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

"Pastas tipo fettucine con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y harina de maca roja"

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autores:

Bach. Pinco Rafael, Grace Almendra
Bach. Pretel Diaz, Agustin Alejandro

Asesora:

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

Nuevo Chimbote - Perú
2023

UNS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

Que suscribe en su calidad de asesora de los tesistas, **Pinco Rafael Grace Almendra – Pretel Diaz Agustín Alejandro**, doy la conformidad de la tesis titulada:

PASTAS TIPO FETTUCINE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MAÍZ Y HARINA DE MACA ROJA

Dra. Luz Maria Paucar Menacho
Asesora
DNI: 08099817
Código ORCID: 0000-0001-5349-6167

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: **"PASTAS TIPO FETTUCINE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MAÍZ Y HARINA DE MACA ROJA"**, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres, **PINCO RAFAEL GRACE ALMENDRA y PRETEL DIAZ AGUSTIN ALEJANDRO, que tiene como asesor a la DRA. LUZ MARIA PAUCAR MENACHO** designado por resolución N°445-2022-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 24 de abril del 2023, por el siguiente jurado evaluado designado mediante resolución N°147-2023-UNS-CFI.

M. Sc. Saúl Marco Eusebio Lara
PRESIDENTE
DNI: 32854604
Código ORCID: 0000-0001-6875-240X

Dra. Luz Maria Paucar Menacho
SECRETARIO
DNI: 08099817
Código ORCID: 0000-0001-5349-6167

Ms. Wilson Daniel Símpalo López
ACCESITARIO
DNI: 40186130
Código ORCID: 0000-0002-8397-7145

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas del día veinticuatro de abril del dos mil veintitrés, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° **147-2023-UNS-CFI** integrado por los docentes:

- **M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara** **(Presidente)**
- **Dra. Luz Maria Paucar Menacho** **(Secretario)**
- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** **(Integrante)**
- **Ms.Wilson Daniel Símpalo López** **(Accesitario)**

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:
"PASTAS TIPO FETTUCINE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MAÍZ Y HARINA DE MACA ROJA", elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **PINCO RAFAEL GRACE ALMENDRA**
- **PRETEL DIAZ AGUSTIN ALEJANDRO**

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

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.
El Jurado después de deliberar sobre aspecto 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:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
PINCO RAFAEL GRACE ALMENDRA	20	EXCELENTE

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 24 de Abril del 2023.

M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara
Presidente

Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretario

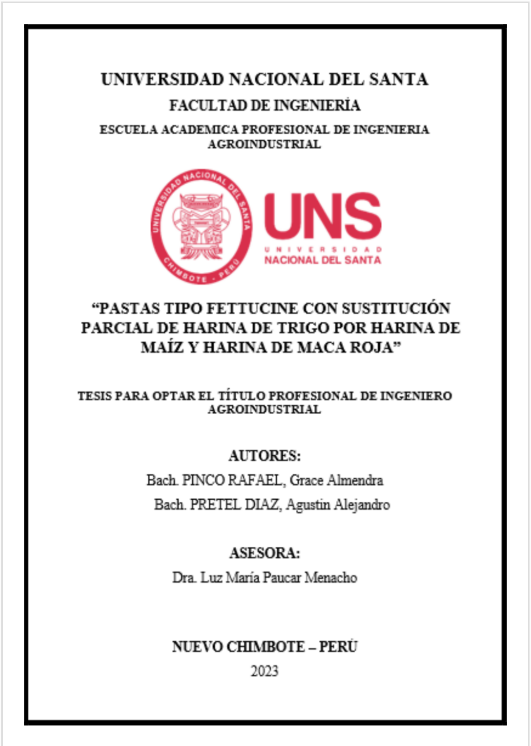
Ms. Wilson Daniel Símpalo López
Accesitario

Recibo digital

Este recibo confirma quesu 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:	Yeimy Arroyo Huamanchumo
Título del ejercicio:	mail at zunayshah@gmail.com
Título de la entrega:	INFORME FINAL PASTAS TIPO FETTUCINE CON SUSTITUCION ...
Nombre del archivo:	IAL_DE_HARINA_DE_TRIGO_POR_MACA_ROJA_Y_MAIZ._FINAL_...
Tamaño del archivo:	10.53M
Total páginas:	143
Total de palabras:	30,594
Total de caracteres:	153,146
Fecha de entrega:	03-feb.-2023 10:23p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2005971342



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

UNS

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

"PASTAS TIPO FETTUCINE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MAÍZ Y HARINA DE MACA ROJA"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTORES:

Bach. PINCO RAFAEL, Grace Almendra

Bach. PRETEL DIAZ, Agustin Alejandro

ASESORA:

Dra. Luz María Paucar Menacho

NUEVO CHIMBOTE – PERU

2023

Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 horas del día veinticuatro de abril del dos mil veintitrés, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° **147-2023-UNS-CFI** integrado por los docentes:

- **M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara** **(Presidente)**
- **Dra. Luz Maria Paucar Menacho** **(Secretario)**
- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** **(Integrante)**
- **Ms.Wilson Daniel Símpalo López** **(Accesitario)**

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:
"PASTAS TIPO FETTUCINE CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE MAÍZ Y HARINA DE MACA ROJA", elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **PINCO RAFAEL GRACE ALMENDRA**
- **PRETEL DIAZ AGUSTIN ALEJANDRO**

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

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.
El Jurado después de deliberar sobre aspecto 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:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
PRETEL DÍAZ AGUSTIN ALEJANDRO	20	EXCELENTE

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 24 de Abril del 2023.

M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara
Presidente

Dra. Luz María Paucar Menacho
Secretario

Ms. Wilson Daniel Símpalo López
Accesitario

DEDICATORIA

A Dios, por darme las fuerzas cada día
para superar los obstáculos que se
presentan continuamente en este camino.

A mis padres, Félix y Bertha por
apoyarme y aconsejarme siempre en
todas las decisiones que he tomado
durante mi camino personal y profesional.

A mis abuelos, Manuel, Flora, Félix y
Evorcia, por haberme enseñado desde niña
la importancia del esfuerzo y la humildad para
lograr mis objetivos.

A mi único Hermano Brian, por su
complicidad, confianza y por estar siempre a mi
lado a pesar de todo, alegrando mis días.

A mi compañero de tesis Alejandro Pretel Diaz,
por su excelente amistad desde hace 14 años,
por su apoyo y motivación que hicieron de esta investigación
más dinámica e interesante.

Grace A.

DEDICATORIA

A Dios quien supo guiarme por el buen camino
darme fuerzas para seguir adelante
y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A mi madre Norma Doraliza Diaz Carranza
por haberme dado la confianza y el apoyo que necesitaba
para poder lograr mis objetivos
propuestos y llevarme por el mejor camino.

A mi padre Rildo Agustín Pretel Abanto
por brindarme los mejores consejos
que permitieron conocer lo dura que es la vida
y lo mucho que me debo esforzar.

A mi hermano Charlton Harley Pretel Diaz
por ser quien me ayudo a tener
un carácter empeñoso en lo que haga
y siempre dar lo mejor de mí mismo.

A mi compañera de tesis Grace Pinco Rafael,
por su excelente amistad desde hace 14 años,
por su apoyo y motivación que hicieron de esta investigación
más dinámica e interesante.

Alejandro P.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial a todas las personas que fueron contribuyentes para la culminación de este proyecto de investigación.

A nuestros Padres, gracias por haber velado siempre por nuestra educación y por confiar en nuestras habilidades, gracias a su apoyo hoy podemos ser profesionales competitivos, con valores y principios, ¡Los amamos!

A todos nuestros docentes que nos dejaron sus conocimientos a lo largo de nuestra carrera en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y de manera especial a nuestra asesora Dra. Luz Paucar Menacho.

A los Ingenieros Lenin Palacios, Korey Barrios, Jhon Gonzales, William Rodriguez y Pedro Ayala por su apoyo y orientación durante el desarrollo experimental de nuestra tesis.

A mi grupo de amigos los APS, con quienes compartimos buenos y malos momentos, pero nunca dejamos de apoyarnos y siempre buscábamos cumplir nuestras metas.

A la señorita Silvia Huamán quien siempre con un carisma única nos daba ánimos a nosotros y nuestros compañeros, como también por habernos apoyado con los libros imprescindibles que fueron muy útiles para con nuestros cursos académicos.

Al proyecto Becas para Escolares de ACAF quienes confiaron en nosotros apoyándonos económicamente y me permitieron poder cumplir nuestra gran meta de convertirnos en profesionales.

Los Autores

INDICE

Pág.

RESUMEN XVI
ABSTRACT XVII
I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 3
1.1 MAIZ AMARILLO (*Zea Mays L.)* 3
2.1.1 Generalidades del maíz amarillo 3
2.1.2 Taxonomía y morfología 3
2.1.3 Producción nacional 4
2.1.4 Composición química 6
2.1.5 Calidad de tecnología en el grano de maíz 7
2.1.6 Harina de maíz amarillo 10
2.2 MACA *(Lepidium meyenii)* 11
2.2.1 Generalidades de la maca 11
2.2.2 Taxonomía y morfología 12
2.2.3 Composición nutricional de la maca 13
2.2.4 Producción nacional 14
2.2.5 Variedades de la maca 15
2.2.6 Harina de Maca Roja 16
2.3 TRIGO *(Triticum vulgare)* 17
2.3.1 Generalidades del trigo 17
2.3.2 Producción nacional 18
2.3.3 Harina de trigo 19
2.4 GENERALIDADES DE LAS PASTAS 20
2.4.1 Definición de pastas 20
2.4.2 Insumos para la elaboración de pastas 20
2.4.3 Características de la calidad de las pastas 21
2.4.4 Clasificación de las pastas 22
2.4.5 Requisitos para el consumo de pastas 22
2.4.6 Equipo para la elaboración de pastas 23
2.4.7 Calidad de las pastas cocidas 24

2.5 CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE LAS MASAS 25
2.5.1 Farinografía 25
2.5.2 Extensografía 27
2.5.3 Amilografía 28
2.6 CÓMPUTO QUÍMICO 29
2.6.1 Aminoácidos Esenciales 29
2.6.2 Aminoácidos No Esenciales 29
2.6.3 Aminoácidos Limitantes 29
III. MATERIALES Y MÉTODOS 30
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN 30
3.2 MATERIA PRIMA E INSUMOS 30
3.2.1 Materia prima 30
3.2.2 Insumos 31
3.3 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS 31
3.3.1 Equipos e instrumentos 31
3.3.2 Materiales de laboratorio 34
3.3.3 Otros materiales 34
3.4 MÉTODOS 35
3.4.1 Caracterización del maíz amarillo 35
3.4.2 Caracterización de las harinas 40
3.4.3 Elaboración de pastas 41
3.4.4 Evaluación de la calidad de las pastas 49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES 51
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL MAÍZ AMARILLO 51
4.1.1 Caracterización del grano de maíz amarillo 51
4.1.2 Determinación de medidas biométricas 55
4.1.3 Obtención de la harina de maíz amarillo 55
4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINAS 56
4.2.1 Caracterización proximal de harina de maíz amarillo, maca roja y trigo 56
4.2.2 Colorimetría de la harina de maíz amarillo, maca roja y trigo 56
4.2.3 Caracterización granulométrica de la harina de maíz amarillo, maca roja y trigo . 57
4.2.4 Caracterización de la harina de trigo 58

