerable de la producción se destina

a la agroindustria para procesos de congelación y deshidratación. (INIA, 2014, p. 1)

2.2.2. Variedades

2.2.2.1. Viroflay

Esta variedad es líder en el mercado, con una amplia presencia a nivel nacional y especialmente adecuada para el consumo fresco. Sus hojas presentan un tono verde oscuro, son resistentes a la floración y la planta es productiva, ofreciendo un sabor excelente. Además, cuenta con una vida postcosecha relativamente prolongada, lo que la hace idónea para el transporte a largas distancias. (Apaza, 2019, p. 13)

2.2.2.2. Quinto

Este híbrido es una novedosa opción para la siembra durante la temporada completa en zonas costeras. Ha ganado popularidad en las últimas campañas debido a su precocidad y apariencia excepcional. Sus hojas están bien formadas y ofrece rendimientos elevados, lo que lo hace ideal tanto para el mercado fresco como para la agroindustria. (Apaza, 2019, p. 14)

2.2.2.3. Bolero

Esta variedad híbrida es versátil, siendo adecuada tanto para el mercado fresco como para la agroindustria. Su atractivo color verde oscuro, junto con hojas de textura suave y delicioso sabor, la hacen destacar. Su precocidad y rendimiento elevado la posicionan como líder en el mercado. (Santana, 2016, p. 10)

Figura 2. Variedades de Espinaca



Fuente: (Chauca y Siura, 2006, p. 5)

2.2.3. Aporte nutricional

La espinaca destaca por su significativo aporte nutricional en términos de vitaminas y minerales. En particular, es una fuente rica de folatos, vitamina C, vitamina A y vitamina E. Los folatos desempeñan un papel crucial en la formación normal de las células sanguíneas. Asimismo, tanto la vitamina C como la vitamina E contribuyen a la protección de las células contra el daño oxidativo. La vitamina A, por su parte, es fundamental para el mantenimiento de las mucosas, la piel y la visión en condiciones normales. Cabe destacar que la espinaca también proporciona un elevado contenido de β -carotenos (3,254 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ de espinacas crudas), compuestos que se transforman en vitamina A en el organismo. (FEN, sf)

La espinaca se caracteriza también porque es fuente de potasio y hierro, (hierro no hemo) que se absorbe con un poco más de dificultad que la forma (hemo) que está presente en la carne y sus derivados. No obstante, la vitamina C presente en la espinaca mejora la absorción del hierro. (FEN, sf)

Adicionalmente, las espinacas son una fuente notable de fibra, que incluye tanto la fibra soluble como la insoluble, promoviendo así un tránsito intestinal saludable. (FEN, sf)

Tabla 3. Composición Nutricional de la espinaca por cada 100 g

Composición por cada 100 g	(Ministerio de Salud et al., 2017, p. 24)	(U.S. Department of Agriculture, [USDA], 2021, p. 1)	(Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Organización Panamericana de la Salud. [INCAP y OPS], 2012, p. 44)
Energía (kcal)	24	28	23
Agua (g)	90	92.4	91.40
Proteína (g)	2.8	2.91	2.86
Grasa (g)	0.9	0.6	0.39
Carbohidratos totales (g)	4.9	-	3.63
Carbohidratos disponibles (g)	2.7	2.64	-
Fibra dietaria (g)	2.2	1.6	2.2
Cenizas (g)	1.4	1.42	1.72
Calcio (mg)	234	67	99
Fosforo (mg)	45	41	49
Hierro (mg)	4.3	1.05	2.71
Vitamina A (µg)	469	306	469
Vitamina C (µg)	15.2	30.3	28
Potasio (mg)	-	460	558
Sodio (mg)	-	107	79

2.2.4. Harina de espinaca

La harina de espinaca es un producto en polvo obtenido a partir de las hojas de la espinaca (*Spinacia oleracea*). Se puede utilizar como un ingrediente alimentario y se ha vuelto popular debido a sus propiedades nutricionales y beneficios para la salud.

Según Narsing et al. (2017) para obtener un polvo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) las hojas se tienen que deshidratar en un secador de bandejas de gabinete a 55 °C y se tienen que moler para luego pasarlo por una malla de 220 µm y de esta manera obtenerlo.

El polvo de espinaca que obtuvo Narsing et al. (2017) era rico en minerales esenciales como calcio (1336 mg/100 g), hierro (30 mg/100 g) y fósforo (336 mg/100 g). Los extractos metanólicos del polvo de espinaca exhibieron actividad antioxidante según lo ensayado por la actividad de eliminación de radicales 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).

2.3. Trigo

2.3.1. Generalidades

El trigo cultivado actualmente tiene su origen en la región asiática que se extiende entre los ríos Tigris y Eufrates. En esta área, se encuentran diversas especies de gramíneas silvestres que están relacionadas con el trigo. A partir de Oriente Medio, el cultivo del trigo se expandió en múltiples direcciones. (Infoagro, 2016)

El trigo es una planta que pertenece a la familia de las gramíneas, conocida como Poaceae. Dentro de esta familia, las variedades más comúnmente

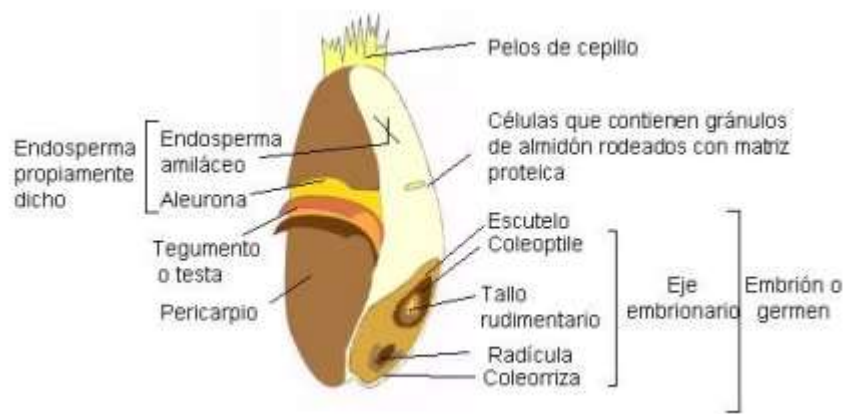
cultivadas son el *Triticum durum* y el *T. compactum*. Sin embargo, el trigo harinero hexaploide, conocido como *T. aestivum*, es la variedad más ampliamente cultivada a nivel mundial para la producción de pan y otros productos de panificación. (Infoagro, 2016).

El trigo debe cumplir con estándares de calidad establecidos para asegurar su adecuado uso en la industria alimentaria y su transformación en un producto final de alta calidad. Se consideran diferentes características, como el contenido de proteínas, la dureza, la capacidad de hidratación del gluten, entre otras, que se adaptarán según el tipo de producto que se desea fabricar, como fideos, galletas, pasteles, pan, entre otros. La mayor parte del trigo cultivado se destina especialmente a la panadería. (Anticon, 2017).

Los granos de trigo son semillas secas llamadas carióspsides, que tienen una forma ovalada, aovada o elíptica con extremos redondeados. Están compuestos por tres partes principales: el salvado, que es la capa externa del grano, el germen o embrión, y el endospermo, que constituye la parte más interna del grano. (Anticon, 2017).

Se han creado numerosas variedades de trigo mediante la selección artificial de granos, con el propósito de aumentar su productividad o dotarlos de características especiales. Algunas de las especies más conocidas incluyen el trigo común (*Triticum aestivum*), el trigo duro (*Triticum durum*), la espelta (*Triticum spelta*) y el kamut. (Hermida, 2019).

Figura 3. Partes del grano de trigo



Fuente:(Alvarez, 2001, p. 1)

2.3.2. Variedades

La dureza y la blandura en la industria molinera se refieren a la manera de cómo se fragmenta el endospermo.

2.3.2.1. Trigos duros

En el caso de los trigos duros, la fractura se produce a lo largo de las líneas de las células que lo rodean. En cambio, en los trigos blandos, el endospermo se fragmenta de manera impredecible y aleatoria. Este proceso resulta en harina gruesa, arenosa, fluida y fácil de tamizar cuando se trata de trigos duros. Esta harina está compuesta por partículas de forma regular, y muchas de ellas son células completas de endospermo. (Anticona, 2017).

2.3.2.2. Trigos blandos

Los trigos blandos dan lugar a una harina de textura muy fina, conformada por fragmentos irregulares de células de endospermo y algunas partículas aplastadas que tienden a unirse entre sí, lo que dificulta el tamizado. (Anticona, 2017, como cito Moncada, 2007). Las variedades de trigo blando con un contenido bajo de proteína son especialmente adecuadas

para la producción de harinas destinadas a la elaboración de tortas y galletitas dulces.

2.3.3. Aporte nutricional

El trigo, como cereal, es una valiosa fuente de aminoácidos esenciales, como la valina y la fenilalanina, que son necesarios para el cuerpo, pero no puede ser producidos por sí mismo. Una porción de 100 g de trigo proporciona la cantidad recomendada de estos nutrientes para el consumo diario. Además, el trigo también es rico en cisteína, un aminoácido no esencial que en los seres humanos ayuda a reducir los efectos tóxicos del alcohol. Sin embargo, debido a que el trigo es el cereal con mayor contenido de gluten, puede resultar perjudicial para las personas que padecen celiaquía, intolerancia o alergia al gluten. (Hermida, 2019).

Tabla 4. Composición Nutricional del Trigo por cada 100 g

Composición por cada 100 g	(Ministerio de Salud et al., 2017, p. 16)	(Zuñiga, 2007, p. 2)	(INCAP y OPS, 2012, p. 49)
Energia (kcal)	289	.	327
Agua (g)	11.6	.	13.1
Proteína (g)	10.3	12.6	12.61
Grasa (g)	1.9	1.54	1.54
Carbohidratos totales (g)	74.7	.	.
Fibra dietaria (g)	12.2	12.2	12.2
Cenizas (g)	1.5	1.57	1.57
Calcio (mg)	36	.	29
Fosforo (mg)	314	.	288
Zinc (mg)	2.98	.	
Hierro (mg)	3.87	3.19	3.21
Magnesio (mg)	.	126	126
β caroteno (μ g)	169	.	.
Vitamina A (μ g)	28	9	0
Tiamina (mg)	0.42	0.38	0.38
Niacina (mg)	3.89	5.46	5.46
Vitamina C (mg)	4.8	.	0
Sodio (mg)	30	.	2
Potasio (mg)	515	363	363

Fuente: Elaboración propia

2.3.4. Harina de trigo

La harina de trigo se define como el producto derivado de los granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o una combinación de ambos. Este producto se obtiene mediante procesos de trituración o molienda, en los cuales se separa una porción del salvado y el germen, mientras que el resto se muele hasta alcanzar una textura adecuada. (CODEX ALIMENTARIUS, 2021).

La harina de trigo incluye componentes de alta calidad, como la proteína-gluten, que permiten la formación de la masa. Al mezclar harina y agua en proporciones adecuadas, se obtiene una masa uniforme y consistente. Esta masa presenta una textura elástica y resistente en nuestras manos, lo que nos permite darle la forma deseada. El gluten se forma cuando las proteínas de la harina, la gliadina y la glutenina, se hidratan y se hinchan. (Rodríguez y Young, 2017).

Tabla 5. Composicion Nutricional de la Harina de Trigo por cada 100 g

Composición por cada 100 g	(Ministerio de Salud et al., 2017, p. 16)	(USDA, 2020, p. 1)	(INCAP y OPS, 2012, p. 48)
Energia (kcal)	362	366	364
Agua (g)	10.8	9.83	11.92
Proteina (g)	10.5	10.9	10.33
Grasa (g)	2	1.48	0.98
Carbohidratos totales (g)	76.3	77.3	76.31
Fibra dietaria (g)	2.7	.	2.7
Cenizas (g)	0.4	0.42	0.47
Calcio (mg)	36	19	15
Fosforo (mg)	108	108	108
Zinc (mg)	0.7	0.72	
Hierro (mg)	5.5	5.62	4.64
Potasio (mg)	.	136	.
Tiamina (mg)	0.5	0.93	0.79
Riboflavina (mg)	0.4	0.44	0.49
Niacina (mg)	4.8	6.74	5.9
Vitamina C (mg)	1.8	.	.

2.4. Pastas Alimenticias

La pasta, un alimento tradicional italiano, se elabora principalmente con harina, agua y huevo, lo que le otorga su distintivo sabor y textura. Es

conocida por su facilidad de preparación y su versatilidad en la cocina. La harina utilizada en su elaboración aporta hidratos de carbono complejos, lo que resulta en una digestión lenta, lo que puede ser beneficioso para el control del índice glucémico y proporcionar una sensación de saciedad (Menon et al., 2015)

En el contexto peruano, la Norma Técnica Peruana 206.010:2016, define el fideo o pasta como aquel producto obtenido mediante el proceso de empaste, amasado, moldeado, corte y extrusión de la mezcla de harina, agua y otros elementos permitidos. Esta norma regula la calidad y los requisitos de fabricación para asegurar que los productos de pasta cumplen con los estándares y ofrecen una experiencia culinaria satisfactoria y segura para los consumidores.

2.4.1. Ingredientes básicos que componen las pastas

La harina de trigo, agua y sal constituyen los ingredientes fundamentales de la pasta, pero de manera opcional, se puede agregar huevo para proporcionar consistencia y hacer que la pasta sea más nutritiva. Es importante señalar que las pastas integrales y aquellas con una proporción elevada de huevo no tienen una duración prolongada. (Galindo, D y Valdez, M, 2015).

2.4.2. Formulación base de la pasta

Tabla 6. Formulación base de la pasta

Ingredientes	Porcentaje
Harina	80%
Agua	5%
Huevo	15%

Fuente: Elaboración propia

2.4.3. Clasificación

Según la Norma Técnica Peruana 206.010:2016, las pastas se pueden clasificar:

2.4.3.1. Por el contenido de humedad

- **Pastas secas:** Estas pastas atraviesan un proceso de secado durante su fabricación, lo que les permite alcanzar un porcentaje máximo de humedad de hasta el 15%.
- **Pastas húmedas:** Por otro lado, las pastas húmedas no son sometidas al proceso de secado y, como resultado, presentan un contenido de humedad superior al 15%.

2.4.3.2. Por el proceso de fabricación

- **Fideo tipo Nápoles:** Este tipo de pasta se logra mediante el uso de boquillas con diseños distintos durante el proceso de moldeado.
- **Fideo tipo Bologna:** Este tipo de pasta se logra al laminar la pasta, lo que da como resultado una textura y forma característica.
- **Fideos especiales:** Son aquellos que contienen ingredientes adicionales como huevo, minerales, leche, gluten, entre otros, con el propósito de mejorar su calidad nutricional y brindar beneficios adicionales para la salud.

2.4.3.3. Por su forma

- **Rosca y Nido:** Son pastas largas y se presentan enrolladas
- **Largo o Tallarín:** Este tipo de pasta puede presentar una sección redonda, ovalada, rectangular, entre otras formas, y su grosor puede ser variable. Su característica principal es su longitud cambiante y su superficie aplanada.

- **Cortado:** Se trata de pastas que no poseen dimensiones o tamaños específicos definidos, aunque generalmente su longitud tiende a ser menor que la de los fideos largos o tallarines.
- **Pastina:** Son pastas de pequeñas dimensiones y son fácilmente identificables por su tamaño reducido. Por lo general, son utilizadas en sopas y postres.

2.4.4. Atributos de la Calidad de las Pastas

La calidad de las pastas es crucial para satisfacer las expectativas y demandas de los consumidores al momento de su consumo. Diversas características influyen en la calidad de las pastas, y su grado de satisfacción depende de la calidad de la materia prima, ingredientes y proceso de elaboración (Pazuña, 2011). Algunos factores clave para definir la calidad de las pastas son los siguientes:

2.4.4.1. Color

El color del producto final se ve afectado por la cantidad y tipo de pigmentos presentes en la harina empleada, así como por la actividad enzimática y las condiciones durante el procesamiento. Además, el contenido de cenizas en la pasta también ejerce influencia sobre su coloración final.

2.4.4.2. Textura

La textura es una característica fundamental que se define por el proceso de elaboración. Engloba aspectos como el tipo de corte de la pasta, su nivel de firmeza durante la masticación y su grado de adherencia en la lengua y el paladar.

2.4.4.3. Humedad

La humedad de las pastas es una variable que depende del proceso de amasado, las condiciones de almacenamiento y el uso de ingredientes. En el caso de las pastas frescas, se establece un límite máximo del 35% de humedad, mientras que en las pastas secas se busca un máximo del 15%.

2.5. Fibra Dietética

La fibra dietética (FD) es un conjunto de sustancias de origen vegetal compuesto por un grupo diverso de moléculas complejas. Todas ellas comparten una serie de características comunes, no son degradadas por los fermentos y enzimas digestivas, pueden ser parcialmente descompuestas por las bacterias presentes en el colon y son sustancias con poca actividad osmótica (Vilaplana, 2001).

Según el Codex Alimentarius (2011) la fibra dietética se refiere a polímeros de carbohidratos que contienen diez o más unidades monoméricas y que no son hidrolizados por enzimas endógenas en el intestino delgado humano. Se clasifica en las siguientes categorías:

- Polímeros de carbohidratos comestibles que se encuentran de manera natural en los alimentos en su forma consumida.
- Polímeros de carbohidratos obtenidos de materias primas alimentarias mediante métodos físicos, enzimáticos o químicos, que han demostrado tener un efecto fisiológico beneficioso para la salud, según evidencia científica generalmente aceptada por las autoridades competentes.

- Polímeros de carbohidratos sintéticos que han demostrado tener un efecto fisiológico beneficioso para la salud, según lo demostrado por evidencia científica generalmente aceptada por las autoridades competentes.

2.6. Polifenoles totales

Los compuestos fenólicos constituyen una de las principales clases de metabolitos secundarios de los vegetales, donde desempeñan diversas funciones fisiológicas. Tradicionalmente, los taninos se han clasificado como sustancias antinutritivas debido a su impacto negativo en la digestibilidad de las proteínas. No obstante, en la actualidad, estos compuestos han despertado un notable interés debido a su amplia gama de actividades biológicas, siendo reconocidos como algunos de los fitoquímicos alimentarios más relevantes por su papel en la promoción de la salud humana.

El proceso consiste en combinar la muestra con el reactivo Folin-Ciocalteu y un agente alcalinizante, como el carbonato de sodio. Los polifenoles presentes en la muestra reducen el reactivo, lo que provoca un cambio en el color que se cuantifica mediante espectrofotometría. Este cambio en el color es directamente proporcional a la concentración de polifenoles (Boudet, 2023). La medición exacta de polifenoles es fundamental debido a su potencial antioxidante y sus beneficios para la salud. Investigaciones recientes han destacado la conexión entre el consumo de polifenoles y la disminución del riesgo de enfermedades crónicas, lo que resalta la importancia del método Folin-Ciocalteu (FC) en la evaluación de la calidad nutricional de los alimentos (Mokhtari et al., 2022; Wang et al., 2023).

2.7. Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante es una propiedad crítica de muchos compuestos fenólicos y otros fitoquímicos que se ha asociado con la prevención de enfermedades crónicas y el mantenimiento de la salud. Entre los diversos métodos para medir la actividad antioxidante, el método DPPH es uno de los más comúnmente utilizados debido a su simplicidad y eficacia (Sánchez-Moreno, 2021).

El método DPPH se basa en el uso de un radical libre estable, el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), que tiene un color morado intenso en solución. Los antioxidantes presentes en las muestras reaccionan con el radical DPPH, reduciéndolo y causando un cambio en el color de la solución, que se mide espectrofotométricamente. La disminución en la absorbancia a 517 nm es proporcional a la capacidad antioxidante de la muestra (Blois, 2020).

La eficiencia del método DPPH para evaluar la capacidad antioxidante radica en su capacidad para detectar una amplia gama de antioxidantes, incluidos fenólicos, flavonoides y otros compuestos reductores. La capacidad antioxidante se expresa generalmente como una inhibición porcentual del radical DPPH, calculada comparando la absorbancia de la muestra con la de una solución de DPPH sin tratar (Miller et al., 2022).

2.8. Diseño de mezclas

En el diseño de mezclas, se manejan factores experimentales que corresponden a productos o ingredientes con un número específico de componentes. La variable de respuesta o propiedad característica está

determinada por la composición final de la mezcla, que depende de las proporciones relativas de cada producto involucrado, en lugar de la cantidad absoluta de estos componentes (Fernández Rodríguez & Ruilova Cueva, 2013).

Existen diversos tipos de diseños de mezclas que se utilizan según la complejidad del problema y el número de componentes en la mezcla:

Diseño Simplex-Lattice: Este diseño permite explorar combinaciones equidistantes en un espacio de mezcla n-dimensional. Es útil para obtener una visión general de la respuesta en un rango de composiciones (Cornell, 2020).

Diseño Simplex-Centroidal: Se utiliza para estudiar mezclas en las que los puntos de diseño están situados en los vértices del espacio de mezcla, así como en el centro de la región, proporcionando una visión de las interacciones entre los componentes (Anderson-Cook et al., 2020).

Diseño de Mezclas con Restricciones: Este diseño se aplica cuando hay restricciones en las proporciones de los componentes, como límites mínimos o máximos. Permite explorar el espacio de diseño dentro de estas restricciones (Myers et al., 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA), en el Instituto de Investigación Tecnológica de Agroindustria (IITA) y en la Planta Piloto Agroindustrial (PPA) de la Universidad Nacional del Santa, en los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de Operaciones Unitarias (IITA)
- Laboratorio de Control de Calidad (IITA)
- Laboratorio de Alimentos Funcionales (IITA)
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (EPIA)
- Área de Evaluación Sensorial (PPA)

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materia Prima

- Camote morado 25 kg, procedente del Mercado Mayorista “Dos de mayo”, en un estado de fresca y sin presencia de deterioro.
- Espinaca 60 kg, procedente del Mercado Mayorista “La Perla”, en un estado de fresca y sin presencia de deterioro.
- Harina de trigo sin preparar de la marca Nicolini, 13 kg, procedente de la Distribuidora Piramide en el Mercado “Bueno Aires” en la ciudad de Nuevo Chimbote.

3.2.2. Insumos

Se necesitaron los siguientes insumos para realizar las pastas:

- Huevos
- Agua

3.2.3. Materiales de vidrio y otros

- Matraces de 250 ml
- Vasos de precipitación 500 ml
- Probetas de 100 ml
- Placa Petri
- Fiolas de 25, 50, 100 ml

- Pipetas
- Puntas de Micropipetas
- Molinex
- Bureta
- Papel filtro
- Espátula
- Crisoles de porcelana
- Pera de succión
- Pinzas de metal
- Tamices
- Mesa de acero inoxidable
- Ollas de acero inoxidable
- Tazones de acero inoxidable
- Tinas
- Cuchillos
- Tabla de picar
- Bolsas ziploc
- Papel toalla
- Papel aluminio

3.2.4. Reactivos

- Éter de Petróleo
- Alcohol 96%
- Consumible Copper sticks
- Fenolftaleína solución 1%
- Hidróxido de Sodio 0.1 N

- Folin
- Ácido gálico
- Carbonato de sodio
- Metanol
- Acetona
- DPPH (2,2 difenil-1, picrilhidracilo)
- Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylechroman-2-carboxylic acid)
- Agua destilada
- Solución buffer

3.2.5. Equipos

- Balanza Analítica (Marca: Precisa, Modelo: LX 320A SCS, Proc: Suiza)
- Secador de Bandejas (Marca: Torrh, Modelo: SBT-10XL Proc: Perú)
- Sistema Extractor de Grasa Soxhlet (Marca: Foss, Modelo: Soxtec, Proc: China)
- Molino Universal (Marca: IKA, Modelo: M20)
- Tamiz (Marca: Retsch, Modelo: AS 200, Proc: EE.UU.)
- Dumas (pendiente)
- Estufa (Marca: POL-EKO-APARATURA, Modelo: SW-17TC, Proc.: EE.UU.)
- Colorímetro (Marca: 3 color, Modelo: CP 100, Proc: China)
- Mufla (Marca: Thermolyne, Serie: 347034984, Proc: Alemania)
- Farinógrafo (Marca: Brabender, Modelo: 810161, Proc: Alemania)
- Amilógrafo (Marca: Brabender, Modelo: 800250, Proc: Alemania)

- Extensografo (Marca: Brabender, Modelo: 860723, Proc: Alemania)
- Texturometro (Marca: Brookfield, Modelo: CT34500, Proc: EE.UU.)
- Máquina para pasta (Marca: Italvisa Modelo: P 2, Proc: Brasil.)
- Centrifuga (Marca: Orto Alresa, Modelo: Digicen 21R, Proc: España)
- Lavadora Ultrasonido (Marca: Branson, Modelo: 5800, Proc: EE.UU.)
- Lector Multimodal (Marca: BioTek, Modelo: Syner-gy H1, Proc: EE.UU.)
- Incubadora (Marca: POL-EKO-APARATURA, Modelo: CLW 115 TOP+, Proc: EE.UU.)

3.3. Metodología

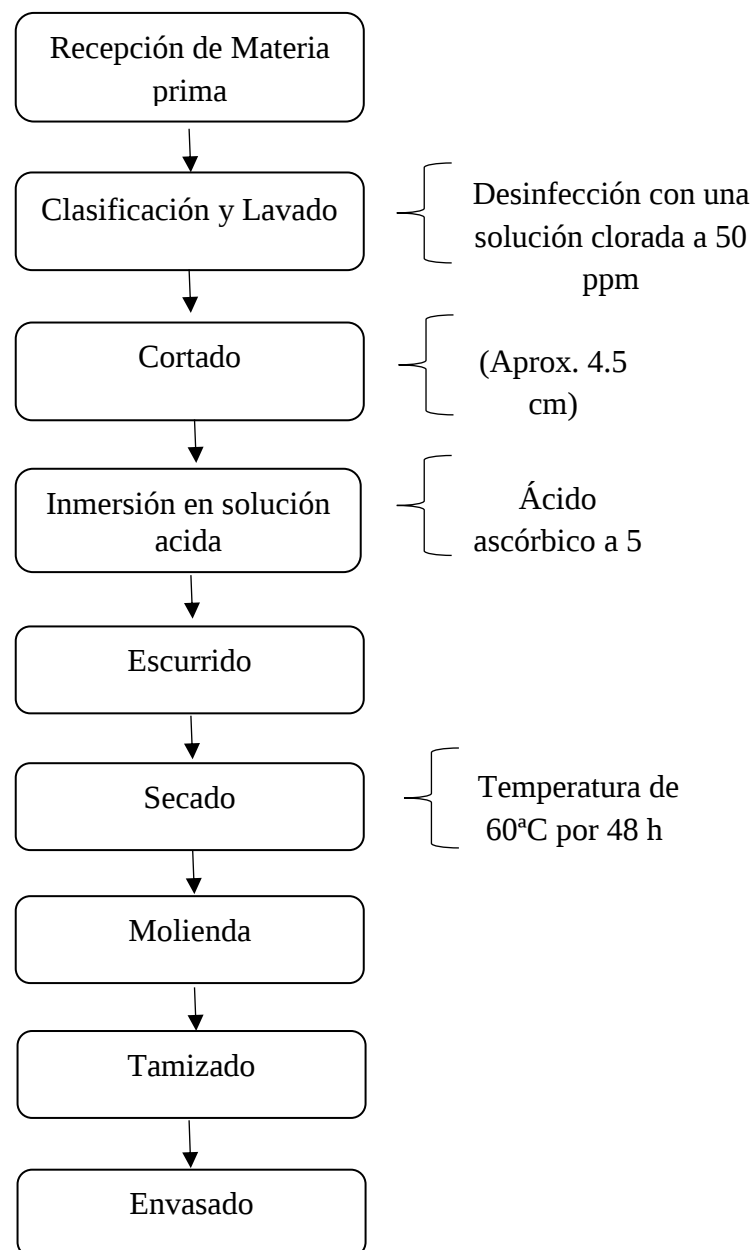
Para evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum L. Sp.*) por harina de camote (*Ipomoea batata*) y harina de espinaca (*Spinacia oleracea*) en sus características fisicoquímicas, reológicas, tecnológicas, fibra dietética, capacidad antioxidante, polifenoles totales y vida útil de la pasta, se procedió a elaborar las harinas de camote y espinaca siguiendo el procedimiento mostrado en la figura 4 y figura 5 respectivamente. Luego se desarrollaron 15 tratamientos diferentes mediante el proceso que se describe en la figura 6.