4.3 COMPUTO QUIMICO DE LAS FORMULACIONES 65
4.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS PASTAS 67
4.4.1 Análisis fisicoquímicos 67
4.4.2 Análisis para la pasta cocida 82
4.4.3 Evaluación Sensorial 92
4.5 DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PASTA ÓPTIMA 102
4.5.1 Determinación de la pasta óptima 102
4.5.2 Evaluación de la pasta óptima 105
4.6 EVALUACIÓN COMPARATIVA SENSORIAL DE LA PASTA ÓPTIMA CON PASTAS COMERCIALES 119
4.6.1 Evaluación sensorial del Color 119
4.6.2 Evaluación sensorial del Olor 120
4.6.3 Evaluación sensorial del Sabor 121
4.6.4 Evaluación sensorial de la Textura 122
4.6.5 Aceptabilidad entre la pasta óptima y pastas comerciales 123
V. CONCLUSIONES 124
VI. RECOMENDACIONES 125
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 126
VIII. ANEXOS 135

INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. *Taxonomía del Maíz (Zea Mays L.)* 3
Tabla 2. *Composición química del Maíz* 6
Tabla 3. *Clasificación de la dureza del grano según el peso hectolitro* 9
Tabla 4. *Composición proximal de la harina de maíz amarillo* 11
Tabla 5. *Clasificación Taxonómica de la Maca* 12
Tabla 6. *Composición nutricional de la maca seca* 13
Tabla 7. *Composición nutricional de la harina de Maca Roja* 17
Tabla 8. *Composición nutricional de la harina de trigo* 20
Tabla 9. *Niveles en variables independientes del diseño experimental (DCCR)* 2^2 42
Tabla 10. *Valores codificados y valores reales del (DCCR)* 2^2 42
Tabla 11. *Fórmula utilizada en la elaboración de pastas con sustitución parcial de harina de Maca Roja y Maíz* 45
Tabla 12. *Cantidad de granos de maíz amarillo sanos, alterados y materias extrañas* 52
Tabla 13. *Muestreo del cuarteto de maíz amarillo (gramos)* 53
Tabla 14. *Medidas biométricas del grano maíz amarillo* 55
Tabla 15. *Rendimiento del maíz antes y después del proceso de molienda y tamizado* 55
Tabla 16. *Composición proximal de la harina de maíz amarillo, maca roja y trigo* 56
Tabla 17. *Colorimetría de la harina de maíz amarillo, maca roja y trigo* 56
Tabla 18. *Análisis granulométrico de la harina de maíz amarillo* 57
Tabla 19. *Análisis granulométrico de la harina de maca roja* 57
Tabla 20. *Análisis granulométrico de la harina de trigo* 58
Tabla 21. *Análisis Farinográfico a la harina de trigo* 59
Tabla 22. *Análisis Extensográfico a la harina de trigo* 61
Tabla 23. *Análisis Amilográfico de la harina de trigo* 64
Tabla 24. *Cómputo Químico de las Formulaciones del Planteamiento Experimental para las Harinas de Harina de Trigo, Maíz y Maca Roja* 66
Tabla 25. *Evaluación fisicoquímica en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 67
Tabla 26. *Evaluación para pastas alimenticias cocidas con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 83
Tabla 27. *Evaluación sensorial de las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 92
Tabla 28. *Formulación Óptima de harina para formulación de pastas* 104
Tabla 29. *Análisis Extensográfico de la harina perteneciente a la pasta óptima* 108
Tabla 30. *Análisis amilográfico de la harina perteneciente a la pasta óptima* 109

Tabla 31. *Composición porcentual (%) de la pasta control y la pasta óptima con las mejores características fisicoquímicas y sensoriales* 110
Tabla 32. *Análisis de varianza para la Humedad de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control* 111
Tabla 33. *Análisis de varianza para la Proteína de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control* 112
Tabla 34 *Análisis de varianza para la Ceniza de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control* 113
Tabla 35. *Análisis de varianza para la Fibra de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control* 114
Tabla 36. *Análisis de varianza para la Grasa de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control* 115
Tabla 37. *Análisis de varianza para los Carbohidratos de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control* 116
Tabla 38. *Porcentaje de Aceptabilidad sensorial de todos los tratamientos* 123
Tabla 39. *Escala hedónica de evaluación sensorial para pastas* 135
Tabla 40. *Tabla de calificación para cada atributo de las pastas* 135
Tabla 41. *Medición colorimétrica de los tratamientos de las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y maíz* 138
Tabla 42. *Perfil de Aminoácidos de las Harina de Trigo, Harina de Maca Roja y Harina de Maíz* 146
Tabla 43. *Score Químico de las Harina de Trigo, Harina de Maca Roja y Harina de Maíz* 147
Tabla 44. *Análisis de varianza para proteínas en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 156
Tabla 45. *Coeficientes de regresión para proteínas en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 156
Tabla 46. *Análisis de varianza para fibra en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 157
Tabla 47. *Coeficientes de regresión para fibra en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 157
Tabla 48. *Análisis de varianza para luminosidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 158
Tabla 49. *Coeficientes de regresión para luminosidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 158
Tabla 50. *Análisis de varianza para cromaticidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 159
Tabla 51. *Coeficientes de regresión para cromaticidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 159

Tabla 52. *Análisis de varianza para el Ángulo de tonalidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 160
Tabla 53. *Coeficientes de regresión para el Ángulo de tonalidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 160
Tabla 54. *Análisis de varianza para tiempo de cocción en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 161
Tabla 55. *Coeficientes de regresión para el tiempo de cocción en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 161
Tabla 56. *Análisis de varianza para el aumento de masa en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 162
Tabla 57. *Análisis de varianza para la pérdida de solidos en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 162
Tabla 58. *Análisis de varianza para la textura instrumental en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 163
Tabla 59. *Análisis de varianza para el color sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 163
Tabla 60. *Coeficientes de regresión para el color sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 164
Tabla 61. *Análisis de varianza para el olor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 164
Tabla 62. *Análisis de varianza para el sabor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 165
Tabla 63. *Coeficientes de regresión para el sabor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 165
Tabla 64. *Análisis de varianza para la textura sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 166
Tabla 65. *Pruebas de Múltiple Rangos para la Humedad de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 167
Tabla 66. *Pruebas de Significancia para la Humedad de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 167
Tabla 67. *Pruebas de Múltiple Rangos para la Proteína de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 168
Tabla 68. *Pruebas de Significancia para la Proteína de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 168
Tabla 69. *Pruebas de Múltiple Rangos para la Ceniza de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 169
Tabla 70. *Pruebas de Significancia para la Ceniza de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 169

Tabla 71. *Pruebas de Múltiple Rangos para la Fibra de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 170
Tabla 72. *Pruebas de Significancia para la Fibra de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 170
Tabla 73. *Pruebas de Múltiple Rangos para la Grasa de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 171
Tabla 74. *Pruebas de Significancia para la Grasa de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 171
Tabla 75. *Pruebas de Múltiple Rangos para los Carbohidratos de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 172
Tabla 76. *Pruebas de Significancia para los Carbohidratos de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 172
Tabla 77. *Análisis de varianza para el Indicador COLOR de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales* 173
Tabla 78. *Pruebas de Múltiple Rangos para Color de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 173
Tabla 79. *Pruebas de Significancia para Color de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 173
Tabla 80. *Análisis de varianza para el Indicador OLOR de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales* 174
Tabla 81. *Pruebas de Múltiple Rangos para Olor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 174
Tabla 82. *Pruebas de Significancia para Olor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 174
Tabla 83. *Análisis de varianza para el Indicador SABOR de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales* 175
Tabla 84. *Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 175
Tabla 85. *Pruebas de Significancia para Sabor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 175
Tabla 86. *Análisis de varianza para el Indicador TEXTURA de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales* 176
Tabla 87. *Pruebas de Múltiple Rangos para Textura de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 176
Tabla 88. *Pruebas de Significancia para Textura de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 176

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. *Morfología del maíz* 4
Figura 2. *Producción histórica del maíz amarillo duro en el Perú* 5
Figura 3. *Producción Nacional e importación del maíz amarillo duro en el Perú* 5
Figura 4. *Granos de maíz dañados* 8
Figura 5. *Granos de maíz amarillos enteros* 11
Figura 6. *Morfología de la maca* 13
Figura 7. *Consumo de maca en pobladores de Carhumayo según edades* 14
Figura 8. *Producción y exportación de la maca peruana* 15
Figura 9. *Planta de trigo cultivada en el Perú* 18
Figura 10. *Producción Nacional del trigo en el Perú (2005 – 2021)* 18
Figura 11. *Importación Nacional de trigo en el Perú (2012 – 2022)* 19
Figura 12. *Amilograma de una harina de trigo* 28
Figura 13. *Impurezas del maíz retiradas* 36
Figura 14. *Lavado y desinfección del maíz* 36
Figura 15. *Secado del maíz* 37
Figura 16. *Enfriado del maíz a temperatura ambiente* 37
Figura 17. *Molienda del maíz* 38
Figura 18. *Harina de maíz tamizado* 38
Figura 19. *Harina de maíz empaquetada* 39
Figura 20. *Obtención de harina de maíz* 39
Figura 21. *Pesado de las materias primas (harinas e insumos líquidos)* 43
Figura 22. *Mezclado de la harina de trigo, harina de maíz y maca roja* 43
Figura 23. *Mezclado en liquido de agua y huevo* 44
Figura 24. *Mezclado de los ingredientes dentro del Pastaia 2* 44
Figura 25. *Laminado de los fideos a la salida del Pastaia 2* 46
Figura 26. *Cortado de los fideos a la salida del Pastaia 2* 46
Figura 27. *Secado de los fideos Fettucine a temperatura ambiente* 47
Figura 28. *Envasado de los fideos Fettucine en bolsas Ziploc* 47
Figura 29. *Almacenamiento de los fideos Fettucine a temperatura ambiente* 47
Figura 30. *Flujograma para la elaboración de Pastas con Maíz y Maca Roja* 48
Figura 31. *Cantidad de los granos de maíz sanos, alterados y materias extrañas* 54
Figura 32. *Farinograma de la harina de trigo preparada* 58
Figura 33. *Evaluación del farinograma* 59

Figura 34. *Extensografía de la harina de trigo preparada* 61
Figura 35. *Amilograma de la harina de trigo preparada* 63
Figura 36. *Gráfico de Pareto para proteínas en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 69
Figura 37. *Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para proteínas en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 70
Figura 38. *Gráfico de Pareto para fibra en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 72
Figura 39. *Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para fibra en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 73
Figura 40. *Gráfico de Pareto para luminosidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 75
Figura 41. *Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para la luminosidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 76
Figura 42. *Gráfico de Pareto para cromaticidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 78
Figura 43. *Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para la cromaticidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 79
Figura 44. *Gráfico de Pareto para el Ángulo de tonalidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 81
Figura 45. *Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para el Ángulo de tonalidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 82
Figura 46. *Gráfico de Pareto para el tiempo de cocción en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 85
Figura 47. *Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para el tiempo de cocción en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 86
Figura 48. *Gráfico de Pareto para el aumento de masa en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 88
Figura 49. *Gráfico de Pareto para la pérdida de sólidos en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 89
Figura 50. *Gráfico de Pareto para la textura instrumental en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 91
Figura 51. *Gráfico de Pareto para color sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 94
Figura 52. *Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para el color sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 95

Figura 53. *Gráfico de Pareto para olor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 96
Figura 54. *Gráfico de Pareto para el sabor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 99
Figura 55. *Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para el sabor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 100
Figura 56. *Gráfico de Pareto para la textura sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz* 101
Figura 57. *Gráfico del Perfil de deseabilidad para variables significativas en la determinación de la pasta óptima con las mejores características sensoriales y fisicoquímicas* 103
Figura 58. *Superficies de respuesta y grafico de contorno de las pastas para obtener la formulación óptima con las mejores características fisicoquímicas y sensoriales* 104
Figura 59. *Farinograma de la harina perteneciente a la pasta óptima* 105
Figura 60. *Evaluación del farinograma* 106
Figura 61. *Extensograma de la harina perteneciente a la pasta óptima* 107
Figura 62. *Amilograma de la harina perteneciente a la pasta óptima* 109
Figura 63. *Grafica de medias para Color de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 119
Figura 64. *Grafica de medias para Olor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 120
Figura 65. *Grafica de medias para Sabor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 121
Figura 66. *Grafica de medias para Textura de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 122
Figura 67. *Área de degustación de la Planta Piloto para pastas* 136
Figura 68. *Panelistas semi-entrenados en la degustación de pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y maíz* 136
Figura 69. *Medición colorimétrica para las materias primas y las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y maíz* 137
Figura 70. *Pastas tipo fettucine con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y maíz* 138
Figura 71. *Determinación de humedad para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja* 139
Figura 72. *Determinación de grasa para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja* 140

Figura 73. *Determinación de ceniza para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja*..... 141
Figura 74. *Determinación de proteínas para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja*..... 143
Figura 75. *Determinación de fibra para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja*..... 145
Figura 76. *Determinación del tiempo de cocción para los tratamientos de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja* 147
Figura 77. *Determinación del aumento de masa para los tratamientos de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja* 148
Figura 78. *Determinación de la perdida de solidos para los tratamientos de las pastas tipo fettucine con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja* 149
Figura 79. *Determinación de la textura (firmeza) para los tratamientos de las pastas tipo fettucine con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja* 150
Figura 80. *Equipo Pastaia 2 Marca Italvisa y accesorios*..... 151
Figura 81. *Farinografo Brabender* 152
Figura 82. *Amilógrafo Brabender*..... 153
Figura 83. *Extensógrafo Brabender*..... 154
Figura 84. *Tamizador eléctrico*..... 155
Figura 85. *Gráfica de medias para la Humedad de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)*..... 167
Figura 86. *Gráfica de medias para la Proteína de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)*..... 168
Figura 87. *Gráfica de medias para la Ceniza de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)*..... 169
Figura 88. *Gráfica de medias para la Fibra de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)*..... 170
Figura 89. *Grafica de medias para la Grasa de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)*..... 171
Figura 90. *Grafica de medias para los Carbohidratos de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)* 172

RESUMEN

Con la presente investigación se busca innovar y desarrollar nuevos productos saludables dentro del mercado nacional, determinando la formulación óptima al emplear harina de maíz y maca roja como sustitución parcial de la harina de trigo en la elaboración de pastas tipo fettucine con características tecnológicas, fisicoquímicas y sensoriales aceptables. Para ello se utilizó la Metodología Superficie Respuesta con diseño compuesto central rotacional DCCR 2^2 en el programa STATISTICA versión 10.0, estableciendo 11 tratamientos donde la Harina de Maca Roja y Harina de Maíz representan las variables Independientes. Para lo cual se caracterizaron las harinas según su composición proximal, su colorimetría y granulometría.

Se evaluaron sensorialmente las pastas a través de 50 panelistas semientrenados, los cuales determinaron a los puntos centrales T9, T10 Y T11 (H. Trigo: 82%; H. Maca Roja: 7% y H. Maíz: 11%) como tratamientos óptimamente agradables para su consumo, designados dentro de la escala hedónica entre el 5 y 6, siendo el valor 5 “me gusta poco” y 6 “me gusta”.

De acuerdo a las características reológicas la pasta óptima tiene una masa de buena calidad para elaborar una pasta tipo fettucine, así mismo el porcentaje del aminoácido lisina en la evaluación computo químico sobrepasa el 70% recomendado por la FAO/OMS.

La composición química de la pasta óptima obtenida es: Humedad (10,69 ± 0,02%), Proteína (12.22 ± 0,03%), Cenizas (2.43 ± 0,01%), Grasa (1.42 ± 0,02%), Fibra (2.85 ± 0,01%) y Carbohidratos (70.59 ± 0,03%). Además de presentar características físicas como Textura (3.57± 0.08mJ), Tiempo de cocción (9 minutos), Aumento de Masa (2.70 ± 0.07%). Pérdida de Sólidos (0.97± 0.01 %), Luminosidad (75.17 ± 0.08), Cromaticidad (58.82± 0.05) y Ángulo de Tonalidad (79.95± 0.03)

Palabra Clave: Pasta Óptima, Fettucine, Harina de Maca Roja, Harina de Maíz,

ABSTRACT

The present investigation seeks to innovate and develop new healthy products within the national market, determining the óptimal formulation when using corn flour and red maca as a partial substitution of wheat flour in the elaboration of fettucine-type pasta with technological, physicochemical and acceptable sensory For this, the Response Surface Methodology with DCCR 22 rotational central compound design was used in the STATISTICA version 10.0 program, establishing 11 treatments where Red Maca Flour and Corn Flour represent the Independent variables. For which the flours were characterized according to their proximal composition, their colorimetry and granulometry.

The pastas were sensory evaluated through 50 semi-trained panelists, who determined the central points T9, T10 and T11 (H. Wheat: 82%; H. Red Maca: 7% and H. Corn: 11%) as óptimally treated. pleasant for consumption, designated within the hedonic scale between 5 and 6, with the value 5 being "I like it little" and 6 "I like it".

According to the rheological characteristics, the óptimal pasta has a good quality dough to make a fettucine-type pasta, likewise the percentage of the amino acid lysine in the chemical computational evaluation exceeds the 70% recommended by the FAO/WHO.

The chemical composition of the óptimal paste obtained is: Moisture (10.69 ± 0.02%), Protein (12.22 ± 0.03%), Ashes (2.43 ± 0.01%), Fat (1.42 ± 0.02%), Fiber (2.85 ± 0.01%) and Carbohydrates (70.59 ± 0.03%). In addition to presenting physical characteristics such as Texture (3.58 ± 0.08mJ), Cooking time (9 minutes), Mass Increase (2.72 ± 0.07%). Loss of Solids (0.97± 0.01%), Lightness (75.17 ± 0.08), Chroma (58.82± 0.05) and Hue Angle (79.95± 0.03)

Keyword: Óptima Pasta, Fettucine, Red Maca Flour, Corn Flour,

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el Perú ha venido atravesando varias crisis alimentarias las que podemos dividir en tres fases, el comienzo de la pandemia por la covid-19, en la segunda fase se originó una represión de ingresos y altos costos de producción, debido a la inflación ocasionada por la pandemia y finalmente la guerra entre Rusia y Ucrania (Zegarra E, 2022). Todo esto ha traído un alza de precios en los alimentos de la canasta básica, en especial un incremento de costos a nivel mundial del trigo y de sus productos derivados (pan, pastas, galletas, pasteles, etc.). El consumo anual de trigo en el Perú es de 2 millones de TN, de los cuales solo se produce 200 000 toneladas de trigo en el año, y lo restante, 92% aproximadamente debe ser cubierto con importaciones.

El Perú ocupa el segundo lugar en el ranking de más consumo per cápita de pastas en Latinoamérica consumiendo entre 10 a 12 kilos al año por persona, pero la pasta elaborada solo con harina de trigo tiene un déficit de nutrientes. entre ellos la lisina como aminoácido esencial, la deficiencia de este aminoácido provoca cansancio, náuseas, anorexia, irritabilidad, anemia, alteraciones en la fertilidad y limita el crecimiento.

La Organización Mundial de Salud (OMS), recomienda consumir 5 diferentes frutas y/o verduras para asegurar al organismo, un consumo lo suficientemente necesario de vitaminas, antioxidantes y fibra, pero en el Perú el 89% no sigue esta recomendación (Ministerio de salud, 2018), sino que consume más cantidad de carbohidratos los cuales son carentes de fibra. Una baja ingesta de fibra ocasiona la exposición de sufrir afecciones cardiovasculares, riesgo de cáncer colorrectal y diabetes.

Debido a todo esto, se ha venido optando por la utilización de diversas semillas que puedan desarrollarse dentro del país, para elaborar harinas y ser empleadas en la sustitución parcial de la harina de trigo en pan, pastas, galletas u otros. En el Perú resaltan las harinas de las leguminosas como la soya y garbanzo, en cuanto a cereales está el maíz, arroz, avena, centeno.

La harina de maíz es muy usada en países como Venezuela y Colombia, pero en Perú es muy poco utilizado para el consumo humano directo pues este no puede reemplazar un 100% a las propiedades que tiene la harina de trigo, ya que no contiene las proteínas que, formen el gluten, por esta razón, la masa sola (mezcla de maíz y agua) no presenta cohesión ni elasticidad.

“La maca, o “ginseng Peruano” o “jengibre peruano” en los años 2002 y 2003, empezó a salir del Perú de forma no legal hacia china y hoy en día ellos producen más que Perú, quitándonos varios mercados comerciales internacionales” (Valladolid A.,2019). La maca es un súper alimento que debería estar presente incluso en los alimentos básicos de la canasta familiar, por sus beneficiosas propiedades. El Estado debería apoyar los estudios de sus propiedades para generar conocimiento, proteger su patrimonio y beneficiar al agricultor andino, en la harina de maca roja resalta el contenido de proteínas, asi como también sus aminoácidos; entre ellos la lisina.