3.3.1. Proceso de Obtención de Harinas

3.3.1.1. Harina de Camote

Para la obtención de la harina de camote se siguió la metodología de Arellano y Rojas (2017) con algunas modificaciones.

Figura 4. Metodología de la Obtención de la Harina de Camote



Procedimiento para la obtención de harina de camote

Recepción de la materia prima

Durante esta etapa, se adquirió la materia prima y posteriormente se realizó mediciones de peso para calcular el rendimiento.

Clasificación y Lavado

Durante este proceso, se realizó una revisión visual de la materia prima, seleccionando camotes en óptimas condiciones, sin golpes ni daños físicos. Luego, se procedió a lavar y desinfectar los camotes utilizando una solución clorada con una concentración de 50 ppm.

Cortado

La etapa de corte se realizó de manera manual, se procedió a realizar los cortes en láminas circulares con un diámetro aproximado de 4.5 cm.

Inmersión en solución ácida

Las láminas se sumergieron en una solución de ácido ascórbico (5 g/l) durante 10 minutos con el propósito de prevenir el pardeamiento enzimático del camote.

Ecurrido

En esta etapa se utilizaron coladores donde se colocaron las láminas de camotes después de haber sido sumergidas en la solución ácida durante unos 7 minutos aproximadamente para eliminar el exceso de agua.

Secado

El proceso de secado se realizó utilizando un secador de bandejas a una temperatura de 60°C durante un período de 48 horas, con el propósito de deshidratar hasta una humedad inferior a 15 % para su posterior molienda.

Molienda

Una vez que la materia prima estuvo completamente seca, se procesó a través de un molino de tornillos para obtener un polvo fino como resultado.

Tamizado

Luego de completar el proceso de molienda, el polvo fino se tamizó a través del tamiz N° 100. De esta manera, se obtuvo el tamaño de partícula de 150 um deseado.

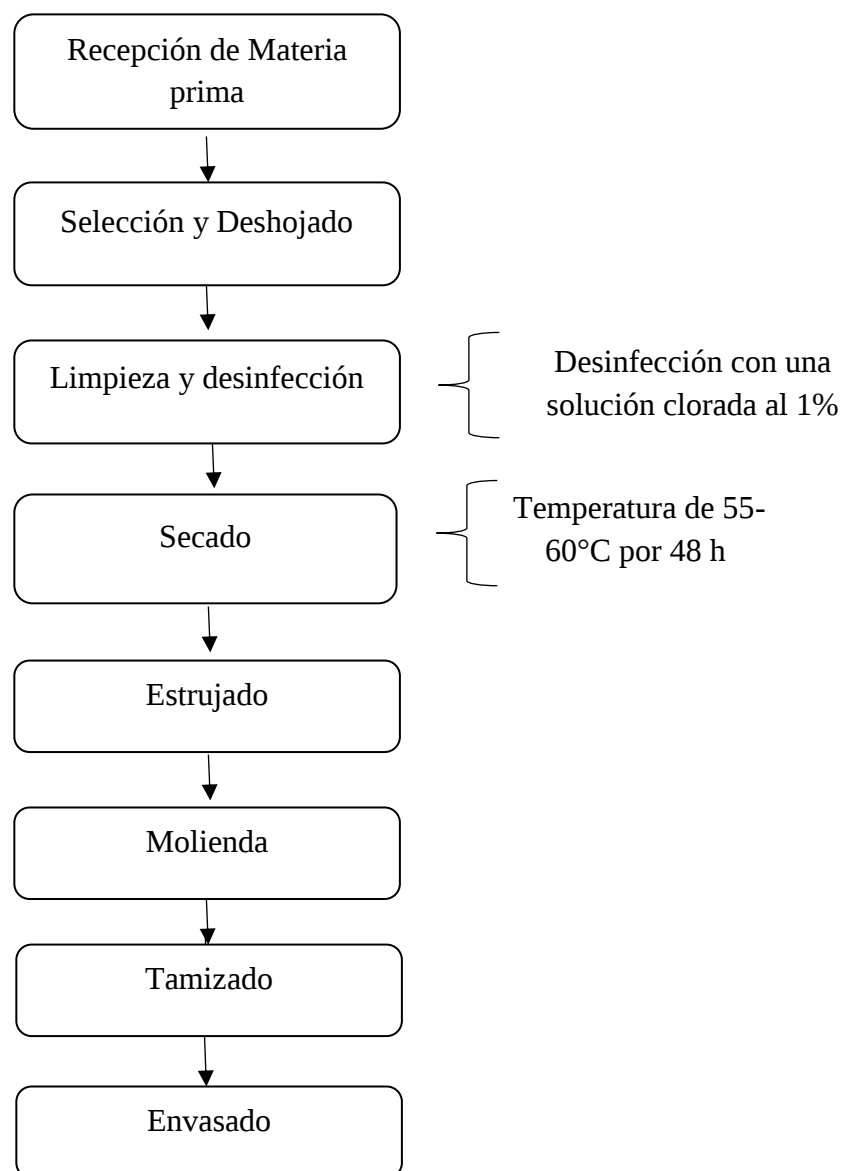
Envasado

El producto se envasó en bolsas de polipropileno de alta densidad y se selló de manera hermética para garantizar su conservación y calidad.

3.3.1.2. Harina de Espinaca

Para la obtención de la harina de espinaca se siguió la metodología de Ursula (2017) con algunas modificaciones.

Figura 5. Metodología de Obtención de la Harina de Espinaca



Procedimiento para la obtención de harina de espinaca

Recepción de la materia prima

Se recepcionó la espinaca fresca obtenida del mercado “La perla”, constatando que no presente ningún tipo de alteraciones físicas y posteriormente se realizó las mediciones de peso para calcular el rendimiento.

Selección y Deshojado

Durante este proceso, se llevó a cabo la separación de las hojas del tallo, seleccionando cuidadosamente aquellas que no muestren signos de deterioro y que presenten la misma coloración.

Limpieza y desinfección

Se lavó y desinfectó utilizando hipoclorito de sodio al 1%. Para ello, se agregó 3 litros de agua y cinco gotas (0.25 ml) de hipoclorito de sodio al 1% en un recipiente de plástico, dejando reposar durante diez minutos.

Secado

Las hojas de la espinaca se colocaron en las bandejas, cerciorándonos de colocar la misma cantidad en cada bandeja para lograr un secado más homogéneo. Se llevó al secador de bandejas a 60 °C, durante un lapso de 48 horas para secar la espinaca.

Estrujado

Se realizó el proceso de manera manual, para reducir al máximo el tamaño de las hojas de espinaca para facilitar el proceso de molienda.

Molienda

Una vez que la materia prima este completamente seca, se procesó a través de un molino de martillos para obtener un polvo fino como resultado.

Tamizado

Luego de completar el proceso de molienda, el polvo fino se tamizó a través del tamiz de tamaño N° 100. De esta manera, se logró obtener el tamaño de partícula 150 um deseado.

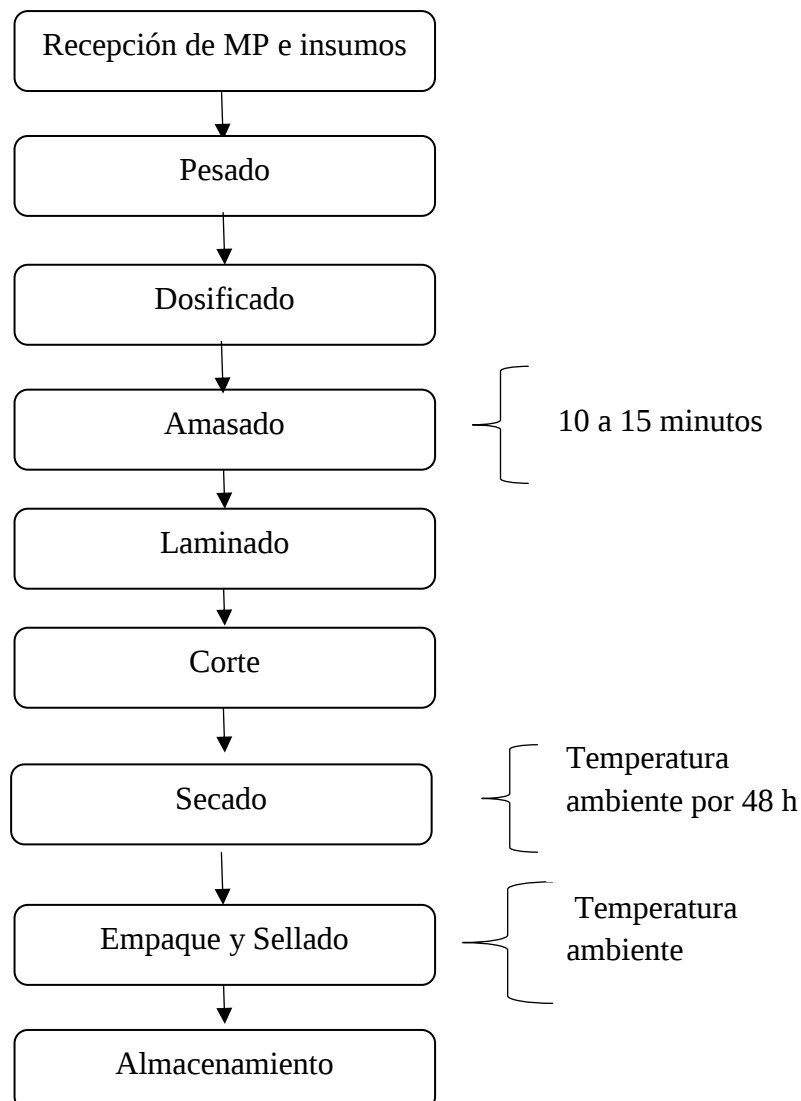
Envasado

El producto se envasó en bolsas de polipropileno de alta densidad y se selló de manera hermética para garantizar su conservación y calidad.

3.3.2. Proceso de Elaboración de las Pastas

El proceso de elaboración de pasta se llevó de acuerdo a la metodología presentada por Torres (2014, p 18) con algunas modificaciones.

Figura 6. Metodología para la elaboración de la Pasta



Procedimiento para la obtención de las pastas

Recepción de materia prima e insumos

El proceso consistió en recibir los tres tipos de harina, que son harina de trigo, harina de camote y harina de espinaca, junto con los insumos necesarios como huevos y agua.

Pesado

Las harinas fueron pesadas siguiendo las formulaciones indicadas en la Tabla N°8 Cada cantidad se colocará en bolsas con cierre hermético, que previamente han sido rotuladas. Posteriormente se pesó dos unidades de huevos más agua hasta llegar a los 150 g

Dosificado

El proceso consistió en combinar y mezclar las harinas para obtener una mezcla homogénea. Para ello, se colocó 1000 g de las harinas previamente pesadas según las formulaciones en la máquina para elaborar pastas.

Amasado

Una vez colocada las harinas en la máquina para elaborar pastas se añadió un 50 % aproximadamente de la solución de agua y huevos realizado en la etapa de pesado, en forma de hilo y lentamente. La etapa de amasado tiene un tiempo de duración de 10 a 15 minutos, esta empieza cuando se agregan las harinas, a la mitad del tiempo de amasado se añadió el restante de la solución de igual manera en forma de hilo y lentamente. Durante el proceso de amasado, la estructura granular de la mezcla desaparece y se convierte en una masa plástica y firme.

Laminado

Este procedimiento se llevó a cabo de igual manera en la máquina para elaborar pastas, consistió en empujar la mezcla de ingredientes hacia la parte baja de la máquina y con la ayuda de un tornillo sinfín que presenta este quipo, se obtuvo que dicha mezcla salga a través de una boquilla en forma de fetuchini, teniendo como resultado la pasta con dicha forma. Su humedad se situó entre el 30% y el 38%.

Cortado

En esta etapa se procedió a cortar la pasta cada 30 cm, que se encontraba saliendo de la máquina para elaborar pastas, se realizó de manera manual utilizando un chuchillo de acero inoxidable.

Secado

La pasta en ese momento contenía todavía una humedad del 30% al 38% en, en esta etapa el producto se colocó en canastillas de plástico de manera separada y ordenada y se dejó en un lugar libre y ventilado, sin presencia de ningún vector, para que se secara a temperatura ambiente por un tiempo de 48 horas, hasta llegar a una humedad de 14 %.

Empacado y sellado

Las pastas ya secas fueron envasadas en bolsas de polipropileno de alta densidad, y se sellaron herméticamente.

Almacenamiento

Todas las formulaciones de las pastas fueron almacenadas en un lugar fresco y ventilado a temperatura ambiente.

3.3.3. Métodos de caracterización de las materias primas

Se realizó el análisis proximal de las harinas de Trigo, Camote y Espinca utilizando una serie de métodos entre los cuales fueron:

Humedad

Determinación del contenido de humedad (Método de la estufa, A.O.A.C., 1990).

Proteína

Determinación del contenido de proteína (Método Dumas, A.O.A.C. 990.03, 2005)

Grasa

Determinación del contenido de grasa (Método Soxhlet, A.O.A.C. 963.15, 2005)

Ceniza

Determinación del contenido de cenizas (Técnica cenizas en seco, NTP 205.038, 1975) (Rev. 2016)

Carbohidratos

Determinación del contenido de carbohidratos. Se obtuvieron restando 100% de la suma de los porcentajes de humedad (H), proteínas (P), grasa (G), ceniza (C).

%Carbohidratos: $100 - (\%H + \%C + \%G + \%P)$

Colorimetría

La determinación del color de las harinas de trigo, camote y espinaca, se llevaron a cabo mediante un colorímetro (marca: 3color modelo: CP-100), basado en el sistema CIE-lab, determinándose los valores L* luminosidad

(negro 0/ blanco 100), a^* (verde -/ rojo +) y b^* (azul-/amarillo +). La cromacidad (C^*) y el ángulo de tonalidad (h^*).

$$\text{Cromacidad} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$\text{Angulo de tonalidad} = \arctg b^*/a^*$$

3.3.4. Rendimiento de las Harinas de Camote y Espinaca

Se determinó el rendimiento de las harinas de camote y espinaca a partir de la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento de harina\%} = \frac{\text{Peso de la harina final (g)}}{\text{Peso de la materia prima (g)}} \times 100$$

Se obtuvieron los pesos del camote y de la espinaca en la recepción de las materias primas y los pesos finales después de la etapa del tamizado en el proceso de obtención de cada harina.

3.3.5. Caracterización Reologica de la Harina de Trigo

Amilograma

Para la determinación del amilograma se utilizó el Amilógrafo Brabender modelo 800250. C 33E.F2

Farinograma

El farinógrafo Brabender modelo 810161 se empleó para medir las características y aptitudes de las harinas en el amasado.

Extensografo

Para determinar las cualidades elásticas de la masa, su capacidad de estiramiento y su resistencia a la extensión se utilizó el extensógrafo Brabender modelo 860723.

3.3.6. Caracterización Tecnológica de las Pastas

Prueba de cocción

La prueba de cocción se realizará según un test de cocimiento. Los parámetros a evaluar son:

- **Tiempo de cocción**

Se determinó cociendo 10 g de la muestra en 140 ml de agua destilada hirviendo, hasta alcanzar una calidad visual adecuada como resultado de la gelatinización del almidón en toda la sección de la masa. Luego se comprimirá la muestra cocida cada 30 segundo entre 2 portaobjetos hasta que desaparezca el eje central.

- **Aumento de masa del producto cocido**

Se determinó pesando la muestra antes y después de la cocción, usando el tiempo de cocción óptimo para cada muestra, el porcentaje del aumento de masa será la relación entre la masa de la pasta cocida y la masa cruda (10g).

- **Perdida de sólidos en el agua de cocción**

El porcentaje de pérdida de sólidos en el agua de cocción se determinó mediante la evaporación de toda el agua de cocción obtenido en el análisis de aumento de masa en una estufa a 70°C, hasta que la masa sea constante.

Textura instrumental

Se determinó con el Texturómetro de marca BROOKFIELD con el fin de determinar la dureza (mJ) en cada uno de los tratamientos.

Color instrumental

El color de la pasta nutritiva se evaluó mediante el método triestímulo CIELab, utilizando un colorímetro (3 color modelo: CP-100) que se medirá con los parámetros de luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad

3.3.7. Análisis Proximal del mejor tratamiento

Humedad

El método utilizado para la determinación del contenido de humedad fue el detallado en Método de la estufa, A.O.A.C., 1990.

Proteína

El método utilizado para la determinación del contenido de proteína fue siguiendo el procedimiento indicado por el Método Dumas, A.O.A.C. 990.03, 2005.

Grasa

La metodología para la determinación del contenido de grasa fue el Método Soxhlet, A.O.A.C. 963.15, 2005.

Ceniza

El método utilizado para la determinación del contenido de cenizas fue el descrito en la NTP 205.038,1975 (Rev. 2016)

Carbohidratos

El contenido de carbohidratos fue obtenido por diferencia, restando el 100% de la suma de porcentajes de humedad (H), proteína (P), grasa (G), cenizas (C) y fibra (F).

%Carbohidratos: $100 - (\%H + \%C + \%G + \%P + \%F)$.

Fibra dietética

La fibra dietética total fue determinada por el método enzimático-gravimétrico, A.O.A.C. 985.29, 2016.

Acidez titulable

La acidez titulable se determinó por la NTP 206.013, 1981, el porcentaje de acidez, fue expresada como ácido láctico.

3.3.8. Caracterización de Compuestos Bioactivos

Capacidad Antioxidante

La evaluación de la capacidad antioxidante se realizó utilizando el método DPPH comenzó con la elaboración de una solución de DPPH al 1 mM (0.02 gr de DPPH disueltos en 50 ml de metanol absoluto). Luego, se diluyó con metanol hasta obtener valores de absorbancia cercanos a 0,800 nm.

La curva patrón de Trolox se construyó preparando una solución madre de Trolox a 1 mM (disolviendo 0.0125 g de ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-carboxílico en 50 ml de metanol). A partir de esta solución madre, se prepararon ocho soluciones con concentraciones diferentes (5, 10, 25, 50, 100, 200, 400 y 500 μ M).

Para la extracción de muestras se agregó 0.5 g y 5 ml de solución de metanol al 80 % , esta mezcla fue llevada a un baño ultrasónico por 10 min, luego a centrifugar por 15 min para asegurar una extracción eficiente de los compuestos antioxidantes. Posteriormente separamos el sobrenadante y combinamos con el sobrenadante que resultó del mismo procedimiento anterior, pero reemplazando el metanol al 80% por acetona al 70%.

Utilizando metanol como blanco, se midió la absorbancia inicial (A0) ajustando a una absorbancia cercana a 0.800. En una microplaca se

mezclaron 10 µl del extracto y 190 µl de DPPH ajustado. Finalmente, se mide la absorbancia de la mezcla a 515 nm utilizando un espectrofotómetro. La capacidad antioxidante es medida y cuantificada como porcentaje de reactivo DPPH reducido mediante la fórmula:

$$\%DPPH \text{ reducido} = \frac{A_o - A_m}{A_o} * 100$$

Donde:

Am: Absorbancia de la muestra

Polifenoles Totales

La determinación de contenido de Polifenoles Totales fue por el método Folin y Ciocalteu.

Se elaboró una recta de calibrado, para ello se prepararon 6 concentraciones diferentes de ácido gálico (20, 40, 60, 80, 100, µl), se añadió 100 µl de reactivo Folin-Ciocalteu a todas y se dejó reposar por 5 minutos. Luego de transcurrir los 5 minutos, a cada tubo se añadió 50 µl de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 20% y (1080, 1060, 1040, 1020, 1000, 1100 µL) de agua destilada, dejando nuevamente incubar durante de 90 minutos en la oscuridad a temperatura ambiente. Finalmente, luego de la incubación se realizó la lectura de la absorbancia a 739 nm en el lector multimodal, utilizando como blanco un tubo con todos los componentes a excepción del ácido gálico que es reemplazado con 1100 µL de agua destilada. La ecuación que rige la recta de calibrado tuvo la siguiente forma:

$$y = A(x) + B$$

$$\text{Absorbancia } 739 \text{ nm} = A (\text{Concentración}) + B$$

Para el conteo de compuestos fenólicos totales presentes en las muestras, se restó el valor medio de la absorbancia del blanco a la absorbancia de los patrones de ácido gálico (BLK 739). Los resultados del análisis son expresados en mg/ml.

3.3.9. Determinación de Vida Útil

La determinación de la vida útil se llevó a cabo según lo descrito en la metodología utilizada por Pantoja y Prieto (2014), con algunas modificaciones, se logró una simulación de condiciones aceleradas de almacenamiento para evaluar la durabilidad del producto final. En este contexto, las pastas nutritivas enriquecidas con harina de camote y harina de espinaca se envasaron en bolsas de polipropileno de alta densidad y se colocaron en una incubadora a una temperatura de 45°C y un nivel de humedad relativa del ambiente. Se procedió a medir la acidez titulable, expresada en porcentaje de ácido láctico, en intervalos de 10 días a lo largo de un período de 30 días.

3.4. Diseño experimental

3.4.1. Variables Independientes

Se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- Porcentaje de Harina de Espinaca (X_1)
- Porcentaje de Harina de Camote (X_2)

- Porcentaje de Harina de Trigo (X_3)

3.4.2. Variables Dependientes

Se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- Características tecnológicas: Prueba de cocción (Tiempo de Cocción, Aumento de masa, Pérdida de sólidos), Textura instrumental, Color instrumental

3.4.3. Diseño Estadístico

El diseño experimental que se utilizó en la investigación fue el Diseño de Mezclas D-optimal, donde las variables independientes son las concentraciones de Harina de Trigo, Harina de Camote y Harina de Espinaca, se puede apreciar en la tabla 7.

Tabla 7. Límites de las Variables Independientes del Diseño de Mezclas

Variables Independientes	Límites	
	Mínimo	Máximo
X_1 = Harina de Espinaca (%)	5	15
X_2 = Harina de Camote (%)	15	25
X_3 = Harina de Trigo (%)	70	80

El diseño estuvo compuesto por 15 tratamientos (incluido el tratamiento control) y 3 repeticiones que se obtuvieron utilizando el programa Design Expert 7.0, donde se pueden observar en la tabla 8.

Tabla 8. Diseño de Mezclas establecidas por el Design Expert 7.0

Tratamientos	Variables		
	X ₁ = Harina de Espinaca %	X ₂ = Harina de Camote %	X ₃ = Harina de Trigo %
T0 (control)	0	0	100
T1	5	25	70
T2	11	19	70
T3	15	15	70
T4	8	18	74
T5	5	15	80
T6	5	20	75
T7	6	17	77
T8	15	15	70
T9	5	22	73
T10	7	22	71
T11	12	16	72
T12	5	15	80
T13	8	18	74
T14	10	15	75

3.4.4. Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos de los análisis realizados a las variables dependientes serán procesados con el software DESING EXPERT 7.0 el cual permitirá realizar análisis de varianza (ANOVA). Esto nos ayudará a identificar si existen diferencias significativas, considerando un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

3.4.5. Formulaciones de la Pasta

La receta base empleada en la preparación de todos los tratamientos se detalla en la tabla 9.

Tabla 9. Formulación base para la elaboración de la pasta

Ingredientes	Cantidad (g)
Harina	1000 g
Huevos	100 g
Agua	250 g

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de las Materias primas

4.1.1. Harina Trigo

4.1.1.1. Composición proximal

Tabla 10. Composición Proximal de la Harina de Trigo

Características	Valores Obtenidos (%)
Humedad	12.34 ± 0.32
Grasa	1.17 ± 0.05
Ceniza	0.46 ± 0.01
Proteína	11.05 ± 0.01
Carbohidratos	74.98

Nota: Media de 3 repeticiones ± DS

Los resultados obtenidos de la composición proximal de la harina de trigo evidencian un contenido de humedad del 12.34%, un contenido de grasa del 1.17%, un contenido de ceniza del 0.46%, un contenido de proteína del

11.05% y un contenido de carbohidratos de 74.98%. Según el estudio de Acosta & Campos (2024) obtuvieron que en la composición proximal de la harina de trigo valores de ceniza y proteína más próximos, los cuales fueron 0.37 ± 0.02 % de ceniza y 10.96 % de proteína, sin embargo presentaron variaciones en los niveles de humedad, grasa y carbohidratos, los cuales fueron $11.49 \pm 0.2\%$ de humedad, $0.88 \pm 0.04\%$ de grasa y 79.60% de carbohidratos. En otros estudios como el de Pinco & Pretel (2023) obtuvieron una humedad de $12.61 \pm 0.09\%$, una proteína de $11.40 \pm 0.03\%$, los cuales son valores más cercanos a la humedad y proteína del estudio actual, también presentaron valores de ceniza de $2.57 \pm 0.11\%$, grasa de $2.84 \pm 0.02\%$ y $68.70 \pm 0.08\%$ de carbohidratos, los cuales se observan que son valores más altos a excepción de los carbohidratos.

4.1.1.2. Colorimetría

Tabla 11. Colorimetría de Harina de Trigo

Parámetros	Valores Obtenidos
Luminosidad (L*)	93.24 ± 0.25
a*	0.45 ± 0.02
b*	9.76 ± 0.12
Cromaticidad (C*)	9.77
Angulo de tonalidad (h*)	87.36
Color Referencial	

Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS

Los resultados obtenidos en el análisis de colorimetría a la harina de trigo se aprecian en la tabla 11 donde se aprecian las coordenadas de a* y b*

con los valores de 0.45 ± 0.02 y 9.76 ± 0.12 respectivamente donde muestran una tendencia hacia el color rojo y amarillo. La Luminosidad (L^*) fue de 93.24 ± 0.25 , quiere decir que tiene una tendencia al blanco, la cromaticidad (C^*) de 9.77 y el ángulo de Tonalidad (h^*) de 87.36. Otros autores como Sandoval (2020) expresan valores de a^* de -1.97 ± 0.01 , b^* de 11.52 ± 0.03 , L^* de 93.33 ± 0.28 , C^* de 11.35 y h^* de -80.29, los cuales difieren de los resultados del estudio actual a excepción de L^* . Según Quineche (2023) el valor que obtuvo de a^* fue de -0.4226 ± 0.22398 , b^* de 10.0511 ± 0.1045 , C^* de 10.0599 ± 0.1043 , donde los dos últimos se asemejan a los valores obtenidos en el presente estudio, h^* de 92.4077 ± 0.0665 y L^* de 89.5571 ± 0.2238 .

4.1.2. Harina de Camote

4.1.2.1. Composición Proximal

Tabla 12. Composición Proximal de la Harina de Camote

Características	Valores Obtenidos (%)
Humedad	8.58 ± 0.12
Grasa	0.73 ± 0.05
Ceniza	2.24 ± 0.03
Proteína	2.23 ± 0.02
Carbohidratos	86.22

Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS

Los resultados de la composición proximal de la harina de camote muestran un contenido de humedad del $8.58 \pm 0.12\%$, grasa del $0.73 \pm$

0.05%, ceniza del $2.24 \pm 0.03\%$, proteína del $2.23 \pm 0.02\%$ y carbohidratos del 86.22%. Según Ponka et al. (2022) presenta valores de humedad de $8.43 \pm 0.15\%$, proteína $2.57 \pm 0.25\%$ y grasa de $0.55 \pm 0.05\%$ los cuales son similares a los resultados obtenidos en este estudio, pero difieren en los valores de ceniza y carbohidratos que reportan $1.3 \pm 0.09\%$ y $83.27 \pm 0.03\%$ respectivamente. También podemos mencionar a Arellano & Rojas (2017) que obtuvieron un $2.93 \pm 0.037\%$ de ceniza y 88.37% de carbohidratos, valores que se asemejan a nuestros resultados obtenidos, sin embargo, difieren en humedad, proteína y grasa presentando valores de $6.37 \pm 0.007\%$, $1.88 \pm 0.021\%$ y $0.45 \pm 0.007\%$ respectivamente.