Esta investigación tiene como objetivo general “Elaborar pastas tipo fettucine con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y harina de maca roja”, evaluando las formulaciones según sus características fisicoquímicas y sensoriales, para obtener una pasta óptima determinada por el diseño experimental DCCR 2^2. Y como objetivos específicos se tiene:

- Determinar las características fisicoquímicas de la harina de trigo, maíz y maca roja.
- Determinar el cómputo químico de aminoácidos para todas las formulaciones.
- Evaluar mediante un panel sensorial el grado de aceptación de las formulaciones obtenidas (Color, Olor, Sabor, Textura).
- Determinar la formulación óptima de pastas alimenticias según la metodología DCCR 2^2 empleando el programa Statistica versión 10.0.
- Caracterizar tecnológicamente la formulación de pasta óptima.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la formulación de pasta óptima.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 MAIZ AMARILLO (*Zea Mays L.)*

2.1.1 Generalidades del maíz amarillo

El maíz está entre los cereales que más superficie de cultivo ocupa; al igual que el trigo, contiene almidón, pero el maíz si puede ser consumido por personas con enfermedad celiaca pues no contiene gluten.

El maíz al no contener las proteínas que conforman el gluten, no origina harinas panificables, por lo que se recomienda mezclarlo con otras harinas para poder obtener un pan agradable. (Ramos G, 2013). Principalmente se usa para la elaboración de balanceados para animales o nixtamalizados para tortillas, tamales, arepas alimentos básicos en países americanos.

2.1.2 Taxonomía y morfología

2.1.2.1 Taxonomía del maíz

El maíz es uno de los cereales más antiguos y su procedencia data de México, Michoacán, y Guerrero (Ramos G, 2013).

Tabla 1.

Taxonomía del Maíz (Zea Mays L.)

Taxonomía del Maíz	
REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Liliopsida
SUBCLASE	Commelinidae
ORDEN	Poales
FAMILIA	Gramineas
GENERO	Zea
ESPECIE	Mays
NOMBRE CIENTIFICO	Zea mays L.

Nota: El cuadro nos índica la Taxonomía del maíz, tomado de *Guía Técnica del Cultivo de maíz*, por Ortigoza Guerreño J, López Talavera C y Gonzales Villalba (2019)

2.1.2.2 Morfología del maíz

El maíz es considerado una planta tropical; que se desarrolla en climas templados y sub - tropicales con altas temperaturas en el día y temperaturas frescas por las noches (FAO, 2000).

Figura 1.

Morfología del maíz

Nota: Imagen que muestra la morfología del maíz tomado de Agroquímicos Arca S.A. (2021)

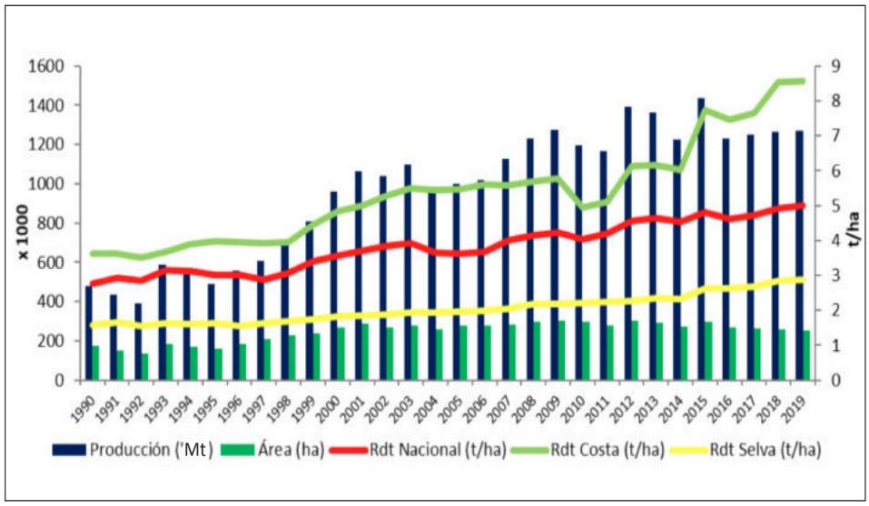
La planta de maíz es monoica, primero se produce la floración femenina y luego la floración masculina. El polen de las hojas que traen los vientos fertilizan las flores femeninas (Cultivo alógamo). Las raíces absorben en gran potencia los nutrientes y se desarrollan rápidamente. El tallo alcanza una altura de 4 metros. Las hojas son anchas y alargadas. A la espiga se le llama mazorca, esta es la parte comestible del cultivo. La dimensión de la mazorca está relacionado con las condiciones ambientales, está recubierto por granos en varias filas y la parte externa por hojas, pudiendo alcanzando un tamaño de 15 a 40 cm. Ministerio de Agricultura y Riego (2020)

2.1.3 Producción nacional

En el Perú se produce maíz amarillo en 18 de los 24 departamentos, siendo los principales San Martín, Amazonas, Piura, La Libertad, Lambayeque y Ancash. Ministerio de Agricultura y Riego (2020)

Figura 2.

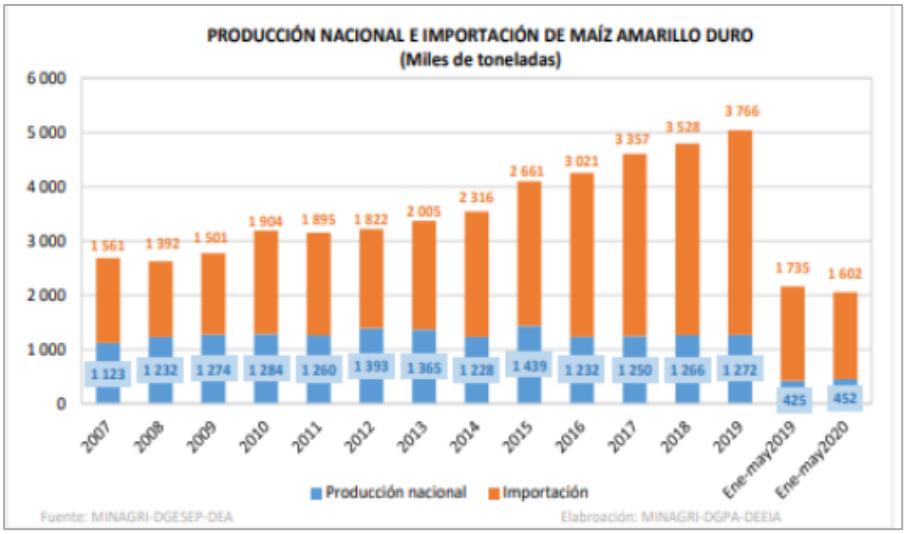
Producción histórica del maíz amarillo duro en el Perú



Nota: Colección histórica de maíz amarillo duro del Perú entre los años 1990 y 2019. Producción (TN), superficie (ha), rendimiento (t/ha). Tomado de DGESEP-MINAGRI, 2018.

Figura 3.

Producción Nacional e importación del maíz amarillo duro en el Perú



Nota: De acuerdo a la gráfica vemos que hay una gran importación debido a una poca producción de maíz amarillo, Tomado del RM- 172 – 2020 MINAGRI.

Al año 2020, el Perú exportó $23.3 M e importó $655 M en maíz, ubicándose este en el puesto 7 de productos más importados en el Perú. Principalmente importamos de Argentina, México y Bolivia (OEC, 2020)

Según León Carrasco J. (2022) En agosto del 2022, hubo una caída del 25.3% en la producción peruana del maíz amarillo, debido a los bajos rendimientos obtenidos del cultivo y reducción de áreas cosechadas.

2.1.4 Composición química

El grano del maíz es el órgano de almacenamiento de la planta, este contiene almidones, proteínas y micronutrientes. Su calidad está vinculada por factores como la genética, medio ambiente, cosecha del grano, cocción del grano, nixtamalización y fermentación.

Tabla 2.

Composición química del Maíz

(g/100g)	MAÍZ
Humedad	11.3
Proteína	8.8
Lípidos	0.8
Carbohidratos	65
Fibra	9.8
Minerales	1.3

Nota: Tabla proximal del maíz según, M Gobbetti and M. Ganzle (2013)

El maíz amarillo tiene una alta cantidad de vitamina A (Carotenoides) mientras que la variedad morada es rica en antioxidantes y compuestos fenólicos (Alvarez et al, 2013)

- **Carbohidratos e índice glicémico:** El grano de maíz contiene principalmente almidón, el cual está distribuido en amilosa (25-30% y amilopectina (70-75) % del peso del grano. (Urango M, 2018)
- **Fibra:** Si bien su valor no es tan alto, este contenido de fibra tiene un efecto beneficioso en la salud, pues protege al organismo del desarrollo

del cáncer de colon u otros relacionados, la fibra no puede ser digerida por las enzimas, pero son fermentadas por las bacterias intestinales, dando ácidos grasos de cadena costa usados como fuente de energía. (Urango M, 2018)

- **Proteínas:** El endospermo del maíz está compuesto por un 9% de proteína aproximadamente, donde los aminoácidos esenciales como la lisina y triptófano se encuentran en bajas cantidades, mientras que la prolamina (α-zeína) se encuentra en mayor cantidad (50-60%) de la proteína total. (Urango M, 2018)
- **Lípidos:** El aceite de maíz, tiene alto contenido de tocoferoles conteniendo vitamina E y tiene un efecto más eficiente retrasando la formación de trombos. (Urango M, 2018)

2.1.5 Calidad de tecnología en el grano de maíz

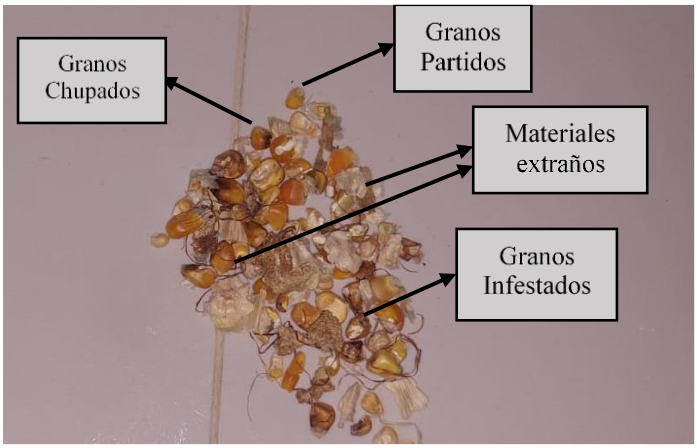
2.1.5.1 Daños en los granos

Según Paucar Menacho (2019) clasifica los daños de los granos de la siguiente manera:

- Granos dañados: Aquellos que tienen cambios en el color, olor, apariencia o estructura producto del secado por temperaturas altas, exceso de humedad, falta de madurez, contacto con insectos, hongos u otros.
- Granos Quebrados o Partidos: Aquellos que no tienen ¼ de su tamaño.
- Granos infestados: Contaminados por la existencia de insectos vivos o muertos.
- Granos Chupados: Han sufrido contracción por varios cambios bruscos en la temperatura
- Materiales extraños: Hace referencia a los materiales diferentes al grano, como por ejemplo arena, piedra, tallos, hojas, etc.

Figura 4.

Granos de maíz dañados



2.1.5.2 Peso Hectolitro

Determinar el peso hectolitro es relevante pues va de la mano con el rendimiento harinero y este con las características físicas del grano y su densidad real (kg/HL-^{1})

La consistencia del grano, está relacionado principalmente por las características físicas. La presencia de granos dañados por plagas, enfermedades, sequias, reducen el peso hectolitro trayendo como consecuencia el rendimiento harinero. (Halverson y Zeleny, 1988, Gaines *et al.*, 1997, Peña et al., 2008).

Según Salinas (2006), el peso hectolítrico es un factor con relación a la susceptibilidad a ruptura, dureza, rendimientos de molienda, velocidad de secado, condiciones generales del grano y resistencia al desarrollo de hongos.

Según Serna (2013), los granos que poseen mayor densidad, tienen menor posibilidad que los insectos los dañen, además que soportan mejor el traslado entre su almacenamiento y comercialización

Tabla 3.

Clasificación de la dureza del grano según el peso hectolitro

PESO HECTOLÍTRICO kg hL -1	DUREZA
>75	Duro
74-75	Intermedio
<74	Suave

Nota: El cuadro nos indica los intervalos para clasificar la dureza del grano de acuerdo al peso hectolítrico kg.Hl -1, Tomado de *Calidad nutricional e industrial de maíz*. (p-42) por Palacios Rojas (2018)

2.1.5.3 Granulometría

El análisis granulométrico determina el tamaño de partícula que componen una muestra, esta se realiza mediante un tamizador, además nos brinda información sobre el proceso de molienda de la harina de trigo y su uniformidad.

La muestra en harina a analizar pasa por varios números de tamices, uno debajo de otro, donde cierto porcentaje de harina se queda en los tamices, es decir, en la parte superior se encuentran las partículas con mayor tamaño y conforme va descendiendo el tamaño de la partícula es menor. (Espinoza y Quispe, 2013).

Según Carvalho et al., (2010) Dependiendo del tamaño, las harinas pueden absorber más o menos porcentaje de humedad en la preparación de la materia prima.

En la investigación de Schimele et al. (2011) evalúa el impacto en calidad tecnología al adicionar harina integral de avena, avena en copos y aislado proteico de soja en el bolo inglés; nos menciona que, a menor granulometría de harina de avena, el índice de absorción de agua era mayor, debido a que minúsculas particulas tienen la capacidad de

absorber rápidamente mayor porcentaje de agua a diferencia de las partículas con mayor tamaño. Pero para que se logre una división homogénea del agua en una masa es necesario que la granulometría sea lo más uniforme posible.

2.1.5.4 Rendimiento harinero

Es un valor que nos da un valor de referencia sobre el rendimiento en harina que se obtendrá a partir del grano. Luego de moler el grano, seco, se realiza el cálculo del rendimiento harinero (Rh), en base seca, según la formula usada por Pantoja T. y Prieto R, (2014)

$$Rh = \frac{Peso\ de\ harina}{Peso\ de\ granos} * \frac{(100 - \%Hh)}{(100 - \%Hg)} * 100$$

Donde:

Rh: Rendimiento Harinero

%Hg: Humedad del grano

%Hh: Humedad de la harina

2.1.6 Harina de maíz amarillo

2.1.6.1 Generalidades

Los granos de maíz se clasifican para consumo humano directo e indirecto, siendo los de consumo humano directo los que pasan a ser molidos en seco, para obtener finalmente la harina de maíz precocida o Harina PAN (Producto Alimenticio Nacional), tratando de conseguir un producto en polvo regularmente fino.

Se pueden obtener dos tipos de harina de maíz, una de color amarillo representando una harina integral y otra de color blanco que hace referencia a una harina refinada.

En la harina de maíz encontramos una buena cantidad de almidón y zeina como proteína.

El maíz blanco está orientado para ser consumido por el ser humano directamente, a través de la nixtamalización o en forma de harina. Por otro lado, el uso principal del maíz amarillo es para elaborar alimentos

balanceados destinado a animales (ganado) y para la producción industrial de almidón, frituras y hojuelas. El maíz amarillo posee un alto contenido de carotenoides (pigmento liposoluble) que es el responsable de darle el color al grano, además al ser consumido por los animales, da el color amarillo característico a la carne de las aves, la grasa y la yema de huevo. Según la FAO (2020) en los países de desarrollo el maíz blanco es más consumido que el maíz amarillo, debido a que este es más destinado para los animales.

Figura 5.

Granos de maíz amarillos enteros

2.1.6.2 Composición proximal de la harina de maíz amarillo

Tabla 4.

Composición proximal de la harina de maíz amarillo

COMPOSICIÓN	CANTIDAD(g)
Proteínas	8.3
Humedad	10.15
Grasa total	1.3
Fibra dietética	7.84
Ceniza	0.3

Nota. En el cuadro podemos observar la Composición nutricional, tomado de Torres A. y Guerra M. (2003)

2.2 MACA *(Lepidium meyenii)*

2.2.1 Generalidades de la maca

Esta raíz ha cobrado una importancia relevante, a medida que se comprende la bioquímica de sus metabolitos secundarios y su actividad los alimentos y la salud humana (Marthe et al., 2003).

El nombre científico de la maca es *Lepidium meyenii* o también llamado *Lepidium peruvianum*, es una planta herbácea que crece en los Andes Centrales del Perú a 4000 msnm, con unos climas adversos. (León Vásquez S., Paucar Menacho L. y Sifuentes Penagos G,2015)

Es muy rica en nutrientes, incluso tiene un mayor nivel de calcio que la leche, también es un adaptógeno, como el ginseng, por lo que mejora la salud, capacidades físicas, mentales y emocionales. La maca roja es original de las alturas de Junín en la sierra del Perú. Se cultiva en primavera y posee un sabor a malta que combina bien con el cacao.

2.2.2 Taxonomía y morfología

2.2.2.1 Taxonomía de la maca

Tabla 5.

Clasificación Taxonómica de la Maca

Taxonomía de la Maca	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	Lepidieae
Especie	Lepidium sp.
Nombre Científico	Lepidium

Nota. Clasificación taxonómica de la maca tomado de Raíces Andinas, según Aliaga R. (2014)

2.2.2.2 Morfología de la maca

La Maca es una planta que se desarrolla a 4.500 metros de altura sobre el nivel del mar. (Gonzales G., et *al* 2014)

Figura 6.

Morfología de la maca

Nota. Planta de la maca, tomado del diario La Andina (2014)

La planta tiene una raíz que crece hacia debajo de manera vertical, que con el hipocótilo forma la parte comestible, en un órgano de almacenamiento subterráneo, tiene flores pequeñas bisexuales. (Aliaga R, 2000)

2.2.3 Composición nutricional de la maca

Tabla 6.

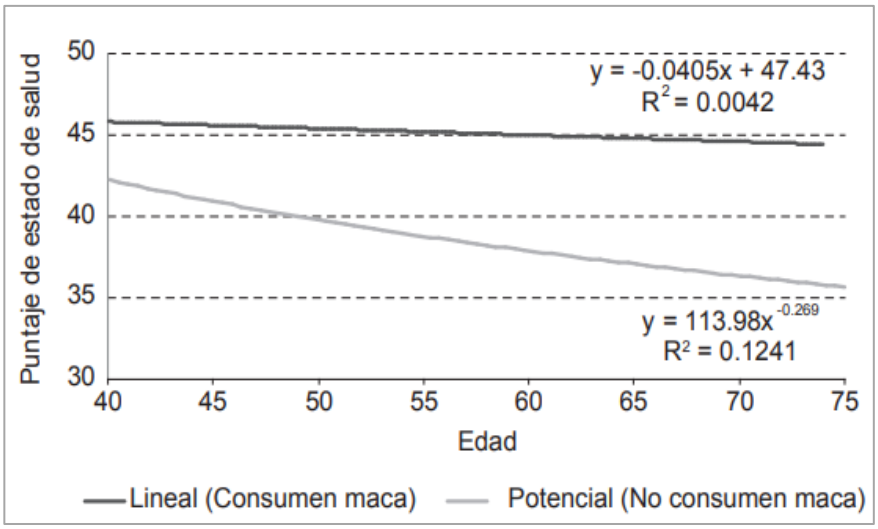
Composición nutricional de la maca seca

Componentes	Contenido (%)
Proteína	8.87-11.60
Lípidos	1.09-2.20
Carbohidratos	54.60-60.00
Fibra	8.23-9.08
Cenizas	4.90-5.00

Nota. Tabla de Composición nutricional de la maca, según Castaño – Corredor (2008)

Figura 7.

Consumo de maca en pobladores de Carhumayo según edades



Nota: La figura nos indica calificación sobre el estado de salud en pobladores de Carhuamayo a 4100 msnm que consumen y que no consumen maca, tomado de Gonzales G (2010)

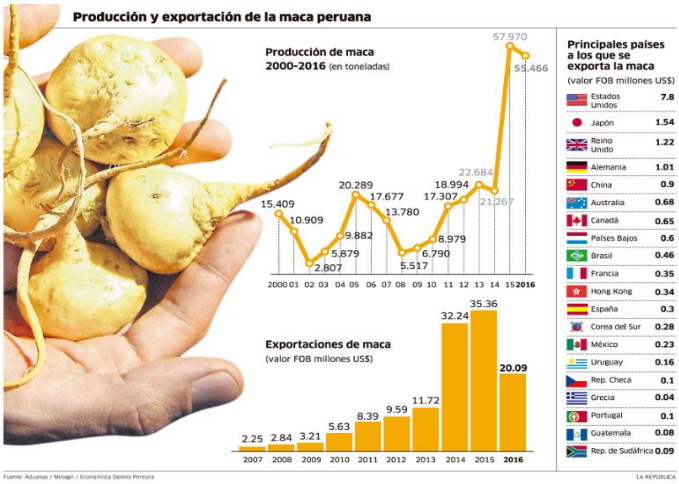
En la investigación realizada por Gonzales G. (2010) estudia a pobladores de los 40 a 75 años que viven a 4100 metros sobre el nivel del mar, concluyendo que los pobladores que no suelen consumir maca, presentan un estado de salud inferior a los que consumen maca continuamente.

2.2.4 Producción nacional

La maca se originó en territorio Peruano, actualmente se produce 20 mil toneladas de maca a más de 4 000 msnm, generando ingresos económicos a productores alto andinos siendo esta su principal o única fuente de ingresos (Minagri, 2018)

Figura 8.

Producción y exportación de la maca peruana



Nota: Producción y exportación de la maca peruana tomado del diario, La República (2016)

2.2.5 Variedades de la maca

2.2.5.1 Maca Amarilla

- Su sabor se caracteriza por ser el más dulce de las variedades y es mayormente usado por deportistas para aumentar su resistencia.
- La maca amarilla reduce el daño oxidativo en el cerebro. (Ore R, et al 2011)

2.2.5.2 Maca Negra

- Es considerada el “Oro negro de los Andes” por sus diversos beneficios en la salud, y solo representa el 15% de cosecha del total de maca peruana (Leyva L, 2019)
- La maca negra mejora el proceso de formación espermatozoides, es beneficioso para la memoria y disminuye la fatiga. (Gustavo F et al, 2014)
- Tiene un buen efecto sobre el aprendizaje espacial. (Rubio J. et al, 2006)
- La maca negra reduce la glucosa en la sangre. (Gonzales G et al, 2013)

2.2.5.3 Maca Roja

- Reduce el padecimiento de la osteoporosis y la hiperplasia benigna de próstata (Gasco M, 2007)
- Reduce los niveles de zinc intraprostático. (Gonzales C, et al 2012)
- La maca roja tiene un efecto que protege los órganos regulados pues contiene las hormonas esteroideas balanceadas, generando así un buen efecto para revertir la osteoporosis. (Gustavo F et al, 2014)
- Disminuye el porcentaje glúcido en la sangre e incrementa los niveles de insulina. (Rodrigo M, et al 2011)

2.2.6 Harina de Maca Roja

2.2.6.1 Generalidades

Se denomina maca roja, por el color de piel del tubérculo.