4.1.2.2. Colorimetría

Tabla 13. Colorimetría de la Harina de Camote

Parámetros	Valores Obtenidos
Luminosidad (L*)	74.62 ± 0.58
a*	4.22 ± 0.13
b*	18.86 ± 0.22
Cromaticidad (C*)	19.33
Angulo de tonalidad (h*)	77.40
Color Referencial	

Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS

Los resultados del análisis de colorimetría de la harina de camote, mostrados en la tabla 13, indican que las coordenadas a* y b* tienen valores de 4.22 ± 0.13 y 18.86 ± 0.22 , respectivamente, lo que sugiere una

tendencia hacia el rojo y amarillo. La luminosidad (L^*) fue de 74.62 ± 0.58 , indicando una tendencia al blanco. La cromaticidad (C^*) fue de 19.33 y el ángulo de tonalidad (h^*) de 77.40. Los parámetros de la colorimetría presentados por Arellano & Rojas (2017) fueron a^* de -2.53 ± 0.030 , b^* de 18.39 ± 0.313 , L^* de 98.73 ± 0.452 , C^* de 18.56 y h^* de 82.17, de los cuales solamente el valor de la coordenada b^* se asemeja a nuestro resultado. Según Carbajal & Huaman (2017) presentaron resultados de a^* de 3.09 ± 0.06 , b^* de 26.77 ± 0.05 , L^* de 80.95 ± 0.54 , C^* de 26.74 ± 0.41 y h^* de 92.68 ± 0.05 . los cuales se diferencian de los resultados de este estudio.

4.1.3. Harina de Espinaca

4.1.3.1. Composición proximal

Tabla 14. Composición Proximal de la Harina de Espinaca

Características	Valores Obtenidos (%)
Humedad	6.86 ± 0.09
Grasa	2.56 ± 0.08
Ceniza	17.06 ± 0.04
Proteína	34.51 ± 0.01
Carbohidratos	39.01

Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS

Los resultados de la composición proximal de la harina de espinaca muestran un contenido de $6.86 \pm 0.09\%$ de humedad, $2.56 \pm 0.08\%$ de grasa, $17.06 \pm 0.04\%$ de cenizas, $34.51 \pm 0.01\%$ de proteína y 39.01% de

carbohidratos. Samah (2020) realizo un estudio donde caracteriza el polvo de espinaca y obtiene una humedad del 6.35%, ceniza del 17.97% y proteína del 31.15% siendo estos valores cercanos a los resultados de este estudio, pero existe una variación en los valores de grasa y carbohidratos los cuales fueron de 3.87% y 16.40% respectivamente. En otro estudio realizado por Muhammad et al. (2024) muestra resultados de ceniza de $2.99 \pm 0.01\%$ siendo este similar al dato obtenido en esta investigación, mientras que la humedad de $8.26 \pm 0.11\%$, grasa de $1.04 \pm 0.01\%$, proteína $19.18 \pm 0.04 \%$ y carbohidratos de $60.34 \pm 0.01\%$ difieren de nuestros resultados.

4.1.3.2. Colorimetría

Tabla 15. Colorimetría de la Harina de Espinaca

Parámetros	Valores Obtenidos
Luminosidad (L*)	50.51 ± 0.57
a*	-7.78 ± 0.78
b*	22.60 ± 0.60
Cromaticidad (C*)	23.90
Angulo de tonalidad (h*)	288.99
Color Referencial	

Nota: Media de 3 repeticiones $\pm$ DS

En el análisis de colorimetría realizado a la harina de espinaca se obtuvo que los valores de la coordenada a* fue de -7.78 ± -7.78 y b* de 22.60 ± 22.60 donde tienen una tendencia al verde y al amarillo respectivamente. La luminosidad (L*) fue de 50.51 ± 0.57 , la cromaticidad (C*) de 23.90 y

el ángulo de tonalidad (h^*) de 288.99. Los resultados expuestos por Samah (2020) muestran para el valor de L^* 47.33, para el valor de a^* -3.14 y para el valor de b^* 15.36, estos valores de a^* y b^* también indican una tendencia hacia el verde y el amarillo, con respecto a la luminosidad L^* obtenida del autor y la del presente estudio ambas de encuentran en un punto medio entre el blanco y el negro.

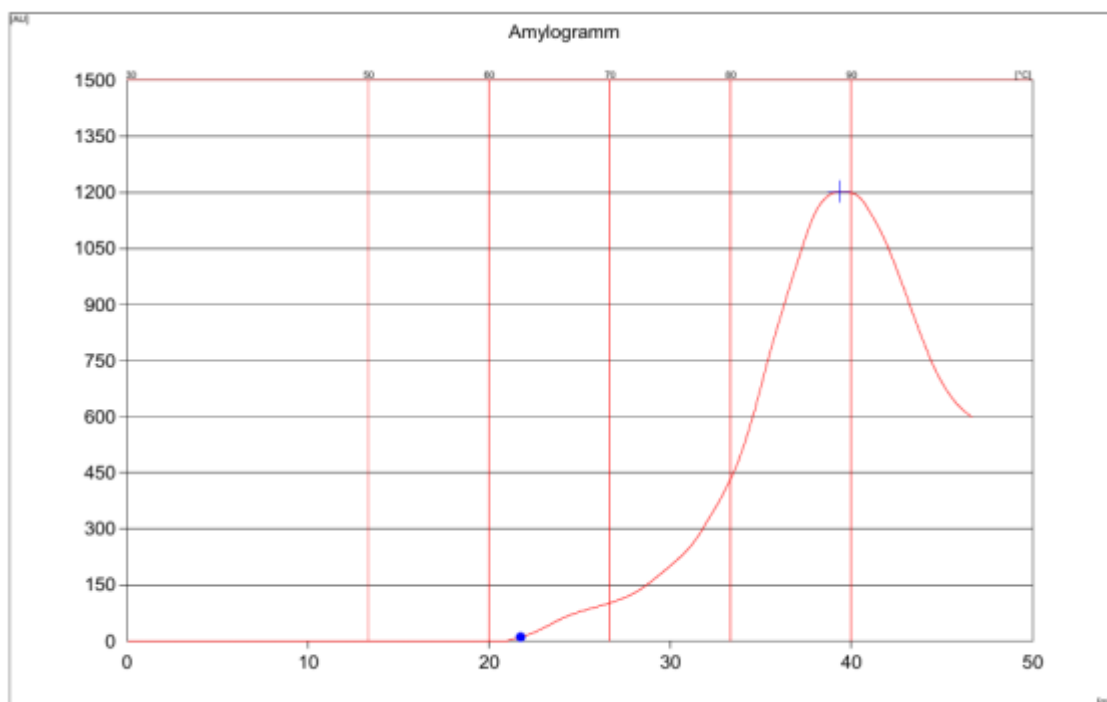
4.2. Caracterización Reológica de la Harina de Trigo

4.2.1. Amilograma

Es un gráfico que registra de manera continua las variaciones en la viscosidad de una harina en agua a medida que la temperatura aumenta de manera constante. El incremento en la viscosidad se debe principalmente a la gelatinización del almidón, aunque las enzimas amilolíticas presentes en la harina también influyen en la viscosidad. Este análisis nos permite evaluar la calidad de la harina y su idoneidad para distintas aplicaciones. (Gonzales & Martinez, 2017).

En la figura 7, se grafica el amilograma de la harina de trigo.

Figura 7. Amilograma de la Harina de Trigo



Nota: El gráfico muestra la curva del comportamiento de la harina de trigo preparada en el Amilógrafo Brabender. En esta representación, el inicio de la gelatinización está representado por un punto azul, la temperatura de gelatinización por un signo más azul (+), y la máxima gelatinización se muestra en el eje y.

Tabla 16. Amilograma de la Harina de Trigo

Humedad (%)	T° Inicio (°C)	T° de Gelatinización (°C)	Máximo Grado de Gelatinización (AU)
12.1	62.6	89.0	1203

Nota: Resumen obtenido en el Amilógrafo Brabender

En la figura 7, se observa que la gelatinización comienza a los 62.6 °C, alcanzando una temperatura máxima de gelatinización de 89.0 °C, con un

pico máximo de 1203 unidades amilográficas (AU). Posteriormente, la viscosidad disminuye, llegando a un valor de 600 AU.

Teniendo en cuenta que el grado máximo de la gelatinización fue de 1203 similar al obtenido por Jimenez & Duque, (2018) que fue de 1332 AU, se puede decir que es un valor considerablemente alto y por ende la curva del amilograma también lo es. Según Pantoja & Prieto (2014) una curva alta indica un elevado nivel de gelatinización y una buena capacidad para retener agua, evitando que quede libre. (Pinco & Pretel, 2023) nos dice que si el grado máximo de gelatinización de una masa es elevado podemos asumir que la actividad de la alfa-amilasa es baja pues a su vez la viscosidad de dicha también es elevada.

Cuando la actividad de la amilasa es baja, el almidón no se descompone tanto, lo que permite que los gránulos de almidón absorban agua y se hinchen completamente, alcanzando un alto nivel de gelatinización. Esto da lugar a una mayor viscosidad en la masa. En cambio, cuando la actividad de la amilasa es alta, la enzima descompone el almidón durante el proceso de gelatinización, lo que reduce la viscosidad de la masa.

4.2.2. Farinograma

El farinograma evalúa la consistencia de la masa al medir la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante. También registra la absorción de agua que la harina requiere para alcanzar dicha consistencia. Durante el análisis, se utiliza una pequeña cantidad de harina que se mezcla con agua, permitiendo que la masa se desarrolle mientras se miden parámetros clave

como la estabilidad de la masa y su tolerancia al amasado. Estos datos son esenciales para evaluar la calidad de la harina. (Pantoja & Prieto, 2014) que cito a (Bravo, 1999).

En la figura 8, se grafica el farinograma de la harina de trigo

Figura 8. Farinograma de la Harina de Trigo

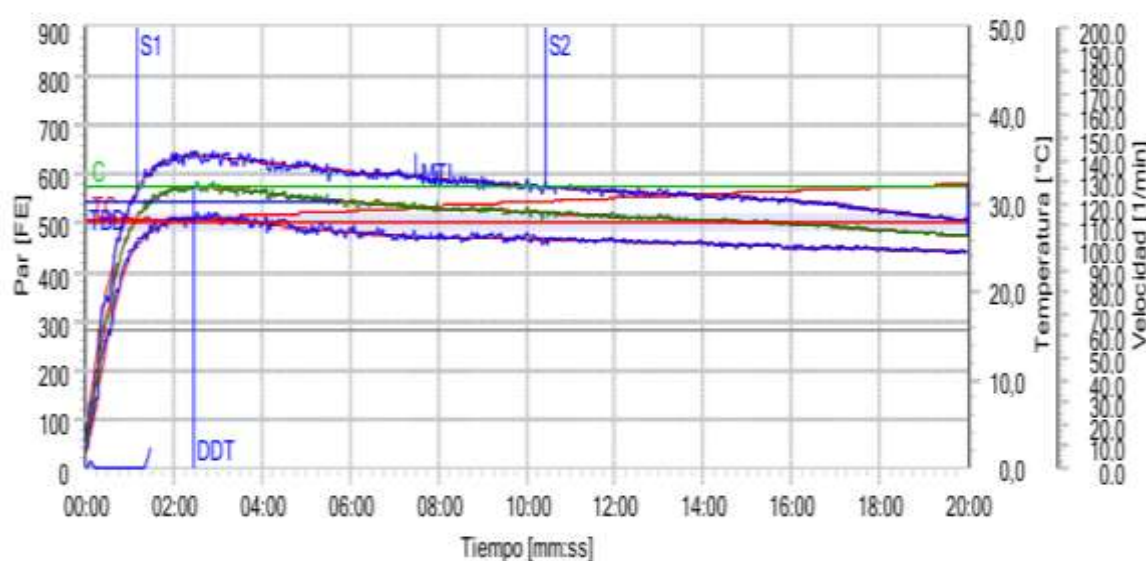


Tabla 17. Farinograma de la Harina de Trigo

Consistencia (FE)	Absorción de agua (%)	Tiempo de Desarrollo (min)	Tiempo de Estabilidad (min)	Índice de Tolerancia (FE)
575	56.0	02:28	09:14	44

Nota: Resumen de los datos principales obtenido en el Farinografo Brabender

Del farinograma se observa que la masa alcanza una consistencia de 575 FE sobrepasando la condición optima de 500 FE, siendo esto un indicador que de que la masa es resistente, también se observa una absorción de agua del 56.0 %, lo que quiere decir que esa es la cantidad de agua necesaria que la

masa permite absorber para que llegue a la consistencia optima en este caso de 500 FE. (Loli & Vasquez, 2015). En general, la cantidad de absorción de agua de una harina está relacionada con su contenido de proteínas, mientras mayor sea la absorción mayor será el contenido de proteína, lo que quiere decir mayor presencia de gluten fuerte en la harina. (Pascual & Zapata, 2010).

El tiempo de desarrollo de la masa obtenido fue de 02:28 min, según Pantoja & Prieto (2013) el tiempo de desarrollo de una masa es el tiempo que tarda en alcanzar su máxima consistencia, en una harina fuerte, este período puede extenderse considerablemente, lo cual podría estar relacionado con un alto contenido proteico y la excelente calidad del gluten. Por otro lado, los tiempos de desarrollo inferiores a 3 minutos son propios de harinas de trigo suaves. (Espinoza & Ludeña, 2018).

Podemos apreciar un tiempo de estabilidad de 09:14 min, este es el tiempo en que la masa mantiene su máxima consistencia, el cual al finalizar se pierde la tenacidad y la extensibilidad. Magaña et al. (2012) nos dice que una masa de buena calidad es aquella que presenta valores de estabilidad que van de 5 a 9 minutos para harinas de fuerza media, y de 10 a 15 minutos para harinas de fuerza superior.

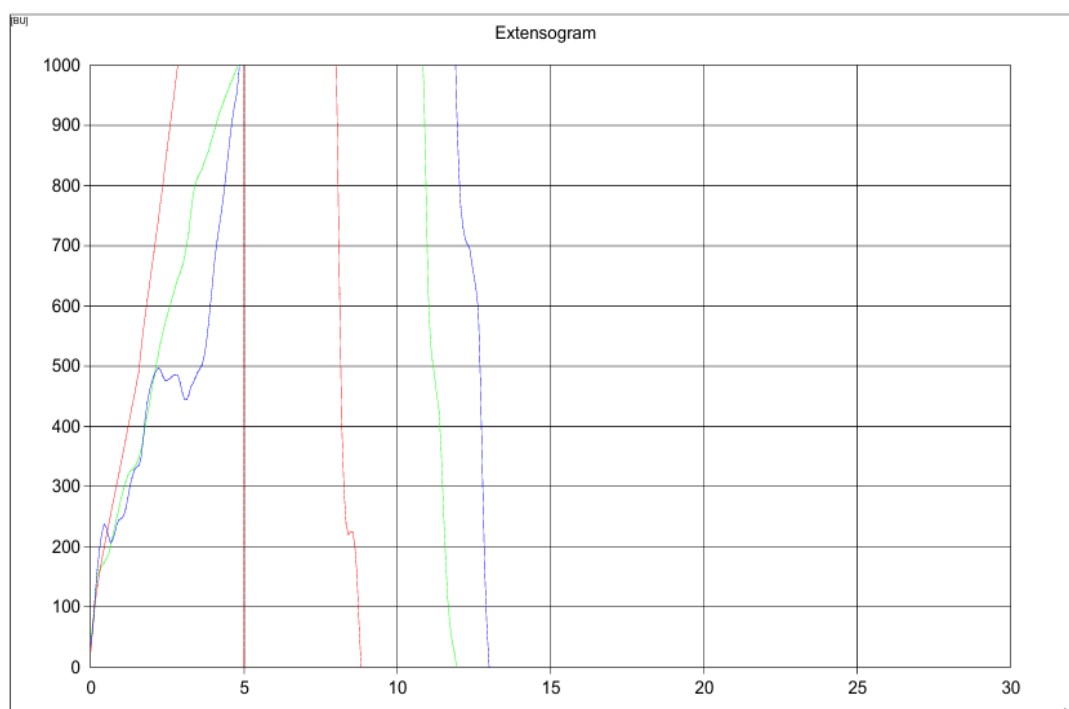
El índice de tolerancia que se registró fue de 44 FE, este representa la resistencia de la masa al amasado y mientras más alto sea el valor más débil será la masa. Antay (2021) presenta un índice de tolerancia bajo de 55 FE para su T0 (100% harina de trigo) por lo que asume que su muestra de harina posee una buena red de gluten, entonces podemos decir que la harina

utilizada en esta investigación también posee esa característica. Pantoja & Prieto (2013) que cito a Bravo (1999) nos dice que un índice de tolerancia elevado señala que la red de gluten es deficiente o que la harina tiene un elevado contenido de almidón dañado, el cual se fractura durante el proceso de molienda.

4.2.3. Extensograma

Este análisis permite evaluar de manera rápida y precisa las propiedades de una masa húmeda de harina, midiendo tanto su resistencia a la extensión como su extensibilidad, principalmente en la etapa de fermentación (Loli & Vasquez, 2015). La calidad de la harina se determina por el grado de fermentación que pueda resistir, ya que lo necesita más que la fuerza es la estabilidad puesto que debe formarse una masa lo suficientemente estable para conservar su forma después de ser moldeada. (Pantoja & Prieto, 2013). En la figura 9, se grafica el extensograma de la harina de trigo

Figura 9. Extensograma de la Harina de Trigo



Nota: La gráfica muestra tres curvas que corresponden a la fermentación de la masa de trigo en tres tiempos diferentes: 30 minutos (representada por la línea verde), 60 minutos (representada por la línea roja) y 90 minutos (representada por la línea azul).f

Tabla 18. Extensograma de la Harina de Trigo

Tiempo (min)	Resistencia a la Extensión (BU)	Extensibilidad (mm)	Resistencia Maxima (BU)	Energia (cm2)	R/E
30	1020	119	1363	189	8.5
60	1638	88	1638	170	18.5
90	1054	130	1638	241	8.1

Nota: Resumen, donde R: Resistencia a la Extensión, E: Extensibilidad

En la tabla 18 muestra los valores de resistencia a la extensión, la extensibilidad, la resistencia máxima, la energía y la relación entre la resistencia a la extensión y la extensibilidad, para los tiempos de fermentación de 30, 60 y 90 minutos.

La harina de trigo en los tiempos mencionados de 30, 60 y 90 minutos tuvieron una resistencia a la extensión de 1020, 1038, 1054 BU respectivamente, todos sobrepasaron los 500 BU por lo que se puede asumir como una masa fuerte y resistente y para las resistencias máximas en los tiempos de 30, 60 y 90 minutos se obtuvieron 1363, 1638 y 1638 BU respectivamente.

La energía (cm^2) que se obtuvo para el tiempo de fermentación de 30 min fue de 189 cm^2 , para 60 min fue de 170 cm^2 y para 90 min fue de 241 cm^2 , siendo el mayor de las áreas al tiempo de 90 min con 241 cm^2 lo que quiere decir que mientras mayor sea el área mayor será la energía ejercida para deformar la masa y la fuerza de la masa, lo que indica una mejor calidad de esta. (Jimenez & Duque, 2018)

En los tiempos de fermentación de 30, 60 y 90 min obtuvimos una extensibilidad de 119, 88 y 130 mm respectivamente, según Paucar-Menacho et al (2008) la extensibilidad se refiere a la cantidad de veces que la masa puede ser estirada desde su longitud inicial antes de romperse. Así, una extensibilidad de 100 mm indica que la masa se ha extendido hasta 10 veces su tamaño original, lo que evidencia que una harina tiene excelentes propiedades de resistencia mecánica. Por lo que podemos asumir que la harina utilizada en esta investigación tiene esas propiedades de resistencia

ya que en los tiempos de fermentación de 60 y 90 minutos sobrepasaron los 100 mm de extensibilidad y nos permitirá obtener una pasta de mejor calidad.

La relación entre la resistencia a la extensión y la extensibilidad fueron de 8, 18.5 y 8.1 para cada tiempo respectivamente. Según Avellaneda & Pardo (2015) una masa con alta resistencia a la extensión y buena extensibilidad dará como resultado una masa suave y bastante elástica, por otro lado, una masa con alta resistencia a la extensión, pero con poca extensibilidad será una masa rígida y dura, podemos asumir entonces que mientras menor sea la relación de R/E (R: Resistencia a la Extensión, E: Extensibilidad) obtendremos una masa suave y elástica ideal para la elaboración de pastas. La relación R/E es el resultado del cociente entre la resistencia al estiramiento y la extensibilidad de la masa. Este valor también se utiliza como indicador de la calidad de la masa, ya que refleja el equilibrio entre la fuerza y la capacidad de extensión. (Loli & Vasquez, 2015)

4.3. Determinación del Rendimiento de la Harina de Camote y Espinaca.

Tabla 19. Rendimiento de las Harinas de Camote y Espinaca

Muestra	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Rendimiento (%)
Harina de Camote	24850	6260.93	25.19
Harina de Espinaca	33150	901.11	2.72

El rendimiento de las harinas de camote y espinaca se determinaron según la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento de harina}\% = \frac{\text{Peso de la harina final (g)}}{\text{Peso de la materia prima (g)}} \times 100$$

El rendimiento de la harina de camote morado fue de 25.19%. Los resultados obtenidos por Sing & Villalobos (2015) nos muestran un rendimiento de la harina de camote 25.27%, Carbajal & Huamancondor (2017) también obtuvieron un rendimiento de la harina de camote 25.2706%, ambos resultados muy similares a los obtenidos en este estudio, por otro lado, Santi et al 2022 nos presenta un rendimiento de 26.93% para una harina de camote morado de la localidad de Kalimantan, Indonesia, este valor es superior a nuestro resultado, podría deberse a una metodología distinta al obtener la harina y a la zona de la que procede la materia prima, sin embargo el valor no se aleja mucho de nuestro resultado.

El rendimiento de la harina de espinaca fue de 2.72% otros autores como Quispe & Escobar (2024) expresan el rendimiento de espinacas deshidratadas dando un valor de 8.49%, este difiere de nuestros resultados debido a que no se toma en cuenta las pérdidas que se generan en la etapa de molienda y tamizado.

4.4. Evaluación de las Características Tecnológicas de cada tratamiento.

Los detalles de la evaluación de las características tecnológicas de las pastas elaboradas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca, se presentan en la tabla 20

Tabla 20. Evaluación de las Características Tecnológicas de las pastas

Tratamiento	Harina de Espinaca (%)	Harina de Camote (%)	Harina de Trigo (%)	Prueba de Cocción			Textura Instrumental	Color Instrumental		
				Tiempo de Coccion (min)	Aumento de Masa (%)	Perdida de solidos (%)	Dureza (mJ)	Luminosidad (L*)	Cromaticidad (C*)	Angulo de tonalidad (h*)
T0 (control)	0	0	100	12.50	2.77	0.82	6.79	78.72	19.83	78.95
T1	5	25	70	12.15	2.41	1.43	2.57	36.44	7.40	271.70
T2	11	19	70	12.05	2.39	1.56	2.86	35.89	5.77	271.62
T3	15	15	70	12.00	2.49	1.51	2.49	31.97	4.76	277.13
T4	8	18	74	12.20	2.57	1.21	3.23	35.78	6.58	271.97
T5	5	15	80	12.30	2.59	1.07	4.62	39.89	10.55	270.07
T6	5	20	75	12.15	2.56	1.19	3.56	35.23	6.42	274.65
T7	6	17	77	11.50	2.55	1.14	3.86	36.21	7.31	270.94
T8	15	15	70	12.00	2.50	1.53	2.53	31.81	4.83	277.62
T9	5	22	73	12.20	2.48	1.47	3.14	35.48	6.10	270.78
T10	7	22	71	12.12	2.42	1.49	2.61	34.52	4.00	274.06
T11	12	16	72	12.00	2.46	1.57	2.77	36.11	6.23	278.24
T12	5	15	80	12.35	2.58	1.09	4.95	39.86	10.42	270.42
T13	8	18	74	12.25	2.55	1.23	3.28	35.81	6.54	271.87
T14	10	15	75	12.20	2.48	1.20	3.64	31.50	3.01	282.93

4.4.1. Prueba de Cocción

4.4.1.1. Tiempo de cocción

Para determinar el tiempo de cocción, se tomaron 10 g de cada muestra y se sumergieron en 140 mL de agua, la cual se llevó a ebullición hasta que se observó la desaparición del eje central.

Según el ANOVA el tiempo de cocción no fue estadísticamente significativo ($P= 0.086$). (Anexo 18)

El software Design expert versión 7 calcula el valor de r^2 para la variable tiempo de cocción, obteniendo un valor de 0.9068. Este valor es crucial, ya que indica que los resultados obtenidos en cada formulación se ajustan a un modelo cubico con un grado de confianza del 95.0 %. Según el análisis el modelo queda expresado como:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo de cocción} = & 11.99*A + 12.12*B + 12.32*C - 0.81*A*B - \\ & 0.49*A*C - 0.27*B*C + 6.14*A*B*C - 2.90*A*B*(A-B) + \\ & 6.68*A*C*(A-C) + 0.14*B*C*(B-C)\end{aligned}$$

Donde:

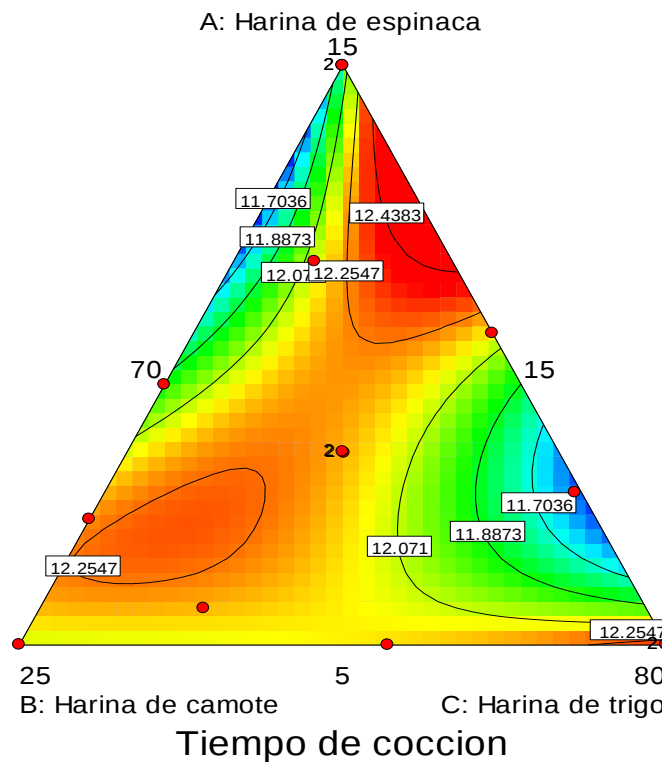
A = Harina de Espinaca (%)

B = Harina de Camote (%)

C = Harina de Trigo (%)

Se generará el gráfico de contorno para analizar el comportamiento de nuestros datos y determinar el óptimo de tiempo de cocción en las pastas nutritivas.

Figura 10. Gráfico de Contorno para Tiempo de Cocción en las pastas nutritivas



El análisis estadístico ANOVA nos muestra que no existe una diferencia significativa para esta variable respuesta, lo que quiere decir que el tiempo de cocción entre los 14 tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos, se aprecia en la tabla 20 que los valores son muy cercanos unos de otros.

La ilustración 10 muestra que el tiempo de cocción aumenta a medida que incrementa la concentración de Harina de Trigo en los tratamientos, por ejemplo la formulación T5 y T12 (Harina de Trigo: 80%) tiene un tiempo de cocción mayor (12.35 min) comparado con T3 y T8 (Harina de Trigo: 70%) que tiene un tiempo de cocción de 12.00 min. Esto se ve comprobado

en la muestra control, compuesta al 100% por Harina de Trigo, que presenta el mayor tiempo de cocción.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por los investigadores Granito, Pérez y Valero (2014), quienes encontraron que el tiempo de cocción disminuye cuando se incrementa el nivel de sustitución de harina de trigo por otros materiales. Este incremento depende del nivel de sustitución y de la harina empleada.