Científicamente demostraron que la capacidad vigorizante y energizante de la maca roja, era superior a la maca tradicional.

También conocido como el 2do en su tipo, más estudiado y representa el 25% de lo que se cosecha anualmente en el Perú. (Leyva L, 2019)

Según Leyva L. (2009) la maca roja representa el 25% de la cosecha al año, ocupando así el segundo lugar como la variedad de maca andina más comercial y más estudiada.

En los mercados podemos encontrar la maca roja en distintas presentaciones, ya sea en polvos, capsulas o extractos.

2.2.6.2 Composición proximal de la harina de Maca Roja

La maca se cultiva en los Andes, una zona donde no se podría cosechar otro cultivo. Hoy en día su importancia a vuelto a resurgir, debido a su buena calidad alimenticia y producción.

Tabla 7.

Composición nutricional de la harina de Maca Roja

Datos Nutricionales (100 g)	
Energía	356 kcal
Proteínas	14.30
Carbohidratos	70.80
Fibra	4.50
Total energía	350.9 kcal
Grasas Total	3.60

Nota. La tabla proximal nutricional de la harina de maca roja según, Casa Marimiel, 2022

2.3 TRIGO *(Triticum vulgare)*

2.3.1 Generalidades del trigo

Perteneciente a las gramíneas, el trigo se establece como el principal cultivo a nivel mundial ocupando un 20% de las superficies de cultivo, además es destinado para alimentar a aproximadamente 40% de los pobladores a nivel mundial. El grano de trigo es caracterizado por ser un alimento económico, que nutre el organismo y brindando carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales. Es una planta herbácea del género triticum, con el tallo hueco, que produce sus flores en forma de espiga, donde se ubican sus semillas, de la cual se sustrae la harina empleada en la elaboración de pan, galletas, pastas, etc. (Gil, 2010).

- Trigos duros (*Triticum durum*): se caracteriza por tener proteína entre 13.5 a 15 %, y poco porcentaje de agua, este tipo de trigos transformado en harina se emplea en la elaboración de fideos o pastas.

- Trigos semiduros (*Triticum vulgare*): se caracteriza por tener proteína entre 12 a 13 %, y posee más porcentaje de agua, este tipo de trigos transformado en harina se usan en la elaboración de pan y pastas.

- Trigos blandos (*Triticum club*): Tiene elevado porcentaje de almidón, pero con poco valor proteico entre 7.5 y 10%, este tipo de trigos transformado en harina blanca es usado para la elaboración de pasteles, galletas, etc.

Figura 9.

Planta de trigo cultivada en el Perú

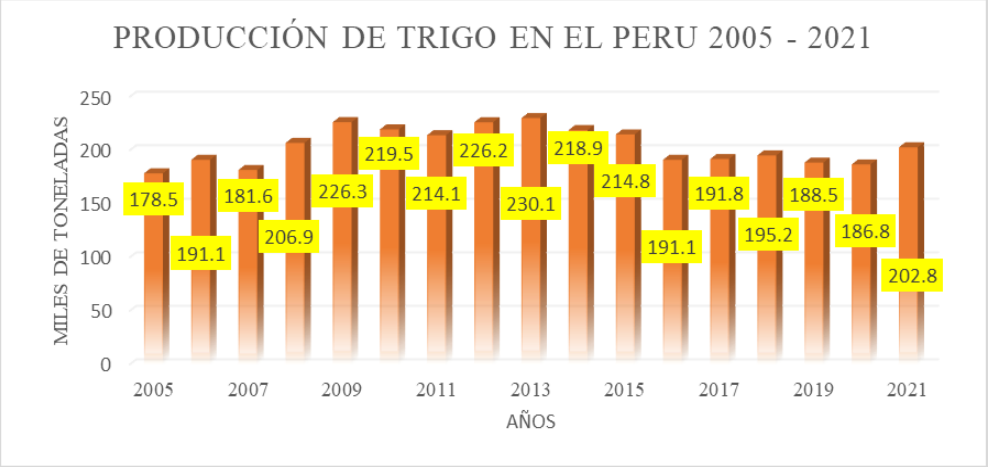
Nota: Espiga de una planta de trigo. Recuperado de: (MINAGRI, 2018).

2.3.2 Producción nacional

El Perú produce 200 mil TN aproximadamente en promedio de trigo anual, se cultivan y cosechan en alrededor de las 235 mil *ha*, obteniendo un rendimiento promedio de 1.8 (TN por hectárea).

Figura 10.

Producción Nacional del trigo en el Perú (2005 – 2021)



Nota. La grafica muestra un decaimiento de produccion de trigo en el Perú entre los años 2005 y 2021. Tomado de (USDA, 2022).

En el Perú la demanda nacional del 9% solo es cubierta con aproximadamente 200 mil TN, que se producen, entonces se tiene que importar cerca del 91% de los países más productores del mundo como Estados Unidos, Canadá y Argentina (en promedio anual 2 millones de

toneladas). Estos países cultivan un total de 15 millones de hectáreas, 9 millones y 6.5 millones, respectivamente (USDA, 2022).

Figura 11.

Importación Nacional de trigo en el Perú (2012 – 2022)

Nota. La gráfica muestra un aumento de importación de trigo en el Perú en los ultimos años. Tomado de (USDA, 2022).

2.3.3 Harina de trigo

2.3.3.1 Generalidades

Es el producto del proceso de molienda de los granos de trigo, los cuales son provenientes de las especies *Triticum aestivum o Triticum durum*, de los cuales se excluye el salvado y germen, dejando en mayor parte al endospermo.

Dentro de los elementos importantes que posee el trigo es la proteína que se halla en gluten, el cual otorga propiedades viscoelástica y cohesiva a la masa, que permite retener gas y elaborar productos horneados como panes, bizcochos y galletas. La gliadina (una prolamina) y glutenina (una glutelina), son las dos principales proteínas que conforman el gluten. (INACAL, 2015)

Requisitos físico-sensorial según INACAL, (2015).

- Aspecto: El producto debe ser homogéneo, no contener grumos y sin ninguna materia extraña.

- Color: El color blanco representa una harina extra, el color cremoso harina especial, blanco amarillento o marrón claro una harina morena.
- Olor: La harina debe tener un olor característico a la materia prima, sin olor a rancio o mohos.

2.3.3.2 Composición de la harina de Trigo

Tabla 8.

Composición nutricional de la harina de trigo

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE (%)
Calorías	366.3kcal
Carbohidratos	74.31
Humedad	12.9
Fibra Dietética	3.33
Grasa	1.05
Proteínas	10.91

Nota. Tabla proximal de la harina de trigo según Hidalgo Yamashiro, V. y Perez Mejía F. (2018)

2.4 GENERALIDADES DE LAS PASTAS

2.4.1 Definición de pastas

Las pastas alimenticias son productos elaborados con sémola o harina de trigo duro, semiduro, blando y agua potable, esta mezcla se seca sin fermentar. (Gil, 2010)

Se conocen como pasta o pastas alimenticias, aquellos producidos principalmente con sémola de trigo duro con adición de agua, y con adición de huevo, conservantes u otros productos que potencien su valor nutricional. En el mercado, encontramos pastas como macarrones, linguini, fetuccines, spaghettis, coditos y corbatas.

Según NTP 206.010. 1981. (2011), una pasta se prepara con los derivados del trigo, la masa sin preparar se seca y tiene presentación de diversas formas y figuras.

2.4.2 Insumos para la elaboración de pastas

El Agua: Tiene como función principal unir todos los ingredientes entre sí. La mezcla de harina y agua, forman el gluten; los gránulos de almidón se hidratan y son manejables para formar los fideos. El agua que se recomienda usar va entre 50 y 100 ppm de dureza, con un valor 7 de pH, un contenido de dureza elevado prolonga el tiempo de fermentación, por otro lado, las aguas con sin dureza (blandas) dan como consecuencia una masa viscosa.

Sal: Se utiliza en mínimas proporciones, otorga al producto final el sabor, estabiliza el gluten, cristaliza el almidón, mejora el color de la masa formada es más maleable y da como producto final una pasta sin opacidad. El porcentaje de sal a utilizar va de acuerdo a la norma para elaborar pastas, se utiliza 0.5% del peso de la harina.

Huevos: La incorporación de huevo no permite que haya una pérdida de solidos (almidón) en el agua al momento de la cocción, pues la red proteica formada, baja el nivel de desintegración de la pasta cuando se somete a un agua en ebullición. Además, el huevo hace que la masa obtenida sea elástica, resistente, obteniendo así una mejor calidad tecnológica. Según la NTP 011.220:1983 se usa un 15 % de huevo del total de la masa.

2.4.3 Características de la calidad de las pastas

De acuerdo a Felder (2003) para que la pasta sea aceptada por el consumidor debe cumplir ciertas características visuales:

- **Color:** El más demandado es el color amarillo, mientras que los colores rojizos o marrones son los menos atractivos.
- **Aspecto:** Las grietas o manchas en las pastas disminuye el nivel de calidad.
- **Textura:** Mantener una textura adecuada antes, durante y después de su cocción
- **Elasticidad:** El poder recuperar su forma inicial después de una deformación (antes de romperse).
- **Pegajosidad:** Propiedad de una pasta cocida pueda adherirse a otros ingredientes como salsas, y poca perdida de sólidos en la cocción.

2.4.4 Clasificación de las pastas

Según la NTP 206.010. 1981. (2011), clasifica las pastas por la cantidad de humedad, por el proceso de fabricación y por su Composición:

2.4.4.1 Por el contenido de humedad

- Pasta o fideo seco: Contiene ≤14 g/100 g de humedad.
- Pasta o fideo fresco: Contiene ≤ a 35 g/100 g de humedad.

2.4.4.2 Por el proceso de fabricación

- Pasta o fideo tipo Nápoles: Se obtiene por el proceso de moldeado mediante diferentes tipos de boquillas.
- Pasta tipo fettuccine: Alargada y plana y de 6 mm de ancho.
- Pasta o fideo tipo Bologna: Se obtiene por el proceso de laminado.