De acuerdo con Boukid et al. (2022), el ablandamiento durante la cocción se produce debido a la absorción de agua y la gelatinización del almidón, la cual se inicia en la superficie de la pasta y avanza gradualmente hacia su interior. Las harinas de camote y espinaca tienen diferentes tipos y cantidades de almidón en comparación con la harina de trigo. Esto afecta cómo absorben agua y gelatinizan durante la cocción.

Uno de los factores que más influyen en la alta demanda de pastas alimenticias entre los consumidores es su rápida cocción. Por lo tanto, es fundamental considerar este aspecto al diseñar y desarrollar una nueva variedad de pasta. (Criollo et al., 2017)

4.4.1.2. Aumento de masa

Se calculó pesando una muestra antes y después de la cocción, empleando el tiempo de cocción óptimo para cada muestra. El incremento de masa se determinó como la relación entre la masa de la pasta cocida y la masa inicial de la pasta cruda (10 g), expresada en porcentaje (%).

Según el análisis ANOVA el aumento de masa fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$), variando entre 2.39 y 2.59 %. (Anexo 19)

El software Design expert versión 7 calcula el valor de r^2 para la variable tiempo de cocción, obteniendo un valor de 0.9652. Este valor es crucial, ya que indica que los resultados obtenidos en cada formulación se ajustan a un modelo cubico especial con un grado de confianza del 95.0 %. Según el análisis el modelo queda expresado como:

$$\begin{aligned} \text{Aumento de masa} = & +2.49*A + 2.41*B + 2.59*C - 0.24*A*B - \\ & 0.19*A*C + 0.13*B*C + 2.33*A*B*C \end{aligned}$$

Donde:

A = Harina de Espinaca (%)

B = Harina de Camote (%)

C = Harina de Trigo (%)

Se generan gráficos de superficie de respuesta y de contorno para analizar el comportamiento de nuestros datos y determinar el porcentaje óptimo de aumento de masa en las pastas nutritivas.

Figura 11. Gráfico de Superficie de Respuesta para el Aumento de masa en las pastas nutritivas

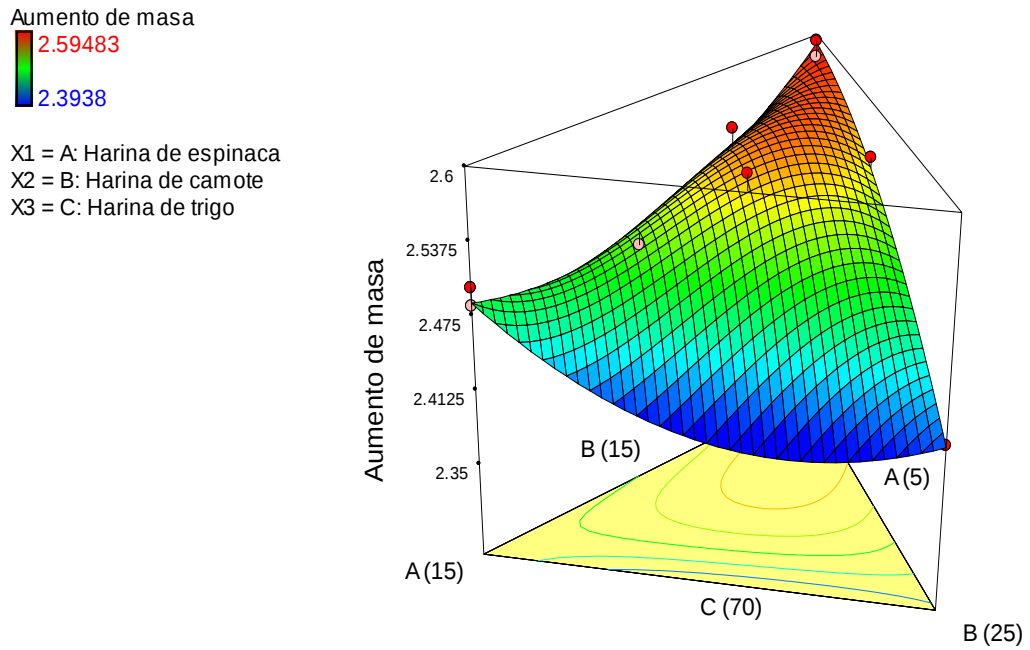
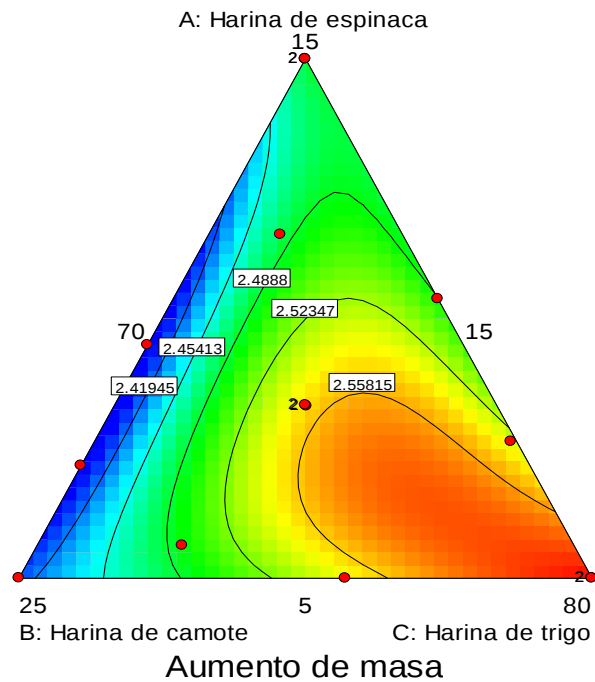


Figura 12. Gráfico de Contorno para el Aumento de masa en las pastas nutritivas



El incremento de la masa de la pasta está asociado con la capacidad del almidón para absorber agua. Al cocinarse, los gránulos de almidón incorporan agua, lo que resulta en un aumento de su volumen. (Criollo et al., 2017)

Los resultados obtenidos muestran que la formulación T5 tiene el valor más alto en el aumento de masa de las pastas, con 2.59%. En comparación, la pasta de control (100% harina de trigo) presentó un valor de 2.77. Según Mora A. (2012) en su tesis “Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua”, la pasta evaluada presenta un aumento de masa del 2.3 ± 0.8 %. De manera similar, los resultados de Afaray A. (2014) indican que la pasta evaluada presentó un incremento de peso del 2.65 ± 0.08 %. Por lo tanto, se asume que los valores de aumento de masa evaluados en la tabla 20 están dentro de los parámetros esperados para una pasta con sustitución parcial de harina de trigo.

4.4.1.3. Pérdida de sólidos

El porcentaje de pérdida de sólidos en el agua de cocción se determinó evaporando el agua utilizada en el análisis de aumento de masa en una estufa a 70°C, hasta obtener una masa constante.

Según el análisis ANOVA la pérdida de sólidos fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$), variando entre 1.07 y 1.57%. (Anexo 20)

El software Design expert versión 7 calcula el valor de r^2 para la variable pérdida de sólidos, obteniendo un valor de 0.8291. Este valor es crucial, ya que indica que los resultados obtenidos en cada formulación se ajustan a un

modelo lineal con un grado de confianza del 95.0 %. Según el análisis el modelo queda expresado como:

$$\text{Pérdida de sólidos} = 1.51*A + 1.48*B + 1.03*C$$

Donde:

A = Harina de Espinaca (%)

B = Harina de Camote (%)

C = Harina de Trigo (%)

Se generan gráficos de superficie de respuesta y de contorno para analizar el comportamiento de nuestros datos y determinar el porcentaje óptimo de pérdida de sólidos en las pastas nutritivas.

Figura 13. Gráfico de Superficie de Respuesta para la Pérdida de sólidos de las pastas nutritivas

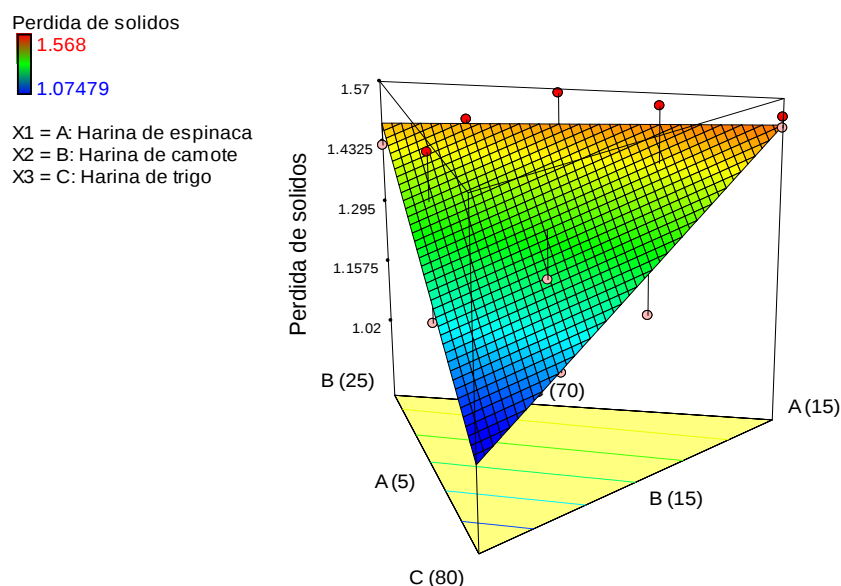
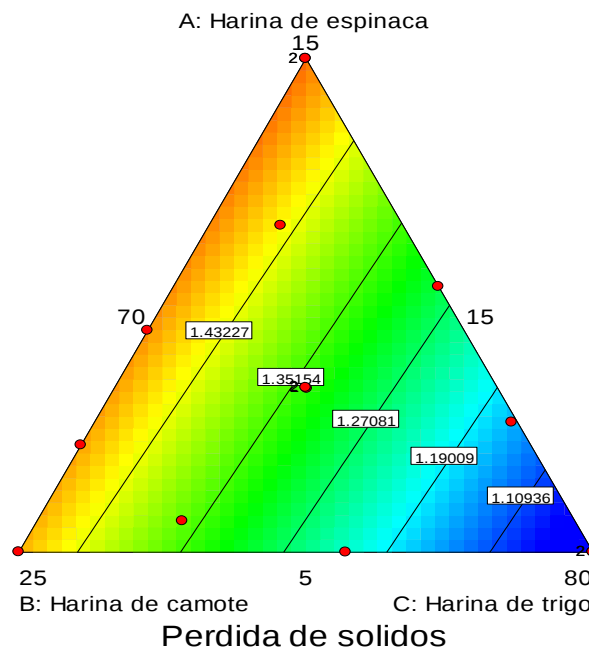


Figura 14. Gráfico de Contorno para la Pérdida de sólidos en las pastas nutritivas



La incorporación de subproductos ricos en fibra, como la harina de camote y espinaca, tiende a aumentar tanto los sólidos como la capacidad de absorción de agua en la pasta, lo que sugiere que la fibra podría jugar un papel crucial en estos cambios (Carpentiere et al., 2022).

La pérdida de sólidos en los tratamientos varió entre 1.07 y 1.57% , valores superiores al de la muestra control (100% HT, 0.82%). A pesar de estos valores, se consideran aceptables , ya que Xing et al. (2020) establecieron que el límite máximo de pérdida de sólidos es del 10%.

Según Granito et al. (2014), la pérdida de sólidos disueltos no es deseable, porque es producida por la solubilización de compuestos como almidones, proteínas y minerales, los cuales pasan al agua de cocción. Esta pérdida de sólidos ocasiona que las pastas pierdan su forma si se dejan más tiempo sumergidas en agua caliente.

4.4.2. Textura Instrumental

Se utilizó un texturómetro Brookfield y se expresaron los resultados en el parámetro de dureza.

Según el análisis ANOVA la textura instrumental fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$), variando entre 2.49 y 4.95 mJ. (Anexo 21)

El software Design expert versión 7 calcula el valor de r^2 para la variable, textura obteniendo un valor de 0.9630. Este valor es crucial, ya que indica que los resultados obtenidos en cada formulación se ajustan a un modelo lineal con un grado de confianza del 95.0 %. Según el análisis el modelo queda expresado como:

$$\text{Dureza} = 2.55*A + 2.61*B + 4.66*C$$

Donde:

A = Harina de Espinaca (%)

B = Harina de Camote (%)

C = Harina de Trigo (%)

Se generan gráficos de superficie de respuesta y de contorno para analizar el comportamiento de nuestros datos y determinar el valor óptimo de Textura (Dureza) en las pastas nutritivas.

Figura 15. Gráfico de Superficie de Respuesta para la Pérdida de sólidos de las pastas nutritivas

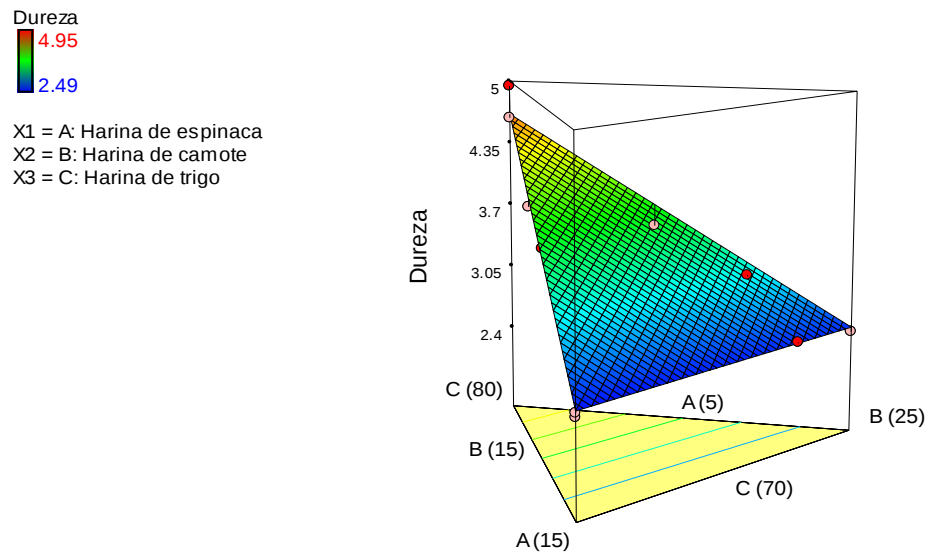
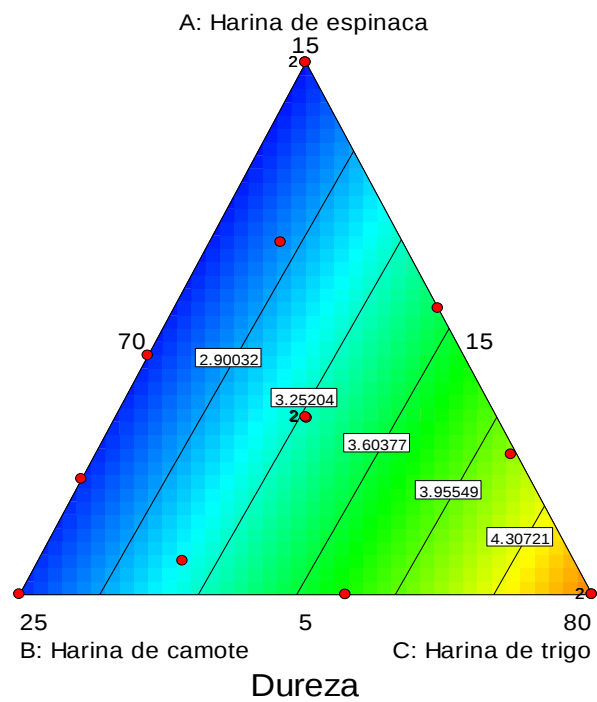


Figura 16. Gráfico de Contorno para la Pérdida de sólidos en las pastas nutritivas



La dureza de las pastas también mostró resultados significativos; a medida que aumenta la sustitución de Harina de Camote y Espinaca, las pastas pierden firmeza.

Los resultados alcanzados muestran que las formulaciones (T5 y T12) con mayor porcentaje de Harina de Trigo muestra el valor más alto de 4.62 y 4.95 mJ respectivamente, para el análisis instrumental de la textura. La harina de camote y la harina de espinaca no contienen gluten, lo que resulta en una pasta menos firme y más blanda, comprobado en el T3. (con un porcentaje de harina de trigo de 70%, mientras T5 y T12 con un porcentaje del 80%)

Gómez et al. (2019) también indicaron que las pastas con un mayor porcentaje de harina de trigo son más firmes debido al gluten, que contribuye a una estructura más robusta.

Tanto el camote como la espinaca contienen fibra, lo que puede influir en la textura y dureza de la pasta. La fibra puede absorber agua y afectar la cohesión de la masa.

4.4.3. Color Instrumental

El color de la pasta nutritiva se analizó utilizando el método triestímulo CIELab, con un colorímetro (modelo CP-100 de 3 colores). La evaluación se realizó midiendo los parámetros de luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad.

4.4.3.1. Luminosidad

Según el análisis ANOVA la luminosidad fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$), variando entre 31.50 y 39.89. (Anexo 22)

El software Design expert versión 7 calcula el valor de r^2 para la variable, textura obteniendo un valor de 0.9095. Este valor es crucial, ya que indica que los resultados obtenidos en cada formulación se ajustan a un modelo cubico especial con un grado de confianza del 95.0 %. Según el análisis el modelo queda expresado como:

$$\text{Luminosidad} = 32.12*A + 35.77*B + 40.00*C + 5.62*A*B - 13.69*A*C - 12.28 *B*C + 68.79 *A*B*C$$

Donde:

A = Harina de Espinaca (%)

B = Harina de Camote (%)

C = Harina de Trigo (%)

Se generan gráficos de superficie de respuesta y de contorno para analizar el comportamiento de nuestros datos y determinar el valor óptimo luminosidad en las pastas nutritivas.

Figura 17. Gráfico de Superficie de Respuesta para la Luminosidad de las pastas nutritivas

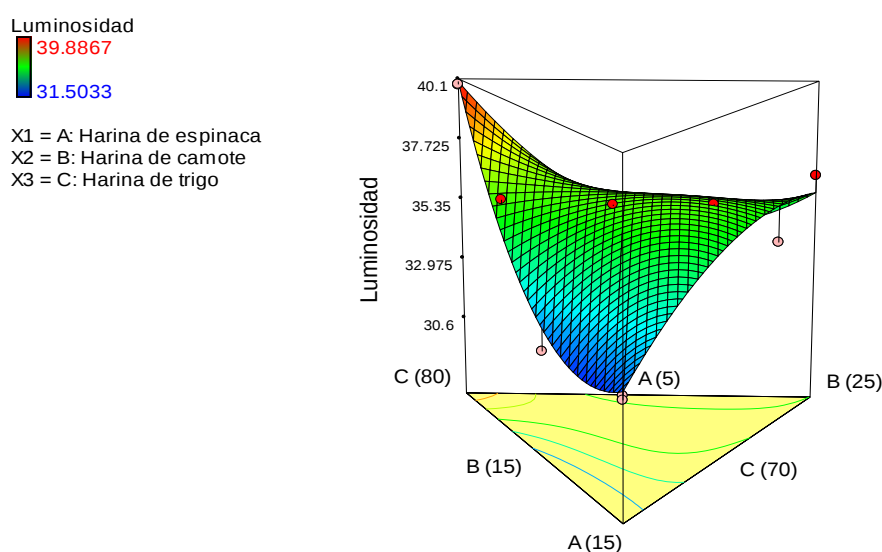
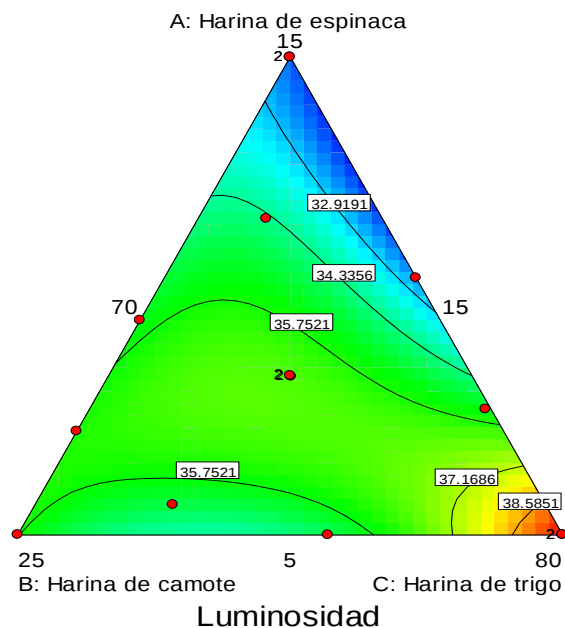


Figura 18. Gráfico de Contorno para la Luminosidad en las pastas nutritivas



De acuerdo con los gráficos de superficie respuesta, se puede observar que la luminosidad es inferior en todos los tratamientos en comparación al blanco.

La muestra control, elaborada con 100 % de harina de trigo, presentó un valor de luminosidad significativamente mayor, lo cual es atribuible a la presencia de carotenoides naturales en el trigo que le confieren un tono amarillento claro (Brown et al., 2018).

Asimismo, a medida que se incrementa el porcentaje de harina de espinaca se presenta una disminución significativa de la luminosidad debido a la clorofila presente en la espinaca. Según López et al. (2016), indica que la clorofila tiene una fuerte capacidad de absorción de luz, reduciendo así la reflectancia y, por ende, la luminosidad de los productos alimenticios.

Por otro lado, la harina de camote, que posee un color más neutro, pero con tonalidades naranjas debido a su contenido de betacaroteno, también influye en la coloración de la pasta. Sin embargo, su impacto en la luminosidad no es tan pronunciado como el de la espinaca, ya que el betacaroteno no absorbe luz en la misma medida que la clorofila (Johnson et al., 2020).

4.4.3.2. Cromaticidad

Según el análisis ANOVA la cromaticidad fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$), variando entre 3.00 y 10.55. (Anexo 23)

El software Design expert versión 7 calcula el valor de r^2 para la variable, textura obteniendo un valor de 0.8810. Este valor es crucial, ya que indica que los resultados obtenidos en cada formulación se ajustan a un modelo cubico especial con un grado de confianza del 95.0 %. Según el análisis el modelo queda expresado como:

$$\text{Cromaticidad} = 4.93*A + 6.63*B + 10.65*C - 3.60*A*B - 14.88*A*C - 10.61*B*C + 71.33*A*B*C$$

Donde:

A = Harina de Espinaca (%)

B = Harina de Camote (%)

C = Harina de Trigo (%)

Se generan gráficos de superficie de respuesta y de contorno para analizar el comportamiento de nuestros datos y determinar el valor óptimo cromaticidad en las pastas nutritivas.

Figura 19. Gráfico de Superficie de Respuesta para Cromaticidad de las pastas nutritivas

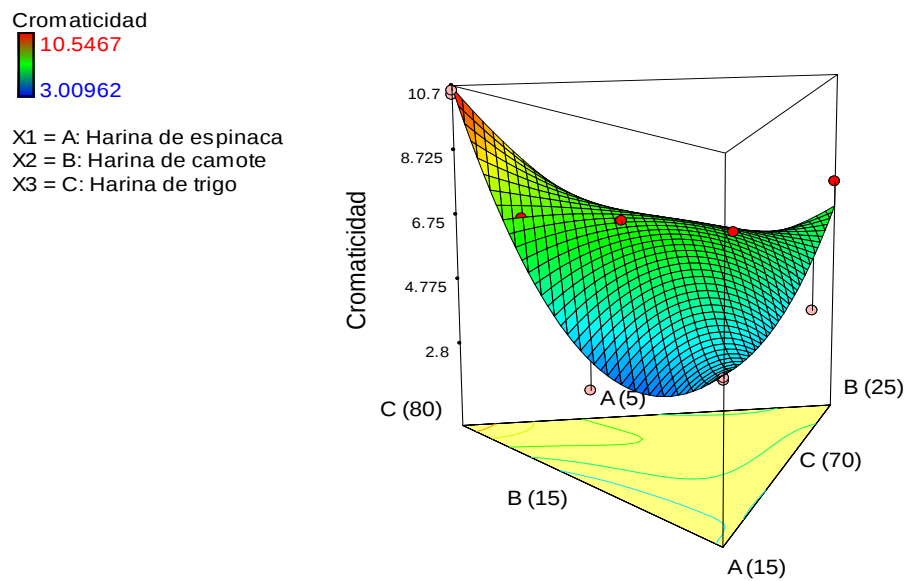
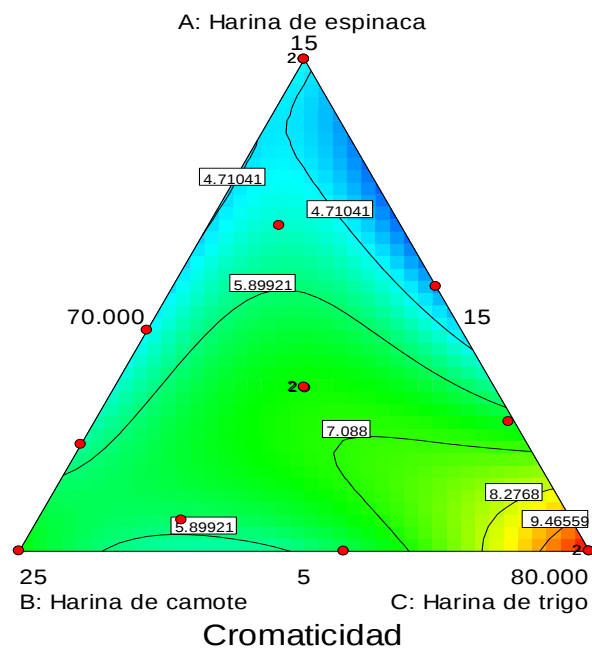


Figura 20. Gráfico de Contorno para la Cromaticidad en las pastas nutritivas



Los resultados de ANOVA revelaron que la cromaticidad de la pasta variaba significativamente entre 3.01 y 10.55, lo que indica que las diferencias en la coloración son estadísticamente relevantes. Este rango

sugiere que la incorporación de ingredientes como la harina de espinaca y camote no solo afecta la apariencia visual, sino que también puede influir en la aceptación del consumidor. Según Ghulam Nabi et al. (2023) destacan la importancia de los pigmentos naturales, indican que el color es la parte más atractiva de los alimentos, aumentando así la aceptación de los productos alimenticios por parte del consumidor.

Los tratamientos T5 y T12 (repeticiones) son los de mayor valor en cromaticidad comparada a la muestra control T0.

Los cambios de color pueden deberse a los pigmentos presentes en las espinacas, como el betacaroteno y la xantofila, que aportan el color amarillo, así como la clorofila, que otorga el color verde (Johnston et al., 2013).

4.4.3.3. **Angulo de tonalidad**

Según el análisis ANOVA la cromaticidad fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$), variando entre 270.07 y 282.83. (Anexo 24)

El software Design expert versión 7 calcula el valor de r^2 para la variable, textura obteniendo un valor de 0.8830. Este valor es crucial, ya que indica que los resultados obtenidos en cada formulación se ajustan a un modelo cubico con un grado de confianza del 95.0 %. Según el análisis el modelo queda expresado como:

$$\begin{aligned} \text{Angulo de tonalidad} = & 277.45*A + 271.97*B + 270.31*C - 9.35*A*B + \\ & 30.60*A*C + 10.83*B*C - 125.09*A*B*C - 17.00*A*B*(A-B) + \\ & 83.89*A*C*(A-C) - 25.99*B*C*(B-C) \end{aligned}$$

Donde:

A = Harina de Espinaca (%)

B = Harina de Camote (%)

C = Harina de Trigo (%)

Se generan gráficos de superficie de respuesta y de contorno para analizar el comportamiento de nuestros datos y determinar el valor óptimo de ángulo de tonalidad en las pastas nutritivas.

Figura 21. Gráfico de Superficie de Respuesta para Cromaticidad de las pastas nutritivas

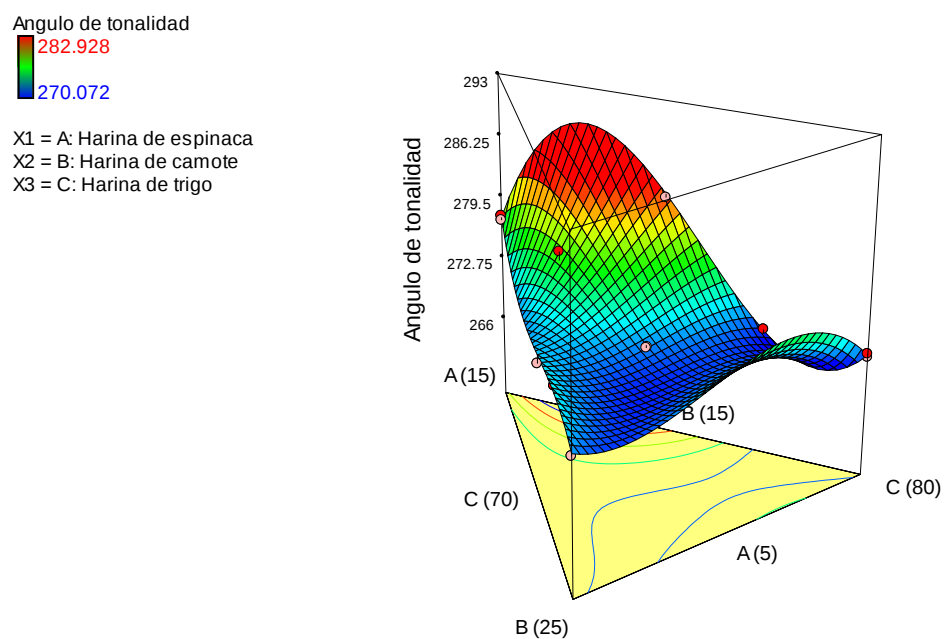
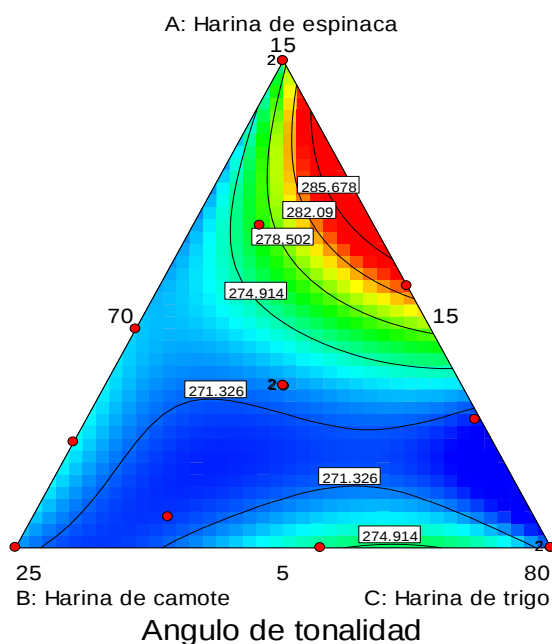


Figura 22. Gráfico de Contorno para la Cromaticidad en las pastas nutritivas



Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la adición de harina de espinaca y camote influye significativamente en el ángulo de tonalidad de las pastas, con un aumento del verdor en las formulaciones con mayor contenido de espinaca ($P < 0.05$). Estos hallazgos concuerdan con estudios previos que examinaron los cambios en el color de pastas elaboradas con polvo de brotes, que también informaron una mayor lixiviación de pigmentos verdes durante la cocción, afectando tanto el amarilleo como el verdor del producto (Jang & Yoon, 2023).

El aumento del verdor observado en las formulaciones con mayor porcentaje de espinaca puede atribuirse a la presencia de clorofilas, lo cual ha sido bien documentado en la literatura. En estos casos, los pigmentos verdes de la espinaca tienden a migrar al agua de cocción, provocando cambios visibles en el color final del producto.

Al considerar la aceptabilidad sensorial de las pastas, es importante tener en cuenta las preferencias del consumidor. Según estudios previos, se prefieren fideos con valores de luminosidad (L^*) más altos, es decir, fideos más brillantes (Jang & Yoon, 2023). Sin embargo, la adición de ingredientes funcionales, como la espinaca, puede reducir este brillo debido al tono verde que se añade, lo que podría potencialmente afectar la percepción de calidad visual por parte de los consumidores. En este estudio, el ángulo de tonalidad óptimo de 270.07, aunque asociado a un color más oscuro, no parece haber afectado negativamente la aceptación general, lo que sugiere que el balance entre nutrición y aspectos sensoriales fue bien logrado.

4.5. Optimización conjunta de las variables respuesta

Se llevó a cabo la optimización conjunta según los modelos ajustados para cada variable respuesta como fueron: tiempo de cocción, aumento de masa, pérdida de sólidos, textura instrumental, luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad. Para definir esta función es necesario contar con un conocimiento previo sobre los rangos de valores deseables o el objetivo de la variable ya sea maximizarla o minimizarla.

Para las variables tiempo de cocción, pérdida de sólidos lo que se desea es minimizarlas y en cuanto a las variables aumento de masa, textura instrumental, luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad se desea maximizar las variables.

Estos criterios se definieron utilizando el software Design Expert 7.0. Este método genera varias soluciones, las cuales se presentan en la tabla 21. La mejor solución es aquella cuyo valor de deseabilidad se acerque más a 1.

Tabla 21. Optimización de la pasta nutritiva con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca.

Number	Harina de espinaca	Harina de camote	Harina de trigo	Tiempo de cocción	Aumento de masa	Perdida de solidos	Dureza	Luminosidad	Cromaticidad	Angulo de tonalidad	Desirability	
1	5.133	15.379	79.488	12.140	2.582	1.102	4.328	37.751	8.630	272.964	0.574	Selected
2	5.000	15.310	79.690	12.236	2.581	1.103	4.322	37.612	8.529	274.475	0.554	
3	8.225	15.658	76.117	11.756	2.540	1.214	3.844	34.997	6.030	273.064	0.500	
4	8.286	15.000	76.714	11.599	2.517	1.188	3.965	34.390	5.489	273.063	0.488	

Como se puede apreciar en la tabla 21 el mejor tratamiento que cumple con los requisitos de la optimización es el T5 con 5% de harina de espinaca, 15% de harina de camote y 80% de harina de trigo con una deseabilidad de 0.574, el segundo mejor tratamiento obtenido de la optimización es el T12 de igual manera con 5% de harina de espinaca 15% de harina de camote y 80% de harina de trigo con una deseabilidad de 0.554, se puede apreciar que la deseabilidad en ambos casos son similares debidos a que estos son replicas.

4.6. Evaluación de las Características Sensoriales de los mejores tratamientos

Se realizó la caracterización sensorial de la pasta control y de los mejores tratamientos (T5 y T12), esta evaluación se realizó con la ayuda de 20 panelistas semientrenados quienes evaluaron el color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general a través de una escala hedónica de 9 puntos donde 1 indica “No me gusta mucho y 9 “Me gusta mucho”

Utilizando el programa estadístico STACGRAPHICS Centurion se realizó una evaluación comparativa sensorial de las pastas óptimas frente a la pasta control, se llevó a cabo un análisis estadístico ANOVA para examinar las propiedades organolépticas como el color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general de las mejores pastas.

4.6.1. Evaluación sensorial del Color

La tabla 22 muestra la significancia del atributo COLOR entre TRATAMIENTOS, así mismo la tabla 23 evalúa las diferencias entre las medias de dichos TRATAMIENTOS

Tabla 22. Tabla ANOVA para COLOR por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	15.2333	2	7.61667	8.43	0.0006
Intra grupos	51.5	57	0.903509		
Total (Corr.)	66.7333	59			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de COLOR entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 23. Pruebas de Múltiple Rangos para COLOR por TRATAMIENTOS

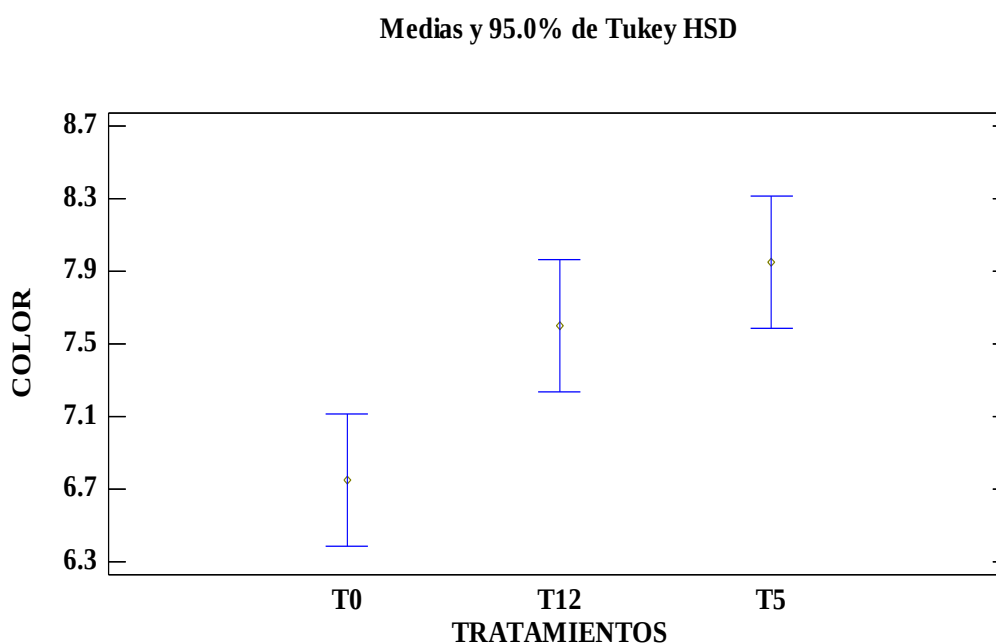
TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	20	6.75	X
T12	20	7.6	X
T5	20	7.95	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T0 - T12	*	-0.85	0.723391
T0 - T5	*	-1.2	0.723391
T12 - T5		-0.35	0.723391

Nota: * indica una diferencia significativa.

Esta tabla se realiza una comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares (T0 – T12, T0- T5) indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

Figura 23. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo COLOR de los tratamientos



En la tabla 23 y en la figura 23 se muestra la evaluación sensorial para el atributo color donde el T0 tuvo un puntaje promedio de 6.75, el T5 un puntaje de 7.95 y el T12 un puntaje de 7.6, los tratamientos T0, T5 y T12 superan un puntaje de 5 (Ni me gusta, ni me disgusta) y tomando como referencia al tratamiento control, los mejores tratamientos (T5 y T12) obtenidos en la optimización superan al puntaje obtenido de T0, es decir que los panelistas consideraron que les gusta moderadamente el color del T5 y T12, con un poco más de preferencia por el tratamiento T5. Según el análisis sensorial realizado por Vasquez (2023) sus mejores tratamientos de pastas con sustitución parcial, obtuvieron puntajes de 6.59 y de 6.05 lo que significa que les gusta poco a sus panelistas, sin embargo, sus pastas superaron el puntaje de 5, podemos decir comparándolo con nuestros resultados, que están dentro de lo esperado.

4.6.2. Evaluación sensorial del Sabor

La tabla 24 muestra la significancia del atributo SABOR entre TRATAMIENTOS, así mismo la tabla 25 evalúa las diferencias entre las medias de dichos TRATAMIENTOS

Tabla 24. Tabla ANOVA para SABOR por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8.63333	2	4.31667	5.27	0.0080
Intra grupos	46.7	57	0.819298		
Total (Corr.)	55.3333	59			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de SABOR entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 25. Pruebas de Múltiple Rangos para SABOR por TRATAMIENTOS

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

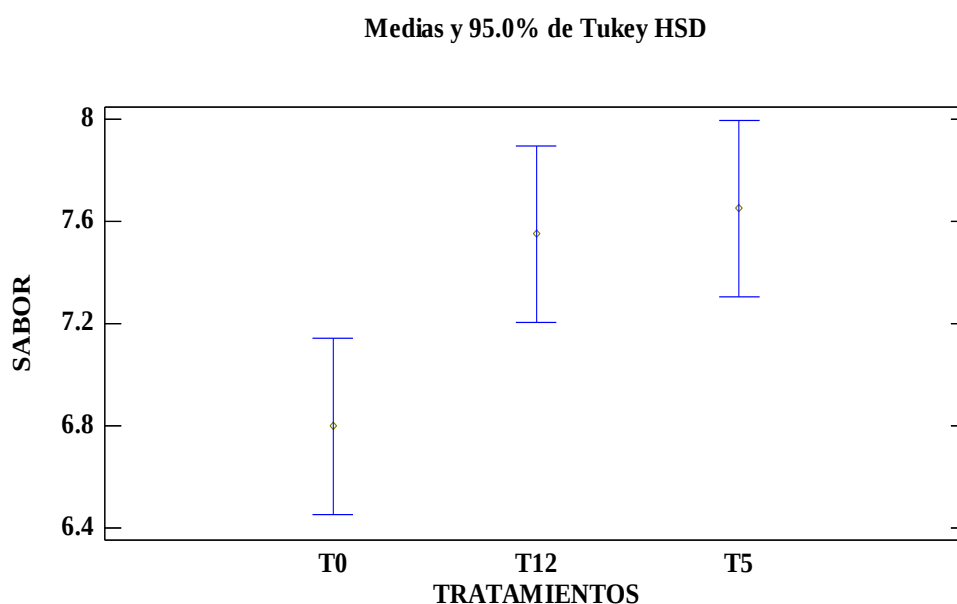
TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	20	6.8	X
T12	20	7.55	X
T5	20	7.65	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T0 - T12	*	-0.75	0.688855
T0 - T5	*	-0.85	0.688855
T12 - T5		-0.1	0.688855

Nota: * indica una diferencia significativa.

Esta tabla se realiza una comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares (T0 – T12, T0- T5) indica que estos tratamientos muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey

Figura 24. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo SABOR de los tratamientos



En la tabla 25 y en la figura 24 se muestra la evaluación sensorial para el atributo Sabor donde el T0 tuvo un puntaje promedio de 6.8, el T5 un puntaje de 7.65 y el T12 un puntaje de 7.55, los tratamientos T0, T5 y T12 superan un puntaje de 5 (Ni me gusta, ni me disgusta) y tomando como referencia al tratamiento control, los mejores tratamientos (T5 y T12) obtenidos en la optimización superan al puntaje obtenido de T0, es decir que los panelistas consideraron que les gusta moderadamente el sabor del T5 y T12, apreciando

que la diferencia del puntaje entre ambos tratamientos es baja, ya que ambos tienen la misma sustitución parcial. Según Uthai et al. (2022), en el análisis sensorial de pastas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote morado obtuvo para el atributo Sabor un puntaje de 7.98 para la pasta con 20% de harina de camote, sin embargo, no existe una diferencia significativa entre sus otros tratamientos y este. Este valor resulta ser muy cercano al obtenido en esta investigación.

4.6.3. Evaluación sensorial del Olor

La tabla 26 muestra la significancia del atributo OLOR entre TRATAMIENTOS, así mismo la tabla 27 evalúa las diferencias entre las medias de dichos TRATAMIENTOS

Tabla 26. Tabla ANOVA para OLOR por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8.03333	2	4.01667	4.75	0.0123
Intra grupos	48.15	57	0.844737		
Total (Corr.)	56.1833	59			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de OLOR entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 27. Pruebas de Múltiple Rangos para OLOR por TRATAMIENTOS

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

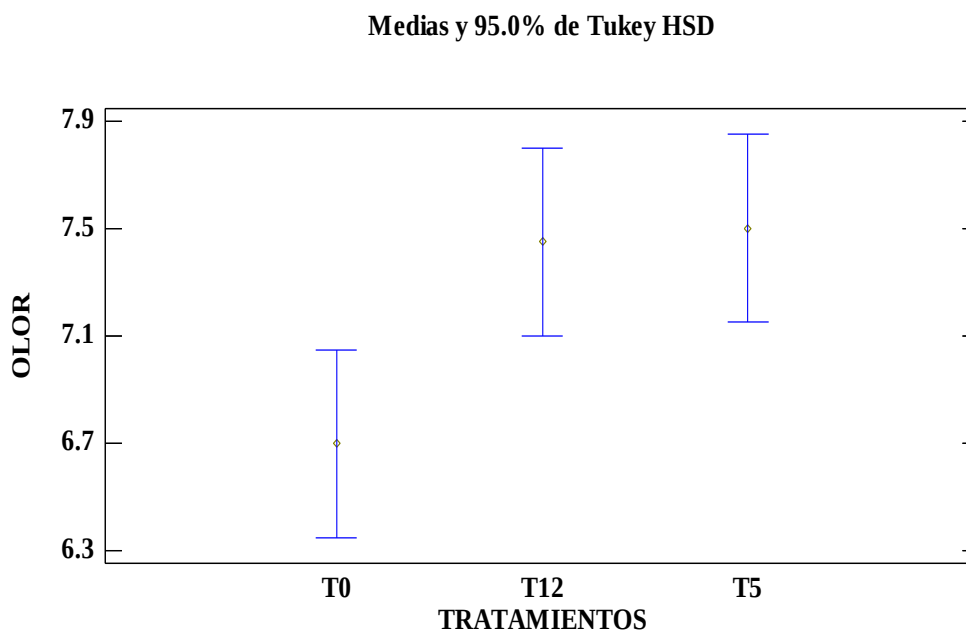
TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	20	6.7	X
T12	20	7.45	X
T5	20	7.5	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T0 - T12	*	-0.75	0.699468
T0 - T5	*	-0.8	0.699468
T12 - T5		-0.05	0.699468

Nota: * indica una diferencia significativa.

Esta tabla se realiza una comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares (T0 – T12, T0- T5) indica que estos tratamientos muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

Figura 25. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo OLOR de los tratamientos



Podemos apreciar en el análisis sensorial realizado para el atributo olor presentados en la tabla 27 y en la figura 25 que el T0 tuvo un puntaje promedio de 6.7, el T5 un puntaje de 7.5 y el T12 un puntaje de 7.45, los tratamientos T0, T5 y T12 superan un puntaje de 5 (Ni me gusta, ni me disgusta). Los tratamientos T5 y T12 superan la puntuación obtenida por T0, lo que indica que a los panelistas les gustó moderadamente el olor de T5 y T12. Además, se observó que la diferencia de puntaje entre estos dos tratamientos es mínima, lo cual se debe a que ambos comparten el mismo nivel de sustitución parcial. Vasquez (2023) reporta que en el análisis sensorial para el atributo olor realizado a sus mejores tratamientos de pastas hechas con sustitución parcial de granos andinos germinados, puntajes promedios de 6.70 y 6.38 lo que significa que a sus panelistas les gustó un poco sus mejores tratamientos. Los resultados obtenidos por nuestros mejores

tratamientos (T5 y T12) superan los de Vasquez (2023) por lo que los valores obtenidos se encuentran dentro de lo esperado.

4.6.4. Evaluación sensorial de la Textura

La tabla 28 muestra la significancia del atributo TEXTURA entre TRATAMIENTOS, así mismo la tabla 29 evalúa las diferencias entre las medias de dichos TRATAMIENTOS

Tabla 28. Tabla ANOVA para TEXTURA por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.73333	2	0.866667	1.20	0.3072
Intra grupos	41.0	57	0.719298		
Total (Corr.)	42.7333	59			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es mayor que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de TEXTURA entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 29. Pruebas de Múltiple Rangos para TEXTURA por TRATAMIENTOS

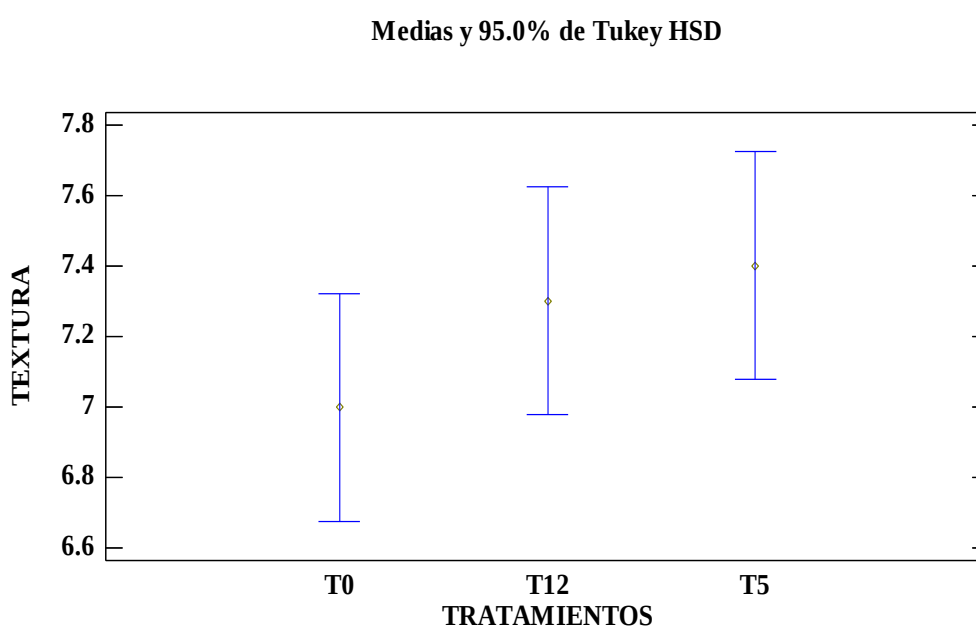
Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD			
TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	20	7.0	X
T12	20	7.3	X
T5	20	7.4	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T0 - T12		-0.3	0.645448
T0 - T5		-0.4	0.645448
T12 - T5		-0.1	0.645448

Nota* indica una diferencia significativa.

Esta tabla se realiza una comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se puede apreciar que no hay diferencias significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

Figura 26. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo OLOR de los tratamientos



Podemos apreciar en el análisis sensorial realizado para el atributo textura presentados en la tabla 29 y en la figura 26 que el T0 tuvo un puntaje promedio de 7.0, el T5 un puntaje de 7.4 y el T12 un puntaje de 7.3, los tratamientos T0, T5 y T12 superan un puntaje de 5 (Ni me gusta, ni me disgusta), los presentes tratamientos de encuentra en un rango de puntaje promedio de 7 – 7.4 lo que

indica que los tratamientos gusto moderadamente a los panelistas y para este atributo el tratamiento control con respecto a los mejores tratamientos no presentan una diferencia significativa. Share et al (2018) realiza un análisis sensorial a fideos enriquecidos con puré de espinaca y obtiene puntajes promedios para el atributo textura que van de 7.75 – 8.75, donde el puntaje incrementa según mayor sea la incorporación de puré de espinaca a excepción del tratamiento con mayor presencia de puré de espinaca que obtienen un valor de 8.25, esto significa que a sus panelistas les gustó mucho sus fideos. En comparación con los valores de textura obtenidos en este estudio, son inferiores, sin embargo, los panelistas no les desagradó nuestras pastas y tuvieron un gusto moderado por ellas.

4.6.5. Evaluación de la Aceptabilidad general

La tabla 30 muestra la significancia del atributo TEXTURA entre TRATAMIENTOS, así mismo la tabla 31 evalúa las diferencias entre las medias de dichos TRATAMIENTOS

Tabla 30. Tabla ANOVA para ACEPTABILIDAD GENERAL por TRATAMIENTOS

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7.03333	2	3.51667	6.32	0.0033
Intra grupos	31.7	57	0.55614		
Total (Corr.)	38.7333	59			

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de ACEPTABILIDAD

GENERAL entre un nivel de TRATAMIENTOS y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 31. Pruebas de Múltiple Rangos para ACEPTABILIDAD GENERAL por TRATAMIENTOS

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

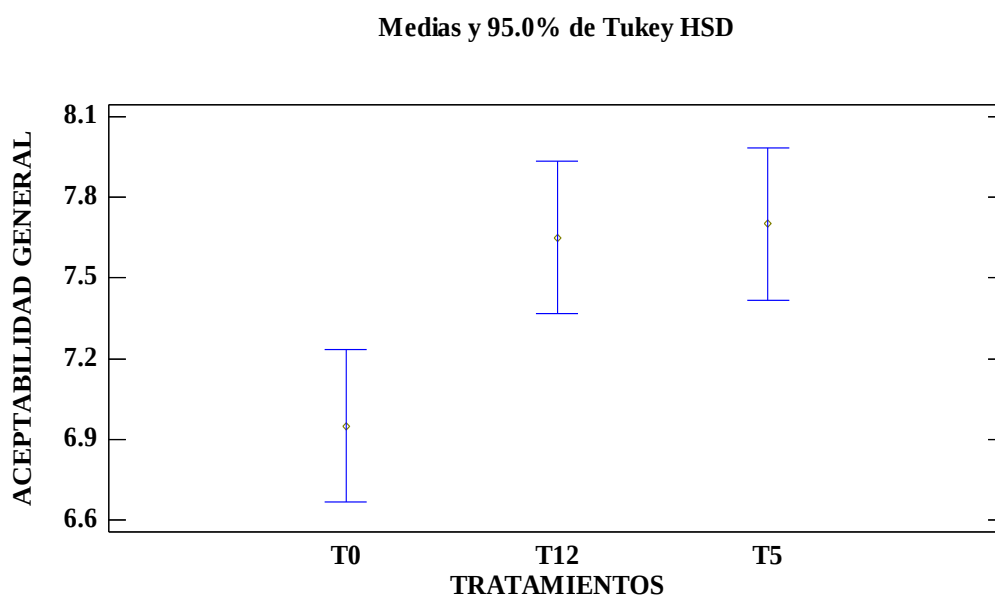
<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T0	20	6.95	X
T12	20	7.65	X
T5	20	7.7	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T0 - T12	*	-0.7	0.567544
T0 - T5	*	-0.75	0.567544
T12 - T5		-0.05	0.567544

* indica una diferencia significativa.

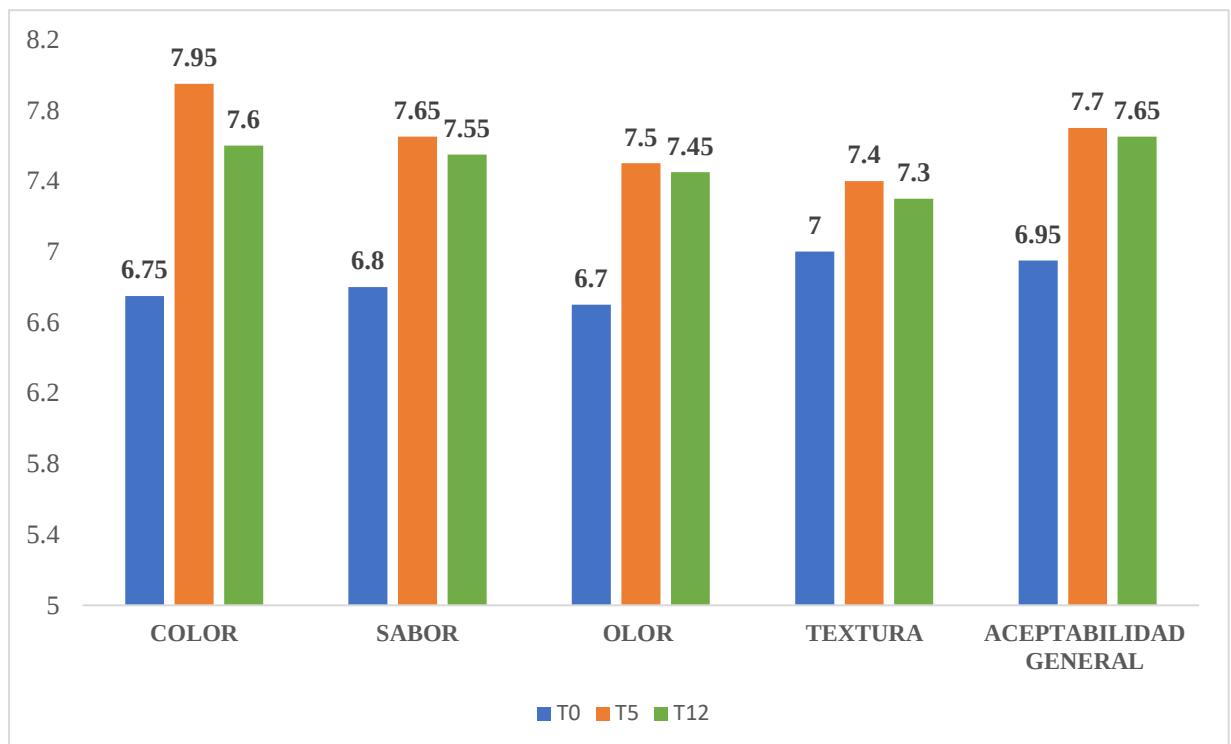
Esta tabla se realiza una comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos tratamientos muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey

Figura 27. Grafica de medias y Prueba Tukey HSD para el atributo OLOR de los tratamientos



En la tabla 31 y en la figura 27 se muestra la evaluación sensorial para la Aceptabilidad General donde el T0 tuvo un puntaje promedio de 6.95 , el T5 un puntaje de 7.7 y el T12 un puntaje de 7.65, los tratamientos T0, T5 y T12 superan un puntaje de 5 (Ni me gusta, ni me disgusta) y tomando como referencia al tratamiento control, los mejores tratamientos (T5 y T12) obtenidos en la optimización superan al puntaje obtenido de T0, es decir que los panelistas consideraron que les gusta moderadamente el sabor del T5 y T12, se aprecia que la diferencia del puntaje entre ambos tratamientos es baja, ya que ambos tienen la misma sustitución parcial. Uthai et al (2022) reporta la aceptabilidad general de sus fideos con sustitución parcial por harina de camote morado, valores entre 8.34 y 8.42, donde el tratamiento con mayor aceptabilidad (8.42 puntaje promedio) es aquel con 15% de harina de camote morado. Estos resultados superan por poco a los valores obtenidos en nuestro estudio lo que quiere decir que están dentro de los resultados esperados.