2.4.4.3 Por su composición

- Pasta o fideo de trigo: El ingrediente principal es a la harina y/o sémola de trigo.
- Pasta o fideo compuesto: Tiene agregado cantidades harinas de legumbres, cereales o granos andinos, gluten, huevos, lácteos, verduras, u otros elementos nutritivos (como vitaminas, minerales adicionales a los establecidos por la autoridad competente) o funcionales permitidos con el objetivo de aportar cualidades dietéticas.

2.4.5 Requisitos para el consumo de pastas

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 206.010. 1981. 2011), una pasta para poder ser consumida por el público debe cumplir ciertos requisitos para asegurar su calidad e inocuidad.

a) Los productos preparados deben ser elaborados con una masa fresca y en adecuadas condiciones, sin mezclar con residuos anteriores de pastas.
b) Se declarará para no consumo humano, cuando se encuentren materias extrañas, daños por insectos, sabores ácidos o rancios y olores no característicos.

c) Los envases que se utilizan para vender las pastas, deben cumplir con buenas prácticas de higiene, y se rechazará aquellos que ya hayan sido manipulados, contaminados por solventes u otros materiales extraños.
d) Los almacenes deberán evitar las humedades, exposición directa al sol, roedores, insectos para evitar el deterioro de las pastas.
e) Para elaborar la pasta solo se utilizará agua potable.
f) Para preservar las pastas, se pueden utilizar diferentes productos como el ácido ascórbico, sorbatos, etc, en dosis que la norma actual de elaboración y fabricación en productos de panadería permita.
g) Se usará de 2 a 3 huevos en óptimas condiciones por cada kilogramo de pasta seca.
h) Los parámetros de composición química son: H= 15% como mayor valor y Acidez = 10 %.

.

2.4.6 Equipo para la elaboración de pastas

La producción de pastas alimenticias se puede realizar de forma manual, así como también empleando equipos mecánicos que ayuden a generar un producto con mayor calidad, uniformidad y con un menor tiempo. Los cuales han sido modificados durante el pasar del tiempo, modernizando equipos y maquinaria, lo que correspondería al incremento de los volúmenes de producción. Anzora et al. (2019)

Un equipo para la elaborar pastas se basa en la extrusión, la cual consiste en la compresión de un alimento, hasta obtener una masa ligeramente sólida, la cual es forzada a pasar por una abertura de determinada forma geometría, dando cabida a un sin fin de variedades, texturas y formas de pastas. La extrusión es un proceso que junta operaciones como el mezclado, el amasado y el moldeado, lo que permite disminuir el espacio de trabajo en una planta procesadora, así como también los costos de operación como el de energía. Anzora et al. (2019)

La extrusora modelo Pastaia 2 es un equipo para la preparación de pasta fresca y cuenta con una trefiladora para la elaboración de lasaña, espagueti,

entre otros. Además, está hecho con acero inoxidable, sencillo de manipular y mantener. Manual Italvisa Maquinas LTDA, Pastaia 2.

2.4.7 Calidad de las pastas cocidas

Está representada como la capacidad de mantenerse con una textura firme y con una consistencia al dente luego de la cocción, evitando transformarse en una masa pegajosa y esponjosa. (Troccoli et al, 2000).

2.4.7.1 Tiempo de cocción

El cocimiento de una pasta se realiza mediante sumersión en agua a 100°c durante un plazo determinando.

El tiempo de cocción óptimo es el plazo mínimo expresado en minutos. donde el núcleo (línea blanquecina) en el medio de la pasta deja de ser visible, luego de ser comprimido entre dos superficies preferentemente de vidrio transparente (NTC 5080, ICONTEC, 2002).

La penetración del agua durante el cocimiento de la pasta está sujeto al porcentaje de proteína. Como resultado de la coagulación de las proteínas los gránulos de almidón quedan atrapados en el umbral proteico y forman una red de hilos, lo cual proporciona firmeza a la pasta. Así mismo ocurre la gelatinización del almidón la cual queda cubierta por proteína interconectada por fibras de almidón. Sin embargo, si prevalece la hinchazón y gelatinización del almidón, la proteína se coagulará en forma discontinua, siendo este el motivo de una pasta blanda y pegajosa. (Maningat et al., 2009).

2.4.7.2 Aumento de masa

El aumento de masa está representado durante el cocimiento de la pasta, ya que se expone a un proceso de absorción de agua, que parte del exterior de la pasta hacia el centro. Lo que se le conocería como hidratación de la proteínas y gelatinización del almidón. (Maningat et al., 2009).

2.4.7.3 Pérdida de sólidos

La pérdida de sólidos esta atribuido al efecto de hidratación, gelatinización y solubilización de los almidones que encontramos en las pastas, además no poseer una matriz lipoproteica viscoelástica la cual pueda retener el almidón gelatinizado, así como también por la desnaturalización de las proteínas de las harinas utilizadas para la producción de pastas, desunificando los almidones en el agua de cocción provocando las pérdidas de solidos (Granito et al, 2003).

2.5 CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE LAS MASAS

La reología evalúa la calidad de la harina de trigo, la cual es importante para predecir las características de la masa durante el amasado, fermentado y del producto final horneado o sin hornear.

2.5.1 Farinografía

Es un dispositivo principalmente comercializado por la empresa Brabender desde 1928, utilizado para medir las propiedades de la harina, durante el masado continuo a temperatura ambiente constante.

Según Pantanelli (1996) menciona que los equipo farinógraficos miden la consistencia de la masa por la fuerza requerida para mezclar la masa a una velocidad constante y la absorbiendo agua necesaria para lograr esta consistencia.

Según Benion E., (1970) menciona que la silueta del pliegue varía dependiendo el tipo de harina y la condición de los ingredientes añadidos.

Funcionamiento

El equipo, registra las modificaciones en la masa durante 20 minutos, en donde intervienen dos cuchillas que giran entre 55 a 82 revoluciones por minuto (rpm), este se encuentra conectado con un dinamómetro estacionario compensado, que grafica al instante en el software la resistencia que se opone la masa al trabajo mecánico. (Benion E., 1970)

Se llama mixer al espacio en donde se realiza la mezcla, este contiene una chaqueta de agua y control termostático para mantener la temperatura constante de 30°C.

El software del farinógrafo Brabender, plasma en forma de curvas la fuerza que se necesita para accionar las paletas del mezclador que gira a la misma velocidad a través de una masa, esta fuerza varía según el origen de la harina. Gracias a los farinogramas obtenidos podemos destinar las harinas para producción de pan, biscochos, galletas, fideos, etc.

Principales variables obtenidas de un farinograma:

- **Absorción de agua (%):** Es el porcentaje de agua que la harina puede absorber hasta llegar a una consistencia ideal representada en el gráfico como la línea de 500 UF, durante el amasado.

El porcentaje de proteína y el nivel de almidón dañado (capaces de absorber 4 veces más el agua que los gránulos intactos), son los principales influentes en la absorción de agua. (Stauffer, 2007)

- **Consistencia de la masa:** Se mide en Unidades Brabender (UB) o Unidades farinograficas (FE) nos relaciona la viscosidad de la masa, una proporción máxima de agua y gluten antes de su degradación, donde se hace todo lo posible para que la curva llegue a los 500 FE. Una harina que resiste al amasado, se considera fuerte.
- **Tiempo de llegada (S_1)**: Hace referencia al tiempo (mm:ss) expresada en la curva al momento de llegar a la parte superior de la línea de 500 FE o lo más cercana a ella, desde la adición de agua. Manifiesta el plazo requerido para que la combinacion (harina y agua) logre una consistencia de 500 FE.
- **Tiempo de desarrollo de masa (DDT)** Es el tiempo (mm:ss) que indica el momento en que la masa inicia la curva hasta llegar a su consistencia máxima, y hace referencia al tiempo óptimo para retener el gas. De acuerdo con Miglori et al., 2009, indica que “la masa alcanza óptimas condiciones visco elásticas es decir evalúa el tiempo adecuado para el amasado”.

Para elaborar pastas, se utilizan harinas con un porcentaje alto de proteínas, las cuales necesitan un tiempo largo de amasado, mientras que para la

elaboración de un pan también son tiempos largos y cuando estos son cortos, el resultado es un pan de baja calidad. (Loli, J y Vásquez L,2015)

- **Tiempo de salida (S2),** es el tiempo (mm:ss) que indica el instante en que la curva superior pasa de regreso por la línea de 500 UF (declive). Es el momento donde inicia la ruptura de la masa, el gluten se descompone (Naega, 2008)
- **Índice de tolerancia al mezclado (ITM)** Es la resta entre la consistencia de la masa (UF) y la parte superior de la curva (el pico) y la parte superior de la curva luego de 5 min, relacionado con el ablandamiento de la masa durante la mezcla. (Montenegro, 2008)
- **Estabilidad (S):** Es el tiempo (mm:ss) es la diferencia del tiempo requerido para alcanzar la consistencia óptima de 500 FE (Tiempo de llegada) primera intersección y el tiempo en el que la curva abandona la línea de 500 FE (Tiempo de salida) ultima intersección . Indica la resistencia de la masa antes de perder sus propiedades cuando es forzada a un amasado es decir antes de una degradación irreparable de gluten. (Miglori et al.,2009)

2.5.2 Extensografía

El Extensógrafo Brabender nos grafica una curva que indica la fuerza con respecto al tiempo que se necesita para estirar una masa hasta romperse. Álvarez D. (2011)

- ✓ Caracteriza la dureza del gluten y la capacidad de extensibilidad de la masa.
- ✓ Una masa con buena extensión y extensibilidad, nos indica una masa suave de buena elasticidad y resistencia que oponen durante el tiempo de reposo.

Índices que se obtienen de la curva son:

- **Resistencia al estiramiento (R):** Hace referencia al punto de base situado a 5 cm de distancia del inicio de la curva, altura del extensograma, nos representa la fuerza medida en BU
- **Extensibilidad (E):** Es la longitud de la base, que va del comienzo hasta el final del extensograma (mm)
- **La energía (m^2):** área de bajo de la curva del extensograma
- **La resistencia de tensión (R/E):** Es el cociente entre la resistencia al estiramiento y extensibilidad

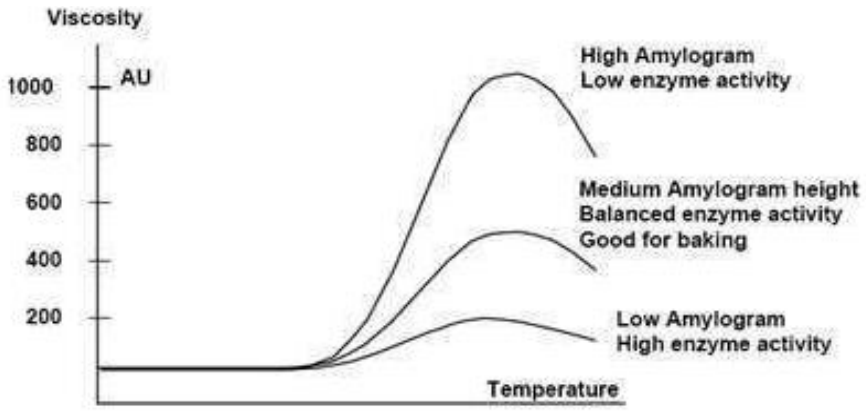
2.5.3 Amilografía

El amilografo Brabender registra en tiempo real, a través de una curva, la resistencia a la agitación, variaciones de viscosidad de la mezcla de harina en agua, mientras la temperatura va ascendiendo a una velocidad constante de 1.5°C/min llegando a una temperatura cercana de 90°C donde llega a su punto máximo de gelatinización.