Figura 28. Resumen de Evaluación Sensorial de los mejores tratamientos



En la figura 28 podemos observar todos los atributos analizados en el análisis sensorial (color, sabor, olor, textura y aceptabilidad general) donde cada uno de ellos tiene una media superior a 5 (ni me gusta, ni me disgusta) por lo que quiere que a los panelistas T0, T5 y T12 les gusta ya sea un poco o moderadamente, mientras que el T5 siempre presenta una media superior en comparación con los otros tratamientos, sin embargo T12 al ser una repetición de T5 presenta valores muy cercanos por lo que no existe una diferencia significativa entre ambos tratamientos, a diferencia si comparamos T0 con T5 o T0 con T12 que si existe una diferencia significativa a excepción de la textura.

4.7. Caracterización Proximal del mejor tratamiento

Se realizó la caracterización proximal del mejor tratamiento T5 (5% harina de espinaca, 15% harina de camote y 80% harina de trigo) y se puede apreciar en la tabla 32.

Tabla 32. Caracterización Proximal del mejor tratamiento

Características	Valores Obtenidos (%)
Humedad	12.58 ± 0.02
Grasa	1.61 ± 0.03
Ceniza	1.52 ± 0.04
Proteína	15.32 ± 0.03
Fibra dietaria	5.5 ± 0.05
Carbohidratos	63.47 ± 0.03

a. Porcentaje de Humedad

La tabla 32 indica 12.58 ± 0.02 de humedad para la pasta óptima, valor que se encuentra inferior a los 14% que el máximo permitido según la N.T.P.206.010.2016. También es importante en la seguridad de la pasta, al estar justo en el límite de 12.5%, el producto no estaría expuesto a riesgos de contaminación microbiana (Espriella Martínez, 2002).

b. Porcentaje de Grasa

El contenido de grasa de $1.61\% \pm 0.03$ es relativamente bajo, lo que es común en productos a base de trigo, especialmente aquellos enriquecidos con vegetales. La harina de camote y espinaca tienen un bajo contenido graso (0.73% y 2.56%

respectivamente), lo que justifica la baja proporción en el producto final. De acuerdo con estudios de Pinco & Pretell (2023), el porcentaje de grasa en su pasta óptima, que reemplaza parcialmente la harina de trigo por harina de maca roja y harina de maíz (82%, 7% y 11%) , fue de 1.42 ± 0.02 . Comparado con nuestro valor, ambos se consideran ideales para una pasta alimenticia, ya que Sisson (2009) la clasifica como un alimento saludable por su bajo contenido de grasa, alto contenido de carbohidratos y una cantidad considerable de proteínas.

c. Porcentaje de Ceniza

En cuanto al resultado de contenido de cenizas de la pasta óptima, refleja la presencia de minerales, el valor de 1.52 ± 0.04 está dentro del rango esperado para productos que incluyen vegetales como espinaca, los cuales aportan minerales esenciales como hierro, calcio y magnesio. Este valor es similar a lo reportado por Álvarez y Avalos (2019), que reporta el dato de $1.52 \% \pm 0.01$. Nuestra investigación revela que añadir vegetales a productos de pasta aumenta de manera considerable los niveles de ceniza, lo cual refleja directamente el contenido mineral (López y Sánchez, 2020). En este caso, la harina de espinaca presenta un contenido de ceniza de 17.06 ± 0.04 ; sin embargo, este valor tiene poca influencia en la pasta óptima, ya que solo se utiliza un 5% de esta harina.

d. Porcentaje de Proteína

Es fundamental determinar la cantidad de proteínas en las pastas, ya que estas definen el gluten (glutenina y gliadina), el cual, junto con las grasas y el agua, es responsable de las propiedades viscoelásticas y la cohesión de la masa (Juárez, Bárcenas y Hernández, 2014).

El porcentaje de proteínas que se obtuvo es mayor al de las pastas convencionales , incluso superior al de pastas enriquecidas con distintas sustituciones de harina de trigo , cómo es el caso de Pinco & Pretell (2023) lo cual obtuvo 12.23 ± 0.15 % de proteínas en su pasta óptima y 11 % en su pasta control. En comparación nuestro resultado fue 15.32 ± 0.03 %.

Cabe resaltar qué la presente investigación nació como una propuesta para dar solución a productos con baja calidad nutricional, productos como las pastas que son de consumo masivo.

e. Porcentaje de Fibra dietaría

El contenido de fibra de $5.5\% \pm 0.05$ es considerablemente alto en comparación con las pastas tradicionales, lo cual puede atribuirse a la inclusión de camote y espinaca.

La fibra dietética, al ser un grupo de carbohidratos no digeribles, juega un papel crucial en la mejora de la función gastrointestinal y la regulación de los niveles de glucosa y colesterol en sangre (Liu et al., 2024).

El perfil saludable de las frutas y verduras es ampliamente reconocido, atribuido a su alto contenido de compuestos bioactivos, como fibra (pectina, celulosa, hemicelulosa y lignina), minerales o compuestos fenólicos (Gómez & Martínez, 2018).

Recientemente, Santamaria et al. (2024) desarrollaron panes planos saludables dónde usaron como materia prima el polvo de espinaca (2%), qué en su composición proximal del polvo vegetal obtuvieron 40.52 ± 0.79 de fibra dietaría y en el producto final 5.73 ± 1.44 .

Liu et al. (2024) estudiaron la caracterización fisicoquímica de una harina compuesta a base de camote morado y arroz, demostrando que los niveles más

altos de fibra dietaría se debían al aumento en proporción de harina de camote. La abundante fibra dietética en la harina de camote morado puede mejorar la tasa de digestión y absorción de los productos.

Tanto la harina de camote como la harina de espinaca son conocidos por su alto contenido de fibra dietaría, el porcentaje en la sustitución de nuestra muestra óptima fue de 5% HE y 15% HC, cantidades que mejoraron el perfil nutricional de una pasta convencional.

f. Porcentaje de Carbohidratos

El contenido de carbohidratos de 63.47 ± 0.03 % es típico en pastas a base de trigo, pero ligeramente reducido debido a la sustitución parcial por harinas de camote y espinaca, que contienen menores niveles de almidón en comparación con el trigo. Aunque el contenido de carbohidratos sigue siendo alto, la inclusión de ingredientes vegetales mejora el índice glucémico del producto, haciéndolo más adecuado para dietas bajas en carbohidratos (Rodríguez y Fernández, 2020).

4.8. Determinación de Polifenoles totales y Capacidad Antioxidante del mejor tratamiento

Se realizó el análisis de polifenoles totales y capacidad antioxidante a los 2 mejores tratamientos y se pueden apreciar en la Tabla 33.

Tabla 33. Polifenoles totales y Actividad Antioxidante de los mejores tratamientos

	Polifenoles	Actividad
Tratamiento	Totales (mg GAE/100 g)	Antioxidante DPPH (μMol Trolox/ g)
T5	43.37 ± 0.07	64.34 ± 0.04
T12	42.61 ± 0.06	64.13 ± 0.09

El contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de los tratamientos T5 y T12 (5% harina de espinaca, 15%harina de camote y 80% de harina de trigo) se puede observar en la tabla 22

Gull et al (2016) realiza el análisis de polifenoles totales a una pasta control a base de sémola de trigo duro, donde este es el principal ingrediente de una pasta comercial y obtiene un valor equivalente a 22 ± 0.03 mg GAE/100g, mientras que los valores obtenidos en este estudio fueron 43.37 ± 0.07 y 42.61 ± 0.06 mg GAE/100 g del T5 y T12 respectivamente, se puede evidenciar que la pasta analizada en este estudio posee mayor cantidad de polifenoles totales y se debe a la utilización de harinas de otras materias primas (espinaca y camote), siendo estas las que aportan esta característica. Nancy et al (2022) evidencia que una pasta sustituida con harina de camote en un 20% presenta un contenido fenólico total equivalente a 252 mg GAE/100 g y conforme incrementa el porcentaje de sustitución el contenido fenólico total también, Safaa & Zahra (2021) en su estudio de fideos con 5% de hojas de espinaca obtiene un contenido fenólico total de 381,66 mg GAE/100 g, estos resultados son mucho mayores al valor obtenido en esta

investigación por lo que podemos asumir que pudo haber una pérdida significativa de polifenoles totales. Manach et al (2014) señala que los polifenoles son sensibles a la oxidación cuando están expuestos al aire especialmente a la luz y el calor. Por otro lado, Anila & Mohamed (2022) han indicado que el método y el solvente, el pH, el tiempo de tratamiento utilizado para extraer los polifenoles pueden afectar la cantidad recuperada.

Dien et al (2024) realiza el análisis de Actividad Antioxidante (DPPH) a una pasta control a base de sémola de trigo duro similar a una pasta comercial, teniendo como resultado equivalente a 10.10 $\mu\text{Mol TE/ g ps}$, Vasquez (2023) obtuvo una actividad antioxidante (ORAC) de $15.46 \pm 1.14 \mu\text{Mol TE/ g ps}$ para su pasta control, en esta investigación los tratamientos T5 y T12 de capacidad antioxidante tuvieron valores de 64.34 ± 0.04 y $64.13 \pm 0.09 \mu\text{Mol TE/ g ps}$ respectivamente siendo nuestro resultado significativamente mayor, lo que quiere decir que la sustitución de la harina de trigo por harinas como la de camote y espinaca generan que esta propiedad incremente. Wang (2023) reporta un incremento en la actividad antioxidante de su pasta control ($6.50 \pm 0.18 \mu\text{Mol TE/g ps}$) con respecto a la pasta enriquecida con pulpa de espinaca, obteniendo un valor de actividad antioxidante de $13.87 \pm 0.13 \mu\text{Mol TE/g ps}$ para la pasta enriquecida con pulpa de espinaca en un 10 %. Wang (2023) nos dice que la incorporación de vegetales como la espinaca, podría mejorar la actividad de eliminación de radicales libres, lo que indica que la pasta es un buen medio para poder incorporar alimentos vegetales y mejorar la nutrición de las personas.

4.9. Determinación de la Vida Útil del mejor Tratamiento

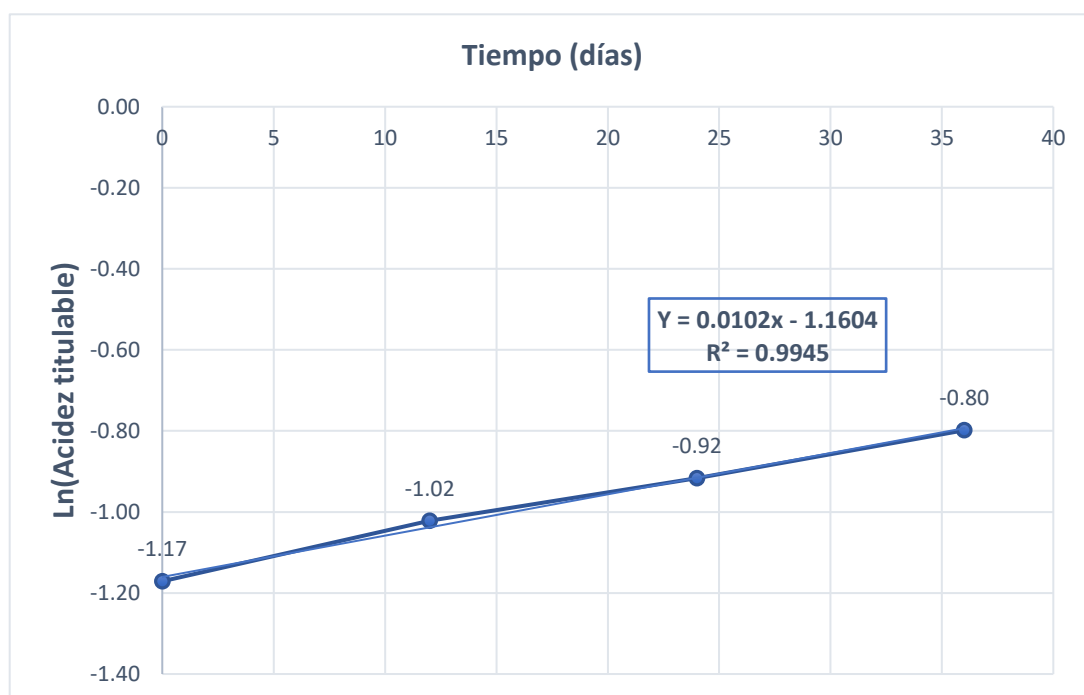
La vida útil del mejor tratamiento (T5) se evaluó en condiciones aceleradas a una temperatura de 45°C y a una humedad relativa del medio ambiente, se realizó un monitoreo de la acidez titulable de la pasta mediante el procedimiento descrito en la NTP 206.013 1981, cada 12 días hasta alcanzar una acidez máxima de 0.46% como indica la NTP NTP 206.010 2016. El valor de Q10 utilizado fue de 3, valor utilizado por De La Espriella (2010) y también por Pantoja y Prieto (2015) en el estudio de vida útil de pastas alimenticias. Para poder llevar las condiciones de vida útil aceleradas a condiciones normales (a una temperatura de 25°C) se utilizó la ecuación empleada por Casp & Abril (1999) que citó Prieto & Pantoja (2015)

Tabla 34. Evaluación de la acidez titulable a 45°C y a una humedad relativa del medio ambiente

Tiempo (Días)	Parámetros	
	%Acidez titulable	Ln(Acidez)
0	0.31	-1.17
12	0.36	-1.02
24	0.4	-0.92
36	0.45	-0.80

Obteniendo la ecuación de la recta a través del grafico de Tiempo vs Ln(Acidez titulable) como se aprecia en la Figura 24.

Figura 29. Gráfico Ln(Acidez titulable) vs Tiempo



Con la ecuación $Y = 0.0102X - 1.1604$ podemos calcular la vida útil en condiciones aceleradas donde el valor de Y es $\ln(0.46)$ (0.46% es límite máximo para la acidez titulable de una pasta seca) reemplazando en la ecuación obtenemos una vida útil de 37.64 días a condiciones aceleradas.

Para poder determinar la vida útil en condiciones normales necesitamos obtener el valor de α en la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{\ln Q_{10}}{10}, \text{ sabiendo que el valor de } Q_{10} = 3, \text{ obtenemos que } \alpha = 0.1009861$$

luego reemplazamos en la ecuación descrita por Casp y Abril (1999)

$$\theta_{s(T)} = \frac{\theta_{s(T+10)}}{e^{-\alpha[(T+10)-T]}}$$

Donde:

$\theta_{s(T)}$ = Vida util a Temperatura ambiente T°C

$\theta_{s(T+10)}$ = Vida util a Temperatura (T°C + 10) = 37.64 dias

(T°C) = 25°C

$$(T^{\circ} + 10) = 45^{\circ}\text{C}$$

Remplazando los datos obtenemos que la vida útil en condiciones normales (a una temperatura de 25°C) fue de **338.74 días** lo que equivale a $11.29 \cong 11$ **meses**.

En la Figura 29 podemos apreciar la gráfica de Tiempo vs Ln(Acidez titulable) donde se muestra el comportamiento de la acidez con respecto al tiempo del mejor tratamiento de la pasta nutritiva con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca. De la gráfica obtuvimos la ecuación de regresión lineal con un valor de $R^2 = 0.9945$ lo que significa que el test de vida útil realizada en condiciones aceleradas puede ser calculado a condiciones normales ($T^{\circ} = 25^{\circ}\text{C}$).

El parámetro evaluado para determinar la vida útil de la pasta fue la acidez titulable (expresada en % de ácido láctico) donde fue incrementando conforme pasaban los días, en condiciones de temperatura de 45°C , según Ramírez (2015) la acidez en las pastas se origina principalmente por la acción enzimática sobre los hidratos de carbono, que constituyen el principal componente de las materias primas. Un mayor contenido de humedad en la pasta favorece la actividad enzimática, lo que resulta en un incremento de la acidez. Rosas (2015) otro factor que puede incrementar la acidez en una pasta es la fermentación láctica debido a la acción de las bacterias lácticas presentes en algunos de los ingredientes, especialmente en la harina. Estas bacterias reaccionan con los azúcares que han sido hidrolizados, produciendo ácido láctico. La temperatura óptima para que esta fermentación se desarrolle es de unos 35°C , y entre los 20 y 40°C se acelera el proceso.

La vida útil correspondiente al T5 (5% de harina de espinaca, 15% de harina de camote y 80% harina de trigo) nos dio un periodo de 338.74 días equivalente a 11 meses. Pantoja & Prieto (2015) realizaron un estudio de vida útil en pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa y Tarwi donde su formulación S4, 80% harina de trigo, 5% harina de quinua y 15% harina de tarwi, dio un tiempo de 341.405 días equivalente a 11 meses. Rosas (2015) reportó un tiempo de vida útil de 308.11 días equivalente a 10 meses, siendo este valor muy cercano al obtenido en este estudio.

V. CONCLUSIONES

- El rendimiento de las harinas de camote y espinaca fueron de 25.19% y 2.72%, siendo el rendimiento de la harina de espinaca bajo debido a su alto contenido de humedad, sin embargo, muestra un contenido proteico significativo de 34.51% a diferencia de la harina de trigo que presenta 11.05%, por otro lado, la harina de camote presenta un contenido bajo de proteínas de 2.23%. La humedad de las harinas de trigo, camote y espinaca están por debajo de 15% como lo indica la NTP 205.064 2015, siendo sus valores de 12.34%, 8.58% y 6.86% respectivamente.
- Se concluye que las pastas nutritivas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca cumplen con las características fisicoquímicas y sensoriales según lo indica la NTP 206.010 2016 (Pastas o Fideos para consumo humano).
- La optimización realizada en base a las características tecnológicas de las pastas nos dio como mejores tratamientos el T5 y el T12 (5% harina de

espinaca, 15% harina de camote y 80% harina de trigo) con una deseabilidad de 0.574 y 0.554 respectivamente, siendo valores muy cercanos debido a que ambos tratamientos son repeticiones.

- La capacidad antioxidante y polifenoles totales realizadas con la metodología de DPPH y Folin-Ciocalteu respectivamente, a los tratamientos T5 y T12 nos dio valores de capacidad antioxidante para T5 de 64.34 ± 0.04 $\mu\text{Mol Trolox/g}$ y para T12 el valor de 64.13 ± 0.09 $\mu\text{Mol Trolox/g}$, mientras que se obtuvo valores de polifenoles totales para T5 de 43.37 ± 0.07 mg GAE/100 g y para T12 el valor de 42.61 ± 0.06 mg GAE/100 g. Estos resultados nos mostraron un incremento significativo de estas características en comparación con pastas comerciales o pastas controles consultadas en la bibliografía.
- La adición de camote y espinaca en la pasta incrementa significativamente su contenido de fibra dietética, alcanzando un $5.5\% \pm 0.05$, mucho mayor que en las pastas convencionales. La fibra dietética, que no es digerible, ofrece diversos beneficios para la salud, como mejorar la función digestiva y ayudar a regular los niveles de glucosa y colesterol en la sangre. Tanto el camote como la espinaca son reconocidos por su alto contenido en fibra y otros compuestos beneficiosos, lo que demuestra que su inclusión en la receta optimiza el perfil nutricional de la pasta.
- La vida útil del mejor tiramiento, en este caso T5, realizada en condiciones aceleradas y llevada a condiciones normales, nos dio un tiempo de 338.74 días lo que equivale a 11 meses, usando como indicador critico la acidez titulable con un límite de 0.46%

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis sensorial a todos los tratamientos para identificar si las características sensoriales y las características tecnológicas dan un tratamiento optimo distinto.
- Se recomienda realizar una evaluación de capacidad antioxidante y polifenoles totales a todos los tratamientos para observar mejor el comportamiento de estas características según el grado de sustitución de las harinas.
- Se recomienda realizar un mejor empaque de las pastas para evaluar si existe incremento de la vida útil.
- Se recomienda realizar más estudios donde emplear la espinaca ya que al ser una materia prima altamente perecedera, permitirá incrementar su vida útil.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, K., & Campos, J. (2024). Elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de cascara de maracuyá y quinua germinada. [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4652>
- Afaray A. (2014) Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Tacna, Perú.
- Alvarez L. y Avalos Y. (2019). Elaboración y evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la pasta enriquecida con harina de cañihua (*Chenopodium Pallidicahurtaule*) y harina de chía semidesgrasada (*Salvia Hispanica L.*). Chimbote-Perú
- Alvarez, L. (2001). Partes del Grano de Trigo. https://members.tripod.com/lucrecia_alvarez/grano%20de%20trigo.htm
- Anderson-Cook, C. M., Williams, B. R., & Hunter, W. G. (2020). Design and analysis of experiments: Volume 2 - Advanced topics. Wiley.
- Anila, A. & Mohamed, F. (2022). Effect of Temperatures on Polyphenols during Extraction. *Applied Sciences* 12, no. 4: 2107. <https://doi.org/10.3390/app12042107>
- Antay, R. (2021). Sustitución parcial de la harina de trigo con harina de frijol palo (*Cajanus cajan L.*) germinado, en la elaboración de pan de molde. [Tesis de título, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía]. <https://api->

repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ef14a2c8-796c-40c0-9577-48bf9d0c1da9/content

Anticona, A. L. (2017). Comparación Físico-química y Reológica de harinas: Trigo (*Triticum aestivum*), Centeno (*Secale cereale*) y Triticale (x *Triticosecale*) en Elaboración de Pan. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2967>

Apaza Vargas, M. (2019). Evaluación del Rendimiento y Calidad del Cultivo de Espinaca (*Spinacia oleracea* L.) utilizando Biol en Chuquibambilla-Grau. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/828/T_0519.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arellano, E. A. y Rojas, I. A. (2017). Efecto de la Sustitución Parcial de Harina de Trigo (*Triticum aestivum*) por Harina de Arvejas (*Pisum sativum*) y Harina de Camote (*Ipomoea batatas*) en las Características Tecnológicas y Sensoriales de Cupcake. [Tesis pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/2748>

Blois, M. S. (2020). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>

Boukid, F., Littardi, P., Carini, E., Diantom, A., Curti, E., Vodovotz, Y. y Vittadini, E. (2022). Use of discrimination analysis to identify differences during cooking of novel pasta formulations. *Food Structure*. Volumen 33.

Carbajal, G. & Huamancondor, T. (2017). Influencia de la extrusión en las características fisicoquímicas y evaluación de aceptabilidad de un snack a base

- de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y harina de camote (*Ipomoea batatas*). [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2783>
- Chamba, J. (2023). Determinación de componentes fenólicos y antioxidantes de harina de camote morado (*Ipomeas batatas*) y mashua (*Tropaeolum tuberosum*). [Tesis pregrado, Universidad Tecnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37937/1/CBT%20027.pdf>
- Chauca, L., Siura, S. (2006). Evaluación de cinco Cultivares de Espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo Cultivo Orgánico. <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Investigacion/Tesis/Tesis%20Sustentadas/Resumen%20Liz%20Cahua.pdf>
- CODEX ALIMENTARIUS (2021). Norma para la Harina de Trigo. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B152-1985%252FCXS_152s.pdf
- Cornell, J. A. (2020). Experiments with mixtures: Designs, models, and the analysis of mixture data (3rd ed.). Wiley.
- Criollo Feijoo, J., Martínez Mora, E., Silverio Calderón, C., & Díaz Torres, R. (2017). Pruebas de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo - almidón de banano. *Revista Cumbres*, 3(2), 09-16. <http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres>

- De La Espriella, I. (2010). Determinación de la vida útil de spaghetti y fideos doria (elaborados en barranquilla) bajo condiciones aceleradas. [Tesis de título, Universidad de la Salle, Bogota - Colombia]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?params=/context/ing_alimentos/article/1078/&path_info=T43.10_E66d.pdf
- Dien, Q., Thi, B., Un, Mi., Thi T. y Van V. (2024). Quality of durum wheat pasta fortified with different ratios of turmeric residue poder. Journal of Agriculture and Food Research. Volume 16. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101220>.
- El Sheikha, A. F. y Ramesh, C. R. (2017) Potential impacts of bioprocessing of sweet potato: Review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57:3, 455-471, DOI: 10.1080/10408398.2014.960909
- Empresa Municipal de Mercado S.A. (2020). Aniversario de Nuestro Superalimento el Camote. <https://www.emmsa.com.pe/noticias/aniversario-de-nuestro-superalimento-el-camote>
- Espinoza, L. & Ludeña, F. (2018). Evaluación de la calidad del pan de molde enriquecido con harina de chía (salvia hispánica l.) Desgrasada y sin desgrasar. [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3059/47070.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Esquivel, M. H. y Velazquez, L. M. (2014). Evaluación de la Elaboración de Harina de Camote Morado (Ipomea batatas Lam) producido bajo diferentes niveles de Fertilización Organica en el Municipio de Othon P. Blanco. http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2014-9.pdf

FEN (s,f). Espinacas. <https://fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/espinacas.pdf>

Flores, L. (2019). Evaluacion de Rendimiento de Nueve Clones Promisorios de Ipomonea batatas L. “camote” en Barranca Huaral y Cañete. [Tesis pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/3277/FLORES%20LAZARO%20ARNOLD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Galindo, D., & Valdez, M. (2015). Elaboración de pastas artesanales con ocho tipos de harinas y su aplicación en nuevas recetas [Universidad de Cuenca]. <https://core.ac.uk/download/pdf/38669479.pdf>

Gomez, A., Huaca, A., Espin, M., Almeida, V. y Castañeda, J. (2019). Elaboración de pasta alimenticias enriquecidas a partir de harina de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Re-inventando la investigación en salud y educación para una sociedad transcultural: propuestas de acción. Universidad Almería

Gomez, M. & Martinez, M.M. (2018). Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58, 2119–2135. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101493>

Gonzales, E. & Martinez, A. (2017). Sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum aestivum*) por la harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*) y la harina de cascara de maracuya (*pasiflora edulis*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas fortificadas. [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/2989/42938.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Granito, Marisela, Pérez, Suhey, & Valero, Yolmar. (2014): “Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas”. *Revista chilena de nutrición*, 41(4): 425-432. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000400012>.
- Gull, A., Prasad, K. y Kumar, P. (2016). Nutritional, Antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 17(2). https://www.researchgate.net/publication/299327260_Nutritional_Antioxidant_microstructural_and_pasting_properties_of_functional_pasta
- Hermida, A. (2019). Trigo: el alimento milenario lleno de energía y aminoácidos. *Alimente*. https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2019-05-28/trigo-valores-nutricionales-gluten-harina-cereal_1517947/
- Ibrahim, M. I., y Hegazy. A. I. (2014). Effect of replacement of wheat flour with mushroom powder and sweet potato flour on nutritional composition and sensory characteristics of biscuits. *Curr. Sci. Int.* 3(1): 26–33.
- Infoagro (2016). El cultivo del trigo. <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2014). Aspectos Generales para el Cultivo de Espinaca (*Spinaca oleracea* L.). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4784/NR40723.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2012). Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. <https://www.sennutricion.org/media/tablas/INCAP.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2020). Encuesta Nacional de Hogares sobre Alimentación. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1795/pdf/cap009.pdf

Jang, B.J. & Yoon, H.H. (2023). Características de calidad de los fideos de pasta fresca con la adición de polvo de brotes de avena. *Culinary Science & Hospitality Research*, 29(5), 10-20.

Jemziya, F. y Mahendran, T. (2017). Physical quality characters of cookies produced from composite blends of wheat and sweet potato flour. *Ruhuna Journal of Science*. Volumen 8. 10.4038/rjs.v8i1.23.

Jimenez, N. & Duque, C. (2018). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum aestivum* L.) por harina de castaña (*bertholletia excelsa*) en el comportamiento reológico de su masa para la aplicación en la industria de la panificación. [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3172/48625.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Julianti, E., Rusmarilin, H., Ridwansyah y Yusraini, E. (2017). Functional and rheological properties of composite flour from sweet potato, maize, soybean and xanthan gum. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Volume 16, Issue 2, 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.05.005>

- Loli, N. & Vasquez, C. (2015). Evaluación de las Características Fisicoquímicas, Nutricionales y Reologicas de las mezclas de harina de cereales y leguminosa. [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/1980/30727.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Magaña Barajas, Ramírez Wong, Platt Lucero, López-Ahumada y Sánchez Machado. (2012). Caracterización viscoelástica de masas de variedades de trigos suaves. Departamento de Investigación y Pos grado en Alimentos, Universidad de Sonora, México.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C. y Jiménez, L. (2014). Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition. Volume 79. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>.
- Menon, R.; Padmaja, G.; Sajeev, M. S. (2015). Cooking behavior and starch digestibility of NUTRIOSE (resistant starch) enriched noodles from sweet potato flour and starch. Food Chemistry 182:217-223
- Ministerio de Salud del Perú, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. (2017). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. <https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Mora A. (2012). Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua. Medellín, Colombia

- Muhammad, W., Saeed, A., Tahir, M., Muhammad, Q., Wisha, S., Muhammad, Y., Saima, P., Tariq, I., Tuba, E. (2024). Nutritional, safety and sensory quality evaluation of unleavened flatbread supplemented with thermal and non-thermal processed spinach powder. *Journal of Agriculture and Food Research*. Volume 16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154324001510>
- Murcia, M. A., Jiménez-Monreal, A. M., Gonzalez, J., & Martínez-Tomé, M. (2020). Spinach. Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables, 181–195. doi:10.1016/b978-0-12-812780-3.00011-8
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2016). Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments (4th ed.). Wiley.
- Nancy, M., Savita, S., Prashant, S., Baljit, S. y Sat, P. (2022). Nutritional composition, techno-functionality, in-vitro starch digestibility, structural characteristics and storage stability of sweet potato flour and mash supplemented specialty pasta. *LWT*. Volume 168. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113886>.
- Narsing, R. G., Prabhakara, R. P., Balaswamy, K., Math, R. G., Satyanarayana, A. (2017). Nutritional, textural and sensory quality of biscuits supplemented with spinach (*Spinacia oleracea* L.), *International Journal of Gastronomy and Food Science*, Volume 7, 20-26, <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2016.12.003>
- Norma Técnica Peruana. PASTA O FIDEOS PARA CONSUMO HUMANOS. Requisitos. NTP 206.010:2016. 2a Edición.

- Pantoja, L. & Prieto, G. (2014). Evaluación Tecnológica y Sensorial de Pastas alimenticias enriquecidas con harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* wild.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet). [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2056>
- Pascual, G. & Zapata, J. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo *Triticum aestivum* L. por harina de kiwicha *Amaranthus caudatus* L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(4), 377-388. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000400008&lng=es&tlng=es.
- Paucar-Menacho, L., Silva, L., Barreto, A., Mazal, G., Fakhouri, F., Steel, C., Collares-Queiroz, F. (2008). Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante. *Ciência e Tecnologia de Alimentos-CIENCIA TECNOL ALIMENT*. Volumen 28. 10.1590/S0101-20612008000400002
- Pazuña G. (2011) Estudio del efecto de mejoradores de harina en el desarrollo de masas para la elaboración de pastas con sustitución parcial de harinas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) y papa (*Solanum tuberosum*). <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/839/1/AL455%20Ref.3348.pdf>
- Pinco, G., & Pretel, A. (2023). Pastas tipo fettucine con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y harina de maca roja. [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4265>

- Ponka, R., Bisso, M., Zomegni, G., Bissada, N. y Fokou, E. (2022) Nutritional Composition of Biscuits from Wheat-Sweet Potato-Soybean Composite Flour. International Journal of Food Science. Volume 2022, <https://doi.org/10.1155/2022/7274193>
- Quineche, U. (2023). Características tecnológicas y sensoriales en bizcochos con adición de harina de tocosh (*Solárium tuberosum*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*). [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/4323>
- Quispe, M. & Escobar, E. (2024). Propiedades funcionales, caracterización fisicoquímica y sensorial de una mezcla para sopa instantánea a partir de harina de espinaca (*spinacia oleracea* l.) y hongos (*suillus luteus*). [Tesis de título, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/11071/T010_48383240_T%20-%20T010_48183762_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez, A. (2015). Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta Fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cáscara de huevo. [Tesis de título, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano - Honduras]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6bba8277-4dd6-4946-b875-7f01ac6a6d4a/content>
- Rodríguez, M. A. y Young, S. S. (2017). Elaboración de fideos utilizando la almendra de *Theobroma bicolor* (macambo) como sustituto parcial de la harina de trigo. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/5335>

- Rosas, A. (2015). Formulación, elaboración y vida útil de una pasta seca alimenticia de harina de arroz *oryza sativa*, enriquecida con harinas de Quinoa *Chenopodium quinoa* y Kiwicha *Amaranthus caudatus*. [Tesis de título, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/150>
- Samah, M. (2020). Use of spinach powder as functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese. *Heliyon*, Volume 6, 1. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020301237>
- Sandoval, D. (2020). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de hojas de moringa (*Moringa oleífera*) y harina de soya (*Glycine max*) en elaboración de galletas dulces. [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3697>
- Santamaria, M., Ruiz, M., Garzon, R., & Rosell, C. M. (2024). Comparison of vegetable powders as ingredients of flatbreads: Technological and nutritional properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(5), 7203–7212. doi:10.1111/ijfs.17441
- Santana Bilbao, R. A. (2016). Comportamiento Agronómico de seis variedades de Espinaca. (*Spinacia oleracea* L.) con la técnica Hidropónica NFT en el Centro Experimental de Cota-Cota. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/9262/T-2278.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santi, E., Murdianto, W., Ahmadi, N., Waryat, Sulistyaningrum, A. (2022). Physicochemical Characteristics of Three Local Sweet Potato Flour from East Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1024.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1024/1/012037#references>

Shere, P., Devkatte A., y Pawar, V. (2018). Studies on Production of Functional Noodles with Incorporation of Spinach Puree. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. Volume 7. https://www.researchgate.net/publication/326001333_Studies_on_Production_of_Functional_Noodles_with_Incorporation_of_Spinach_Puree

Sing, M. & Villalobos, J. (2015). Elaboración y evaluación nutricional de alfajores enriquecidos con harina de camote (*ipomea batata lam*) y soya (*glicine max meir*) con sustitución parcial de la margarina por aceite de ajonjolí. [Tesis de título, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2994>

Torres, E. (2014). Elaboración de fideos enriquecida con harina de frijol de palo (*Cajanus cajan* Linneo) pigmentado con harina de zapallo (*Cucúrbita máxima*). [Tesis de título profesional, Universidad Agraria de la Selva]. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1444/RET_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Torres, E. (2014). Elaboración de fideos enriquecida con harina de frijol de palo (*Cajanus cajan* Linneo) pigmentado con harina de zapallo (*Cucúrbita máxima*). [Tesis de título profesional, Universidad Agraria de la Selva]. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1444/RET_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Trávez, A. M., & Yanqui, C. A. (2017). Fideos fortificados a base de subproductos de soya (*Glycine max L.*), con saborizantes naturales de zanahoria (*Daucus*

carota L.) y espinaca (Spinaceae oleracea L.). UT Ciencia" Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo", 1(3), 118-123. Recuperado de: <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/14>

Trescastro-López, E. M., Bernabeu-Mestre, J. (2015). Alimentos funcionales: ¿necesidad o lujo? Rev Esp Nutr Hum Diet. DOI: 10.14306/renhyd.19.1.153

Truong, V., Avula, RY, Pecota, K., Yencho, G. 2018. Producción, procesamiento y calidad nutricional de camote. En M. Siddiq y MA. Uebersax (Eds), Manual de Verduras y Procesamiento de Verduras (pp. 811-838).

U.S. Department of Agriculture. (2020) Flour, wheat, all-pursh, enriched, bleached. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/789890/nutrients>

Ursula, G. (2017). Elaboracion de una tortilla de maíz nixtamalizado adicionada con espinaca (Spinacea oleracea L.) para incrementar s valor nutritivo. [Tesis pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43043/Uursula%20Dolores%20Gerardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Uthai, N., Suktanarak, S., Chetyakamin, L. y Thumrongchote, D. (2022). Effect of partial substitution of refined wheat flour with purple sweet potato flour on the properties and quality of noodles. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition, and Development (AJFAND). Volum 22. <https://ageconsearch.umn.edu/record/334125/?v=pdf>

- Vasquez, J. (2023). Optimización de pastas funcionales con sustitución parcial de harina de trigo por harina de pseudocereales andinos enriquecido con cushuro. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Santa].
- Vidal, A. R., Zaucedo-Zuñiga, A. L. y Ramos-García, M. L. (2018) Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 19, núm. 2. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81357541001>
- Vilaplana, M. (2001). Aspectos nutricionales y terapéuticos de la fibra dietética. *Offarm*. Volumen 20, numero 2. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-aspectos-nutricionales-terapeuticos-fibra-dietetica-13784>
- Wang, J. (2023). Technical and nutritional properties of vegetable enriched pasta utilising juice and pomace from spinach, red cabbage, beetroot and carrot. [Tesis de doctorado, Lincoln University]. <https://researcharchive.lincoln.ac.nz/server/api/core/bitstreams/0184f0ad-69fc-4430-824f-60682c045845/content>
- Wang, S., Nie, S. y Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. *Food Res Int*, 89(1), 90–116. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.032>.
- Xing, B., Zhang, Z., Teng, C., Zou, L., Liu, R., Zhang, L., Yang, X., Ren, G. y Qin, P. (2022). The gluten structure, starch digestibility and quality properties of pasta supplemented with native or germinated quinoa flour. *Food Chemistry*. Volumen 399.

- Zhang, Z., Shang, M., McClements, D. J., Qiu, C., Ji, N., Dai, L., Qin, Y., Xiong, L. y Sun, Q. (2023). Effects of annealing temperature and time on the structural and physicochemical properties of sweet potato flour hydrogels. *Food Chemistry: X*. Volume 18. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100674>
- Zuñiga, J. (2007). Trigo Blanco Valor Nutricional y Potencial. INIA Tierraadentro. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6331/NR34251.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Balance de materia para la obtención de harina de camote.

ETAPA	ENTRA (Kg)	SALE (Kg)
Recepción de materia prima	24,85	24,85
Clasificación y Lavado	24,85	24,85
Cortado	24,85	22,92
Inmersión	22,92	22,92
Escurreido	22,92	22,92
Secado	22,92	8,3
Molienda	8,3	8
Tamizado	8	6,3
Envasado	6,29	6,26
RENDIMIENTO	25.19%	

Figura 30. Elaboración de la harina de camote



Anexo 2. Balance de materia para la obtención de harina de espinaca.

HARINA DE ESPINACA		
ETAPA	ENTRA (Kg)	SALE (Kg)
Recepción de materia prima	33,15	33,15
Selección y deshojado	33,15	20,5
Limpieza y desinfección	20,5	20,5
Secado	20,5	0.972
Estrujado	0.972	0.972
Molienda	0.972	0.930
Tamizado	0.930	0.901
Envasado	0.910	0.901
RENDIMIENTO		2.72%

Figura 31. Elaboración de la Harina de espinaca



Anexo 3. Determinación de Humedad de harinas y pastas

- Pesar una placa Petri limpia y seca en una balanza analítica, anotar el peso.
- Pesar rápidamente 5 gramos de la muestra, en la placa Petri para evitar cambios en el contenido de humedad. Anotar el peso.
- Colocar la placa Petri, destapada y con la muestra, en una estufa a 105 °C durante 4 horas, una vez que la estufa haya alcanzado dicha temperatura.
- Cerrar la placa Petri y proceder a retirar la muestra de la estufa y enfriarla en la campana de desecación por 15 minutos.
- Una vez fría, retirar del desecador y pesar de nuevo. Anotarr el nuevo peso.
- Calcular el contenido de humedad con la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \left(\frac{M_1 - M_2}{M} \right) * 100$$

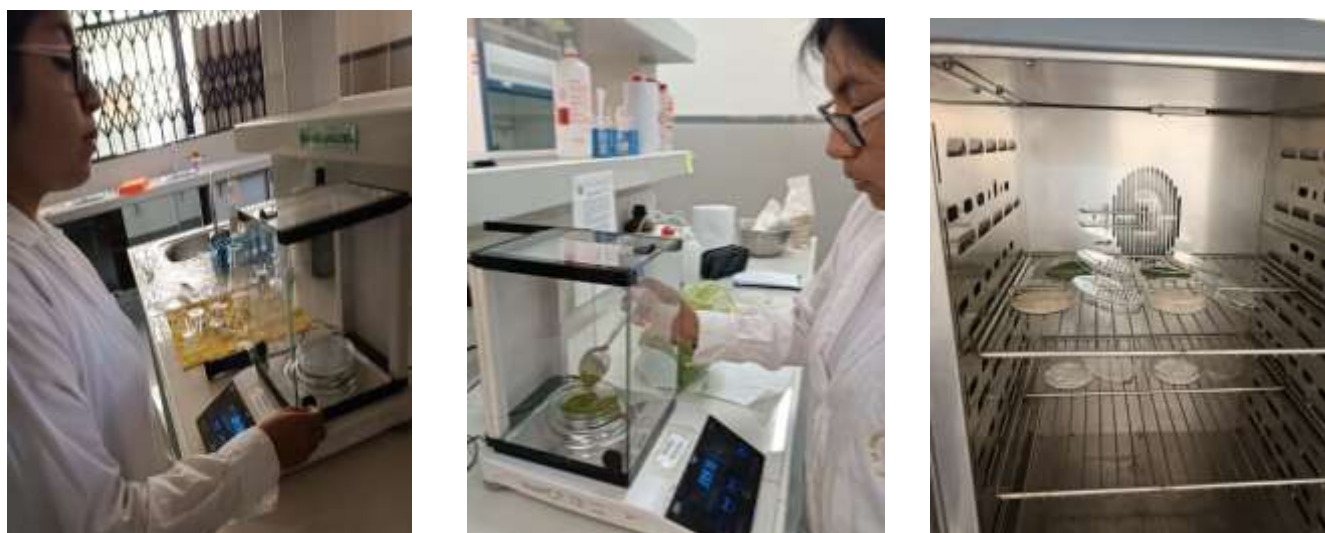
Donde:

M = Peso de la muestra original (g)

M₁ = Peso de la placa más muestra (g)

M₂ = Peso de la placa más muestra seca (g)

Figura 32. Determinación de humedad de harinas y pastas



Anexo 4. Determinación de grasa de harinas y pastas

- Pesar entre 3 gramos de la muestra en un cartucho de papel filtro (capacho) y pesar también los vasos de aluminio que se van a utilizar. Colocar la muestra en la cámara de extracción del equipo FOSS.
- Verter 45 ml de éter de petróleo en los vasos FOSS y colocarlos en el equipo. Activar el sistema de refrigeración abriendo el paso de agua y poner en marcha el equipo, programándolo a 90°C durante 90 minutos.
- Al finalizar el proceso, retirar los vasos y colocar durante 30 minutos en una estufa a 105°C para eliminar el solvente restante. Luego, enfriar los vasos en un desecador antes de pesarlos nuevamente.
- Calcular el porcentaje de grasa utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Grasa = \left(\frac{P_2 - P_1}{M} \right) * 100$$

Donde:

M = Peso de la muestra original (g)

P₁ = Peso del vaso (g)

P₂ = Peso del vaso más el extracto seco (g)

Figura 33. Determinación de Grasa de harinas y pastas



Anexo 5. Determinación de Cenizas de harinas y pastas

- Con la ayuda de una balanza analítica pesar el crisol (anotar del peso), taramos y pesamos 3 gramos de la muestra.
- Colocar el crisol con la muestra en la mufla a 600°C durante 3 horas para su carbonización.
- Retirar el crisol de la mufla y colocarlo en un desecador para enfriar durante 15 minutos, luego pesar nuevamente.
- Calcular el porcentaje de cenizas usando la fórmula correspondiente.

$$\%Cenizas = \left(\frac{P_2 - P_1}{M} \right) * 100$$

Donde:

M = Peso de la muestra original (g)

P₁ = Peso del crisol más cenizas (g)

P₂ = Peso del crisol (g)

Figura 34. Determinación de Cenizas de harinas y pastas



Anexo 6. Procedimiento de Determinación de Proteínas de harinas y pastas

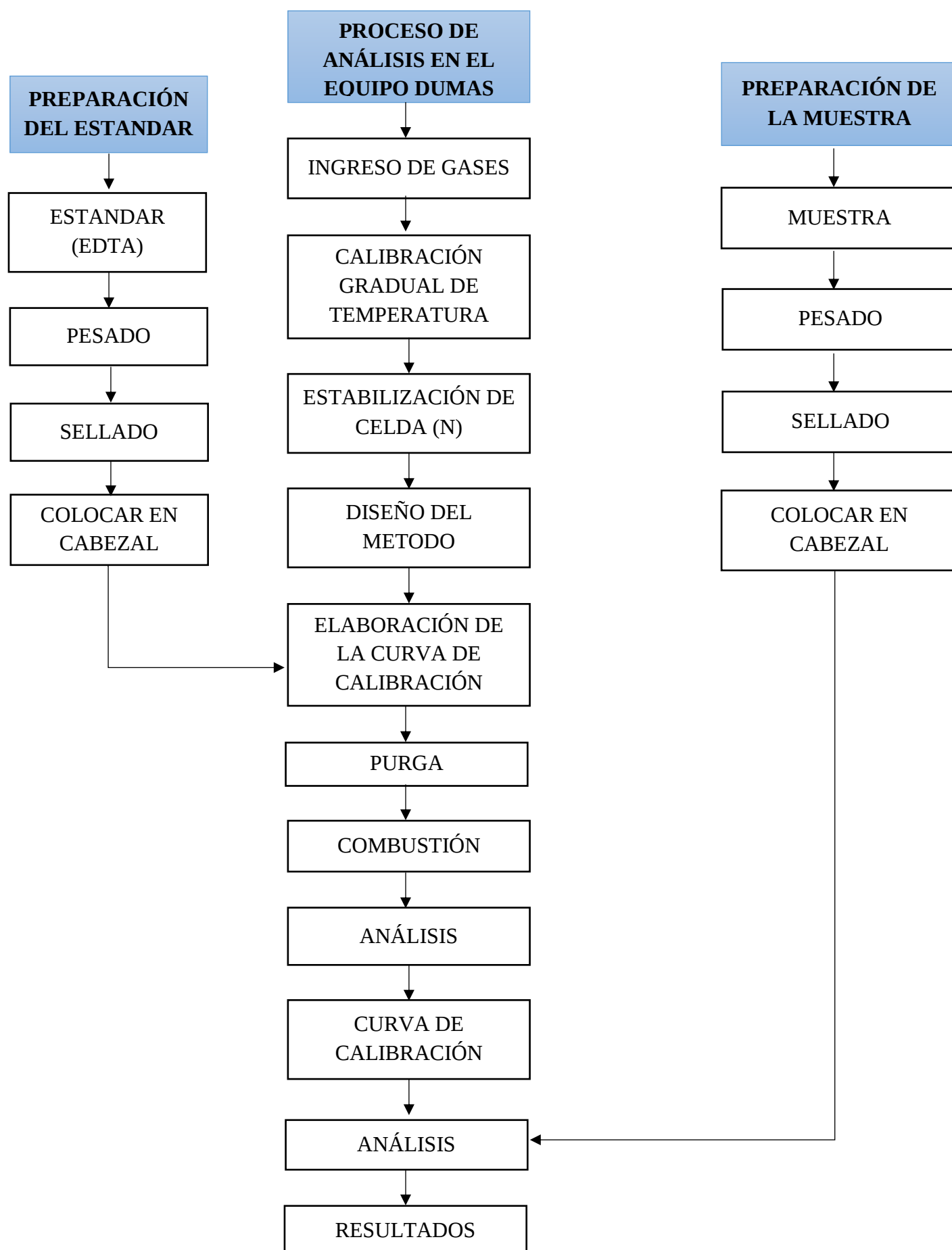


Figura 35. Determinación de Proteínas de harinas y pastas



Anexo 7. Determinación del Color Instrumental de harinas y pastas

- Calibrar el colorímetro utilizando un patrón blanco para medir los parámetros de color (L^* , a^* , b^*).
- Seleccionar el espacio de color adecuado para realizar la lectura. Colocar la muestra en el colorímetro y registrar los valores de cada parámetro. Limpiar el objetivo del equipo antes de cada nueva muestra.

- Calcular la cromaticidad (C^*) utilizando la fórmula

$$\text{Cromaticidad} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

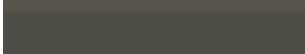
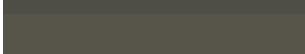
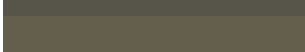
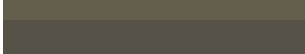
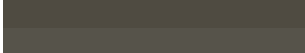
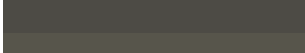
- Calcular el Angulo de tonalidad utilizando la formula

$$\text{Angulo de Tonalidad} = \arctg b^*/a^*$$

Figura 36. Determinación del Color Instrumental de harinas y pastas



Tabla 35. Determinación de los parámetros L, a* y b* de las pastas nutritivas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca

Tratamiento	Harina de Espinaca (%)	Harina de Camote (%)	Harina de Trigo (%)	Luminosidad (L*)	a*	b*	Color Referencial
T0	0	0	100	78.72 ± 0.03	3.80 ± 0.03	19.46 ± 0.07	
T1	5	25	70	36.44 ± 0.09	-0.22 ± 0.10	7.39 ± 0.10	
T2	11	19	70	35.89 ± 0.07	-0.16 ± 0.10	5.77 ± 0.07	
T3	15	15	70	31.97 ± 0.04	-0.59 ± 0.02	4.72 ± 0.04	
T4	8	18	74	35.78 ± 0.10	-0.23 ± 0.05	6.57 ± 0.07	
T5	5	15	80	39.89 ± 0.10	-0.01 ± 0.01	10.55 ± 0.09	
T6	5	20	75	35.23 ± 0.07	-0.52 ± 0.06	6.40 ± 0.04	
T7	6	17	77	36.21 ± 0.06	-0.12 ± 0.04	7.31 ± 0.03	
T8	15	15	70	31.81 ± 0.06	-0.64 ± 0.10	4.78 ± 0.06	
T9	5	22	73	35.48 ± 0.07	-0.08 ± 0.10	6.10 ± 0.02	
T10	7	22	71	34.52 ± 0.03	-0.28 ± 0.09	3.99 ± 0.05	
T11	12	16	72	36.11 ± 0.08	-0.89 ± 0.10	6.17 ± 0.06	
T12	5	15	80	39.86 ± 0.07	-0.08 ± 0.02	10.42 ± 0.06	
T13	8	18	74	35.81 ± 0.06	-0.21 ± 0.01	6.53 ± 0.09	
T14	10	15	75	31.50 ± 0.04	-0.67 ± 0.10	2.93 ± 0.07	

Anexo 8. Determinación del amilograma de la harina de trigo

- Iniciar el software del equipo y completar las variables solicitadas (como muestra y humedad).
- Medir 450 ml de agua destilada con una bureta graduada.
- Determinar el nivel de humedad de la harina que se va a utilizar.
- Pesar 80 gramos de harina.
- Colocar la harina en un matraz, añadir gradualmente el agua medida con la bureta y agitar continuamente hasta que la mezcla sea homogénea, evitando la formación de grumos. Dejar una parte de agua en la bureta.
- Una vez obtenida la mezcla homogénea, verterla en el cilindro de calentamiento, enjuagar el matraz con el agua restante de la bureta y agregarlo al cilindro. Insertar el agitador en el cilindro e iniciar el proceso de calentamiento.
- Condiciones iniciales del proceso: temperatura de 30°C, con una velocidad de calentamiento de 1.5°C por minuto. Al finalizar, se registra una curva y una tabla con los resultados, que incluyen las unidades Brabender (UA), la temperatura (°C) y el tiempo (min).
- Apagar el amilógrafo y desconectarlo de la corriente.

Figura 37. Determinación del amilograma de la harina de trigo



Anexo 9. Determinación del farinograma de la harina de trigo

- Encender el farinógrafo presionando el botón ubicado en el lado derecho del dispositivo.
- Conectar la computadora mediante un cable USB y verificar que ambos equipos estén sincronizados.
- Iniciar el software del equipo y completar las variables solicitadas, como la muestra y la humedad.
- Calibrar el sistema del equipo según las condiciones del método, con una temperatura de 30°C.
- Realizar la calibración del sistema de pesado interno del equipo BRABENDER (dosificador de agua).
- Medir la humedad de la muestra para ingresarla durante la programación en el software.
- Pesar 300 gramos de harina y colocarlos en el mezclador.
- La mezcla se llevará a cabo de manera automática.
- El dosificador de agua se calculará a través del software del equipo y se indicará en la computadora; el agua dosificada estará a 30°C.

Figura 38. Determinación del farinograma de la harina de trigo



Anexo 10. Determinación de extensograma de la harina de trigo

- Conectar el equipo a una corriente de 220V.
- Encender el extensógrafo presionando el botón en el lado derecho del dispositivo.
- Conectar la computadora mediante un cable USB y verificar que ambos equipos estén sincronizados.
- Iniciar el software del equipo e ingresar las variables solicitadas, como la muestra y la humedad.
- Calibrar el equipo a las condiciones del método, con una temperatura de 30°C.
- Preparar una solución salina al 2% con 300 g, utilizando un 56% de agua equivalente a 200 g.
- Pesar 300 gramos de harina y colocarlos en el mezclador.
- Airear la muestra en el mezclador durante 1 minuto.
- Luego mezclar durante 5 minutos, añadiendo gradualmente la solución salina al 2%.
- Cuando la masa esté lista, retirarla del mezclador y pesar 150 g.
- Formar la masa en una bola y darle forma cilíndrica.
- Colocar la masa en los ganchos de seguridad.
- La muestra será estirada en tres intervalos: a los 30, 60 y 90 minutos.
- Colocar la muestra en el fermentador por 30 minutos, luego colgarla en el gancho del equipo para el primer estiramiento. Repetir el proceso de bolear y estirar.
- Registrar los resultados en la computadora.
- Finalmente, apagar el extensógrafo y desconectarlo de la corriente.

Figura 39. Determinación de extensograma de la harina de trigo



Anexo 11. Determinación del tiempo de cocción de las pastas

- Pesar 10 gramos de pasta.
- Añadir 140 ml de agua destilada en una olla pequeña.
- Calentar la olla con agua hasta que el agua comience a hervir.
- Incorporar la pasta y dejarla cocinar.
- Cada 30 segundos, tomar una muestra y colocarla entre dos portaobjetos de vidrio, repitiendo el proceso hasta que el eje central ya no sea visible.

Figura 40. Determinación del tiempo de cocción de las pastas



Anexo 12. Elaboración de las pastas nutritivas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca



Figura 41. Pesado de las harinas



Figura 42. Pesado del huevo mas el agua



Figura 43. Homogenización del huevo más el agua



Figura 44. Adición al equipo de pastas la mezcla de harinas



Figura 45. Adición en forma de hilo la mezcla de huevo más agua



Figura 46. Corte de la pasta cada 30 cm aprox.



Figura 47. Secado de las pastas a temperatura ambiente



Figura 48. Empaque y almacenamiento de las pastas

Figura 49. Tratamientos de pastas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca



Anexo 13. Determinación del aumento de masa

- Pesar 10 gramos de pasta.
- Añadir 140 ml de agua destilada en una olla pequeña.
- Calentar la olla con agua hasta que el agua comience a hervir.
- Incorporar la pasta y dejarla cocinar.
- Darle el tiempo de cocción ideal obtenido en el procedimiento del Anexo 8.
- Escurrir el agua de la pasta
- Enfriar y volver a pesar la muestra
- Utilizar la siguiente fórmula para calcular el aumento de masa:

$$\text{Aumento de masa (\%)} = \frac{\text{Muestra de pasta cocida (g)}}{\text{Muestra de la pasta seca (g)}}$$

Figura 50. Determinación del Aumento de masa de las pastas



Anexo 14. Determinación de la pérdida de sólidos

- Pesar 10 gramos de pasta.
- Añadir 140 ml de agua destilada en una olla pequeña.
- Calentar la olla con agua hasta que el agua comience a hervir.
- Incorporar la pasta y dejarla cocinar.
- Darle el tiempo de cocción ideal obtenido en el procedimiento del Anexo 8.
- Retirar la pasta y colocar toda el agua de cocción en un vaso de precipitación (anotar el peso del vaso previamente y el peso del agua de cocción).
- Colocar los vasos con el agua de cocción en una estufa a 70°C para evaporar el agua hasta obtener un peso constante, anotar el peso
- Calcular la pérdida de sólidos con la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de sólidos (\%)} = \frac{\text{Peso del residuo en el vaso (g)}}{\text{Peso del agua de cocción(g)}} \times 100$$

Figura 51. Determinación de la Pérdida de sólidos



Anexo 15. Determinación de la Textura de las pastas

- Cada formulación de pasta alimenticia fue colocada en el texturómetro Texture Analyzer del Laboratorio de Análisis y Composición de Alimentos.
- Para las mediciones, se empleó una sonda #11 (TA 41 Cylinder) de 6 mm de diámetro y 35 mm de longitud.
- Los datos obtenidos se registraron a través de un software conectado a una laptop.

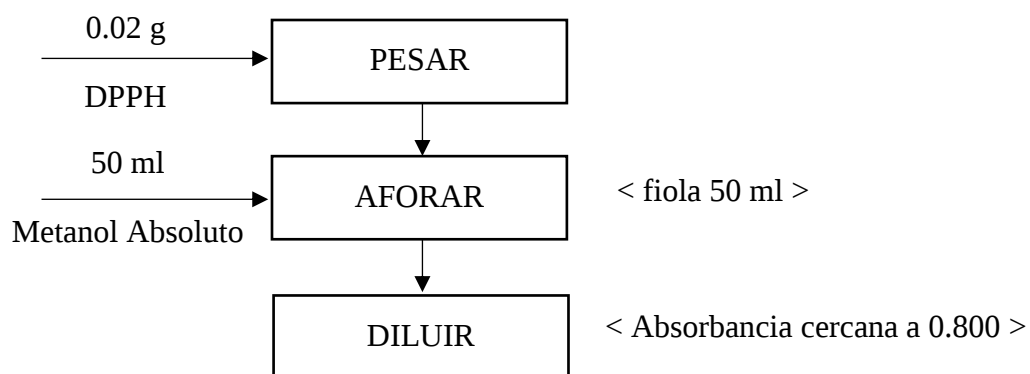
Figura 52. Determinación de la Textura de las pastas



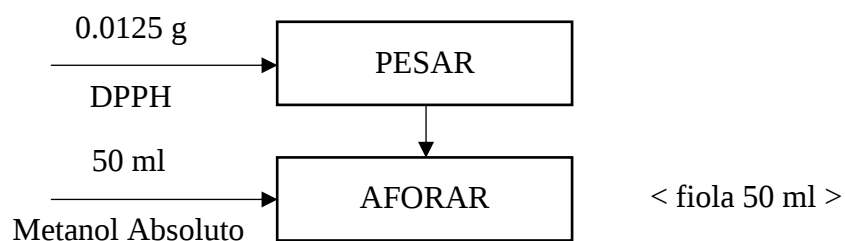
Anexo 16. Determinación de Capacidad Antioxidante (dpph)

A. Preparación de reactivos

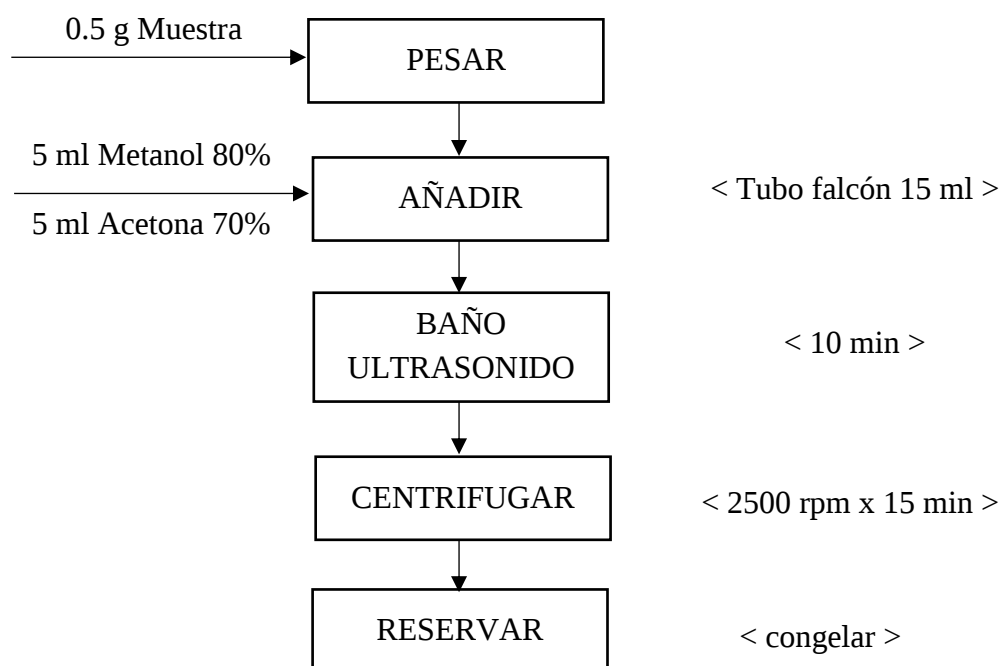
- Radical DPPH (1mM)



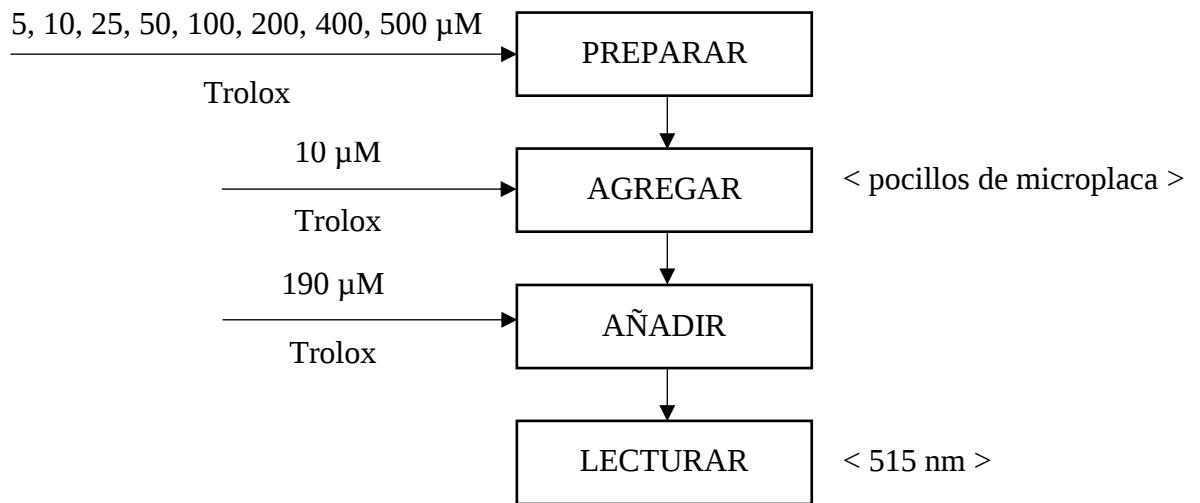
- Solución de Trolox (1 mM)



B. Preparación de muestras



C. Flujograma para la elaboración de curva patrón de Trolox



- Curva de calibrado Trolox para la determinación de capacidad antioxidante (DPPH)

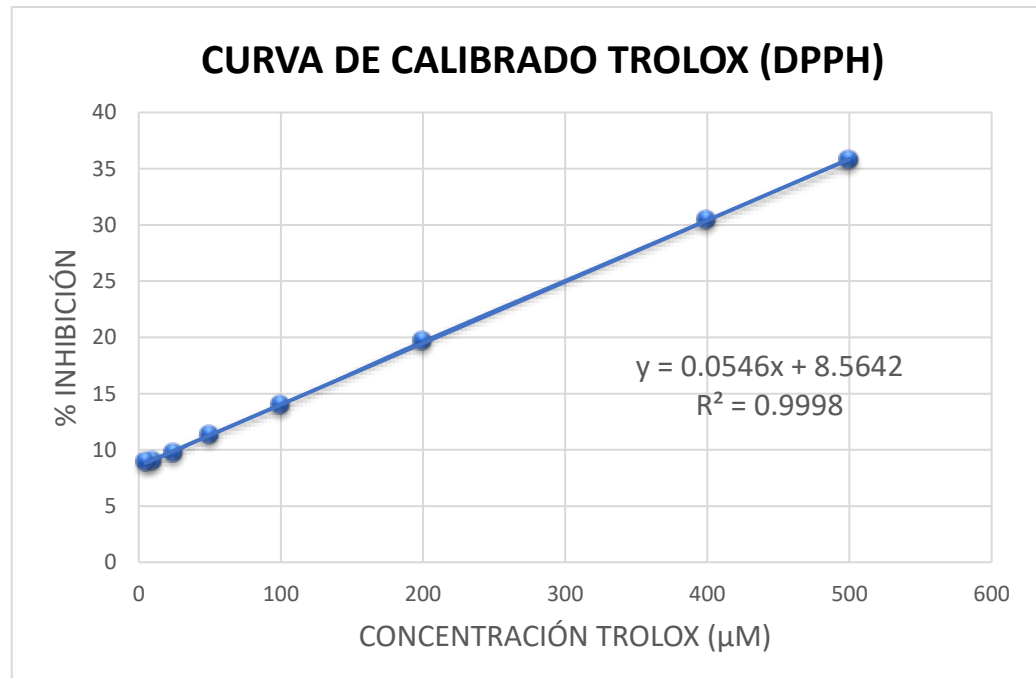


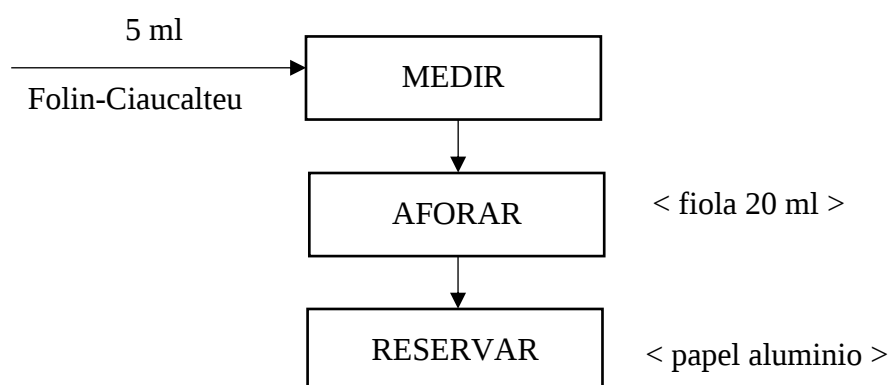
Figura 53. Determinación de capacidad antioxidante



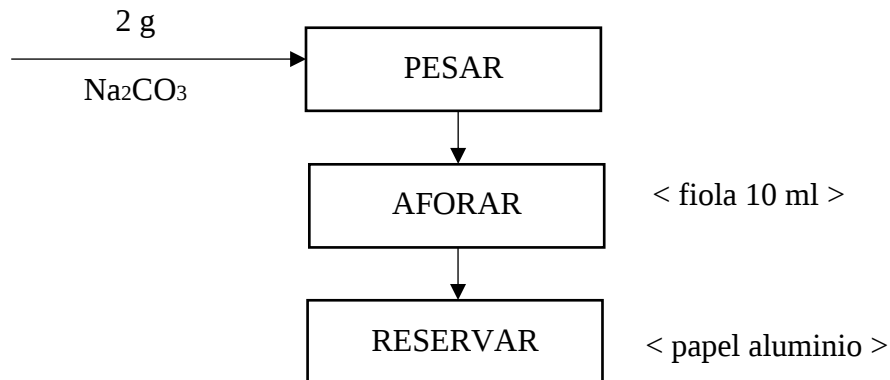
Anexo 17. Determinación de Compuestos Fenólicos Totales

Preparación de reactivos

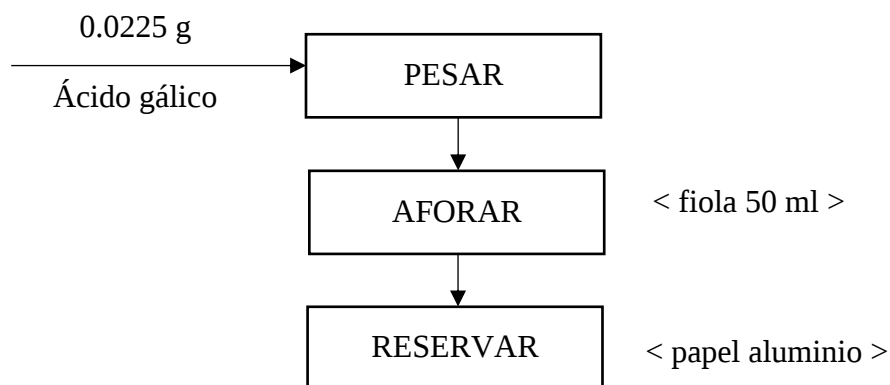
– Solución de Folin – Ciocalteu



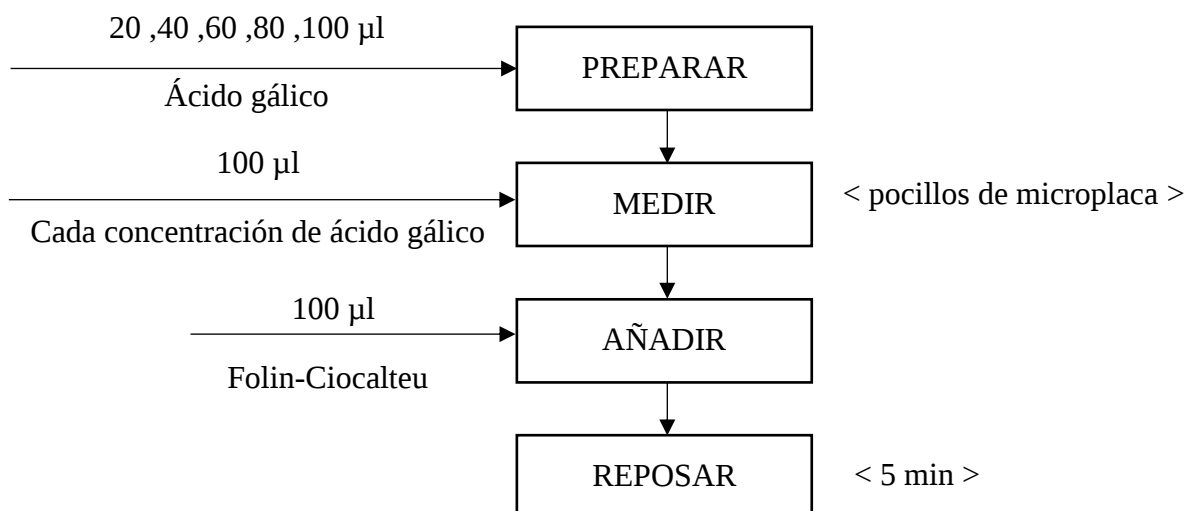
– **Solución de carbonato de sodio (20%)**

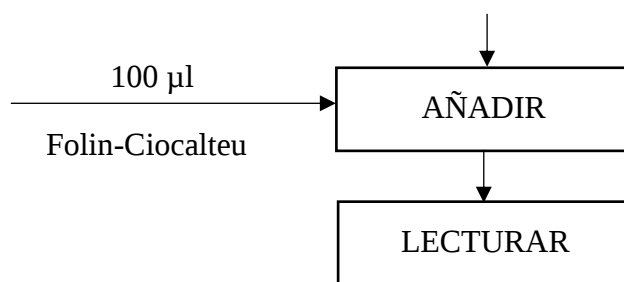


– **Solución de ácido gálico**

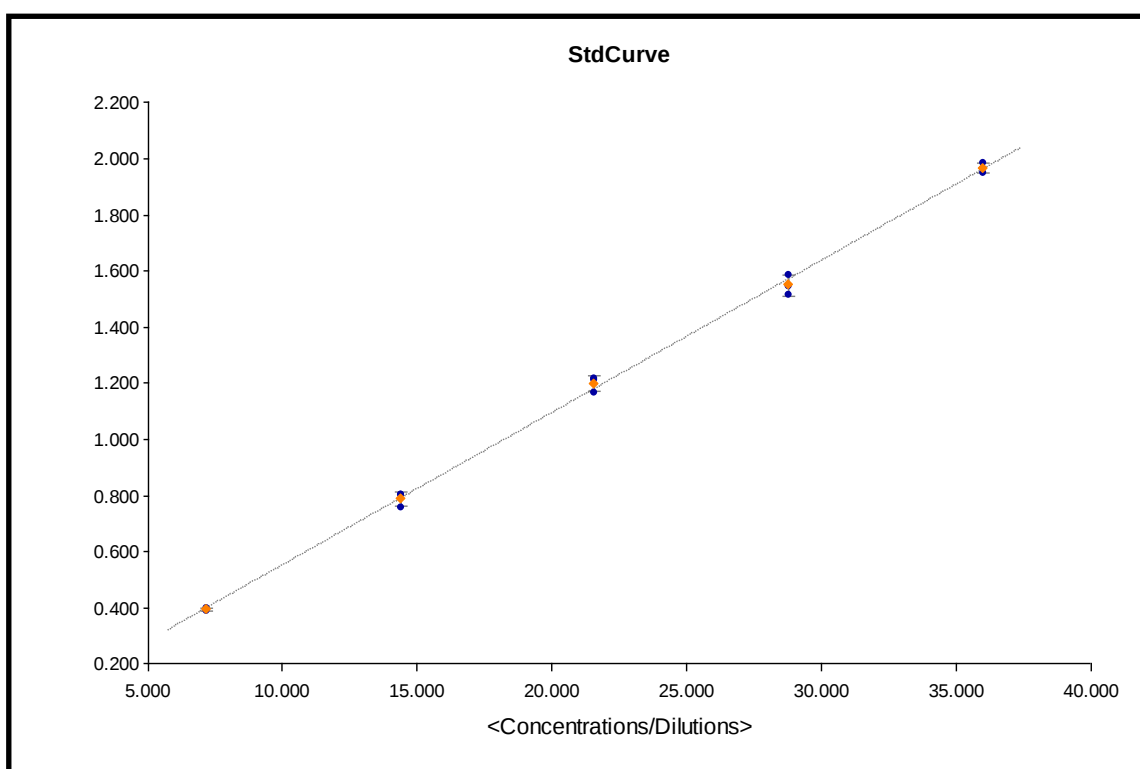


Flujograma para la elaboración de curva patrón de ácido gálico





Curva de calibrado ácido gálico para la determinación de compuestos fenólicos



Ecuación de la curva:

$$Y = 0.0542X + 0.0087$$

$$R^2 = 0.999$$

Figura 54. Determinación de compuestos fenólicos totales



Anexo 18. Anova par el modelo cubico para el Tiempo de Cocción de las pastas nutritivas

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-Value	p-value Prob > F	
Model	0.5011	9	0.0557	4.3253	0.0860	not significant
Linear Mixture	0.0663	2	0.0332	2.5773	0.1909	
AB	0.0298	1	0.0298	2.3167	0.2026	
AC	0.0142	1	0.0142	1.1038	0.3527	
BC	0.0038	1	0.0038	0.2960	0.6153	
ABC	0.0437	1	0.0437	3.3919	0.1393	
AB(A-B)	0.0656	1	0.0656	5.0975	0.0869	
AC(A-C)	0.3203	1	0.3203	24.8867	0.0076	
BC(B-C)	0.0001	1	0.0001	0.0088	0.9296	
Residual	0.0515	4	0.0129			
Lack of Fit	0.0502	2	0.0251	40.1889	0.0243	significant
Pure Error	0.0012	2	0.0006			
Cor Total	0.5526	13				

Anexo 19. Anova par el modelo cubico para el Aumento de Masa de las pastas nutritivas

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-Value	p-value Prob > F	
Model	0.0595	6	0.0099	32.3590	< 0.0001	significant
Linear Mixture	0.0438	2	0.0219	71.4649	< 0.0001	
AB	0.0029	1	0.0029	9.3427	0.0184	
AC	0.0024	1	0.0024	7.8070	0.0268	
BC	0.0009	1	0.0009	2.9451	0.1298	
ABC	0.0073	1	0.0073	23.7097	0.0018	
Residual	0.0021	7	0.0003			
Lack of Fit	0.0019	5	0.0004	3.6440	0.2292	not significant
Pure Error	0.0002	2	0.0001			
Cor Total	0.0617	13				

Anexo 20. Anova par el modelo lineal para la Perdida de Solidos de las pastas nutritivas

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-Value	p-value Prob > F	
Model	0.3778	2	0.1889	26.6862	< 0.0001	significant
Linear Mixture	0.3778	2	0.1889	26.6862	< 0.0001	
Residual	0.0779	11	0.0071			
Lack of Fit	0.0774	9	0.0086	39.5343	0.0249	significant
Pure Error	0.0004	2	0.0002			
Cor Total	0.4557	13				

Anexo 21. Anova par el modelo lineal para la Textura Instrumental (Dureza) de las pastas nutritivas

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-Value	p-value Prob > F	
Model	7.4390	2	3.7195	143.2915	< 0.0001	significant
Linear Mixture	7.4390	2	3.7195	143.2915	< 0.0001	
Residual	0.2855	11	0.0260			
Lack of Fit	0.2303	9	0.0256	0.9262	0.6201	not significant
Pure Error	0.0553	2	0.0276			
Cor Total	7.7245	13				

Anexo 22. Anova par el modelo cubico especial para la Luminosidad de las pastas nutritivas

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-Value	p-value Prob > F	
Model	75.9144	6	12.6524	11.7266	0.0024	significant
Linear Mixture	51.9090	2	25.9545	24.0554	0.0007	
AB	1.6342	1	1.6342	1.5146	0.2582	
AC	12.1998	1	12.1998	11.3072	0.0120	
BC	7.8058	1	7.8058	7.2346	0.0311	
ABC	6.3385	1	6.3385	5.8747	0.0458	
Residual	7.5526	7	1.0789			
Lack of Fit	7.5401	5	1.5080	240.4275	0.0041	significant
Pure Error	0.0125	2	0.0063			
Cor Total	83.4670	13				

Anexo 23. Anova par el modelo cubico especial para la Cromaticidad de las pastas nutritivas

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-Value	p-value Prob > F	
Model	51.2501	6	8.5417	8.6390	0.0059	significant
Linear Mixture	33.3929	2	16.6965	16.8866	0.0021	
AB	0.6720	1	0.6720	0.6797	0.4369	
AC	14.4218	1	14.4218	14.5860	0.0065	
BC	5.8271	1	5.8271	5.8935	0.0456	
ABC	6.8148	1	6.8148	6.8924	0.0341	
Residual	6.9212	7	0.9887			
Lack of Fit	6.9108	5	1.3822	266.2148	0.0037	significant
Pure Error	0.0104	2	0.0052			
Cor Total	58.1713	13				

Anexo 24. Anova par el modelo cubico para el Angulo de Tonalidad de las pastas nutritivas

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-Value	p-value Prob > F	
Model	185.0247	9	20.5583	25.6654	0.0034	significant
Linear Mixture	85.0329	2	42.5164	53.0783	0.0013	
AB	3.9298	1	3.9298	4.9061	0.0911	
AC	55.9753	1	55.9753	69.8807	0.0011	
BC	6.0546	1	6.0546	7.5586	0.0514	
ABC	18.1156	1	18.1156	22.6159	0.0089	
AB(A-B)	2.2502	1	2.2502	2.8092	0.1690	
AC(A-C)	50.4786	1	50.4786	63.0185	0.0014	
BC(B-C)	3.9623	1	3.9623	4.9466	0.0902	
Residual	3.2041	4	0.8010			
Lack of Fit	3.0202	2	1.5101	16.4284	0.0574	not significant
Pure Error	0.1838	2	0.0919			
Cor Total	188.2288	13				

Anexo 25. Formato de Análisis Sensorial por escala hedónica

EVALUACION SENSORIAL DE PASTA ENRIQUECIDA CON HARINAS DE POTA Y SOJA

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo (F) (M) Fecha: _____

I. Ud., está recibiendo una muestra codificada de una PASTA. Por favor, indique en la escala de abajo, cuanto le gustó o disgustó el COLOR de la muestra

9. Me gusta muchísimo
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta poco
5. Ni me gusta/ni me disgusta
4. Me disgusta poco
3. Me disgusta moderadamente
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta muchísimo

MUESTRA	COLOR

II. Por favor, indique en la escala de abajo, cuanto le gustó o disgustó el SABOR de la muestra.

9. Me gusta muchísimo
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta poco
5. Ni me gusta/ni me disgusta
4. Me disgusta poco
3. Me disgusta moderadamente
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta muchísimo

MUESTRA	SABOR

III. Por favor, indique en la escala de abajo, cuanto le gustó o disgustó OLOR de la muestra.

9. Me gusta muchísimo
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta poco
5. Ni me gusta/ni me disgusta
4. Me disgusta poco
3. Me disgusta moderadamente
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta muchísimo

MUESTRA	OLOR

IV. Por favor, indique en la escala de abajo, cuanto le gustó o disgustó la TEXTURA de la muestra

9. Me gusta muchísimo
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta poco
5. Ni me gusta/ni me disgusta
4. Me disgusta poco
3. Me disgusta moderadamente
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta muchísimo

MUESTRA	TEXTURA

Figura 55.. Panelistas semi-entrenados en la degustación de pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y espinaca



Anexo 26. Análisis de fibra dietaria



INFORME DE ENSAYO CO2415854 Rev. 0

Página 1 de 1

Análisis solicitado por:	HUAPAYA GARCIA MARISELA NATALY Lima, LIMA - LIMA	Cantidad Muestras:	1
Solicitud de Ensayo:	230094-1	Fecha de Recepción:	28/09/2024
Producto descrito como:	FIDEOS	Fecha de Ensayo:	28/09/2024
Procedencia:	URB. LADERAS DEL NORTE MZ G LT 11 -	Fecha de Emisión:	06/10/2024
Observaciones Recep.:	EN BOLSA PLÁSTICA TRANSPARENTE		

Ensayo	Método
Fibra Dietaria	AOAC Official Method 985.29, 22nd Ed. 2023 Total Dietary Fiber in Foods. Enzymatic-Gravimetric Method

Resultados			FIBRA DIETARIA DE FIDEOS (99.5TASECA)
Identificación de la muestra			
Ensayo	L.D.	L.C.	
Fibra Dietaria (%)	-	1.0	5.5

L.D. = Límite de Detección
L.C. = Límite de Cuantificación

Eladio Máximo Muñoz Contreras
C.B.P. 01516
Supervisor Lab Prod Orgánicos



Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C., las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s); no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.