Con el amilógrafo se puede saber cómo será el comportamiento de la masa durante el horneado, en donde se produce la gelatinización del almidón.

Figura 12.

Amilograma de una harina de trigo



Nota: La figura nos representa un amilograma de la harina de trigo y sus cambios. (Lascano, 2009)

El amilógrafo determina el grado de gelatinización, representado la altura de la curva. Sí el almidón no se integra con el agua, nos indica una mala gelatinización por lo tanto en la gráfica se representará como una curva baja. Mientras que un almidón que retiene buena cantidad de agua, nos indica un buen grado de gelatinización y se representa gráficamente como una curva elevada.

El amilógrafo nos informa de la calidad del almidón y la presencia de las enzimas en la harina. Las harinas con baja actividad α-amilásica dan altas viscosidades, mientras que las harinas con alta actividad α-amilásica dan baja viscosidad.

Las pastas que contienen solo harina trigo, presentan menor tiempo de cocción, debido a que la amilosa existente en los almidones, abarca un 25%, lo cual beneficia la gelatinización rápida. (Sandoval, Paredes, Álvarez y Brito, 2010)

2.6 CÓMPUTO QUÍMICO

Según De la Cruz, (2009) La calidad proteica que posee un alimento se puede determinar a través de métodos químicos o biológicos. El método químico más utilizado es el cómputo químico, el cual también es llamado score químico o puntaje químico. Según la FAO, (2011), el método se aplica calculando el valor porcentual de los aminoácidos esenciales frente a una referencia teórica de aminoácidos esenciales dependiendo de la edad a la que pertenezcan (adultos o niños). Según De la Cruz, (2009) el aminoácido limitante de un complejo proteico es el que menor porcentaje posee, así mismo mientras el valor comparado exceda al valor patrón; el score químico será del 100% o mayor a este, lo cual indica que es un proteína adecuada y completa.

2.6.1 Aminoácidos Esenciales

Son aquellos aminoácidos que el cuerpo no puede sintetizar, y por consecuencia deben ser proporcionados por alimentos. Además, son necesarios para el correcto funcionamiento del organismo, y para la realización de actividades diarias de las personas. (De la Cruz, 2009).

2.6.2 Aminoácidos No Esenciales

Son los aminoácidos que el organismo produce, aun cuando no se obtengan directamente de la asimilación de alimentos en el organismo. (De la Cruz, 2009).

2.6.3 Aminoácidos Limitantes

Un aminoácido limitante es aquel que se encuentra en menor cantidad, proporción o concentraciones de una proteína. De la Cruz, (2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente investigación se realizó en los siguientes ambientes:

- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la Escuela de Agroindustria de la Universidad Nacional de Santa.
- Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.
- Área de degustación de la Planta Piloto de la Escuela de Agroindustria de la Universidad Nacional del Santa.
- Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial de la Escuela de Agroindustria de la Universidad Nacional del Santa.

3.2 MATERIA PRIMA E INSUMOS

3.2.1 Materia prima

Para la producción de pastas, se utilizó como materia prima:

Harina de maíz

Se obtuvo a partir del grano entero de maíz amarillo, del Mercado chacra la olla, (Chimbote). Se utilizó 2 kg de harina de maíz amarillo.

Harina de maca roja

Se utilizó 1 kg de harina maca roja (presentación de 260g), marca La casa Marimiel; que fue adquirido en el supermercado Plaza Vea Chimbote, ubicado en la Avenida Coronel Francisco Bolognesi 940, Chimbote 02804

Harina de trigo

Se utilizó 12 kg de harina de trigo (presentación de 1 kg), marca Nicolini, lote N° 311; que fue adquirido en el supermercado Plaza Vea Chimbote, ubicado en la Avenida Coronel Francisco Bolognesi 940, Chimbote 02804

3.2.2 Insumos

Agua

Se utilizó la red de agua potable del distrito de Nuevo Chimbote. La cual fue procesada en la Universidad Nacional del Santa mediante un ablandador de agua, un equipo de ósmosis inversa, un equipo ultravioleta y uno de ozonificación.

Sal

La sal utilizada, marca "Emsal" de presentación de 1kg, fue adquirido en el supermercado Plaza Vea Chimbote, ubicado en la Avenida Coronel Francisco Bolognesi 940, Chimbote 02804.

Huevos

Los huevos fueron adquiridos en el supermercado Plaza Vea Chimbote, ubicado en la Avenida Coronel Francisco Bolognesi 940, Chimbote 02804

3.3 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1 Equipos e instrumentos

3.3.1.1 Para la elaboración de la harina de maíz

Equipos

- Módulo de Molienda y Tamizado. Marca: Torrh Modelo: MDNT-6XL
- Estufa (Marca: POL-EKO, Modelo: SW-17TC)
- Mesa de acero inoxidable.
- Balanza Analítica, PRECISA GRAVIMETRICS A G.

Utensilios

- Tamices
- Espátulas
- Recipientes de acero inoxidables
- Guantes de látex

Reactivos

- Hipoclorito de Sodio 1 ppm

Materiales de empaque

- Bolsas de polipropileno de alta densidad.

3.3.1.2 Para la caracterización de las harinas

Equipos

- Tamizador Retsch AS 200 basic
- Estufa (Marca: POL-EKO, Modelo: SW-17TC)
- Mesa de acero inoxidable.
- Colorímetro KONICA MINOLTA
- Balanza Analítica, PRECISA GRAVIMETRICS A G.

Utensilios

- Tamices
- Probeta 250ml
- Regla 30cm
- Espátulas
- Recipientes de acero inoxidables
- Guantes de látex
- Placas Petri

Materiales de empaque

- Bolsas de polipropileno de alta densidad.

3.3.1.3 Para la elaboración de pasta

Equipos

- Máquina para pasta fresca (PASTAIA 2). Marca: Italvisa
- Mesa de acero inoxidable.
- Balanza Analítica, PRECISA GRAVIMETRICS A G.

Utensilios

- Espátulas
- Cuchillos
- Recipientes de plástico
- Jarras
- Guantes de latex

Materiales de empaque

- Bolsas de polipropileno de alta densidad (Ziploc 26.8 cm x 28 cm)

3.3.1.4 Para la evaluación de pasta

3.3.1.4.1 Determinación de Humedad

Equipos

- Balanza Analítica (Marca: PRECISA, Modelo: LX220A, SUIZA)
- Estufa (Marca: POL-EKO, Modelo: SW-17TC)

3.3.1.4.2 Determinación de Ceniza

Equipos

- Balanza Analítica (Marca: PRECISA, Modelo: LX220A, SUIZA)
- Mufla (Marca: THERMOLYNE, Modelo: 347034984)
- Cocina eléctrica (Marca: KESSEN, Modelo: HPY6870-26)

3.3.1.4.3 Determinación de Proteínas

Reactivos

- Sulfato de Potasio (K_2SO_4)
- Sulfato de Cobre ($CuSO_4.5H_2O$)
- Ácido Sulfúrico al 95% - 98% (H_2SO_4)
- Solución valorada de Ácido Sulfúrico 0.1 N
- Agua destilada
- Rojo de metilo
- Hidróxido de Sodio NaOH

Equipos

- Equipo de Kjeldahl
- Balanza Analítica (Marca: PRECISA, Modelo: LX220A, SUIZA)

3.3.1.4.4 Determinación de Grasa

Reactivos

- Solvente: Hexano

Equipos

- Equipo de Soxhlet
- Balanza Analítica (Marca: PRECISA, Modelo: LX220A, SUIZA)

3.3.1.4.5 Determinación de Fibra

Reactivos

- Célite
- Tampón fosfato Ph 6.0
- Ácido Clorhidrico 0.325 N
- Hidroxido de sódio 0.275 N
- Amilasa
- Proteasa
- Etanol 96%
- Etanol al 78%
- Acetona

Equipos

- Estufa (Marca: POL-EKO, Modelo: SW-17TC)
- Balanza (Marca: PRECISA, Modelo: LX220A, SUIZA)
- Analizador de fibra (Marca: FOSS)
- Baño maría termo regulable (Marca: FOSS)
- Mufla (Marca: THERMOLYNE, Modelo: 347034984)

3.3.2 Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitación (500 y 1000ml).
- Matraces Erlenmeyer (250 y 500 mi).
- Pipetas

3.3.3 Otros materiales

- Pinza de madera
- Guantes térmicos
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Plumón indeleble
- Instrumentos para evaluación sensorial: vasos descartables, lapiceros, trinches de plástico, locutorios de degustación, hojas de evaluación, mantel y marcador.

3.4 MÉTODOS

3.4.1 Caracterización del maíz amarillo

3.4.1.1 Caracterización del grano de maíz amarillo

3.4.1.1.1 **Granos dañados:**

Se pesaron 1000 granos, se separan los granos enteros y sanos de granos dañados, infestados, infectados, partidos y de materiales extrañas, finalmente se calcula el porcentaje de cada uno.

Se realizó la metodología usada por Paucar M. y Moreno R. (2019) Guía de Practica de Análisis físicos de Granos

3.4.1.1.2 Peso Hectolitro

Se pesó una probeta de 250 ml, se vertió el grano hasta completar el volumen de 250 ml, se pesa la probeta con el grano obtenido y se utiliza la siguiente formula, escrita líneas abajo. Se realizó la metodología usada por Paucar Menacho y Moreno Rojo (2019) Guía de Practica de Análisis físicos de Granos

$$Peso\ Hectolitro = \frac{100 * (peso\ de\ la\ muestra\ en\ kg)}{\frac{1}{4}\ de\ litro\ (L)}$$

3.4.1.2 Obtención de la harina de maíz amarillo

3.4.1.2.1 Procedimiento para la obtención de la harina de maíz amarillo

Limpieza y selección: Se recepcionó (2.0 kg) de maíz, retirando los granos alterados, las impurezas como piedras, astillas y restos de tierra, pajas u otras materias extrañas.

Figura 13.

Impurezas del maíz retiradas

Lavado y desinfección: Se sumergió los 2.0 Kg de maíz en un balde con agua añadiéndole hipoclorito de sodio a una concentración de 1 ppm durante 5 minutos.

Figura 14.

Lavado y desinfección del maíz

Secado: El maíz se colocó en sobre papel aluminio dentro de una estufa a 60° por 4 horas hasta alcanzar una humedad de ≤ 14,5%.

Figura 15.

Secado del maíz

Enfriado: Se procedió a enfriar el maíz a una temperatura ambiente (24 ºC) en un lugar seco y fresco.

Figura 16.

Enfriado del maíz a temperatura ambiente

Molienda: Una vez enfriado el maíz se realizó la molienda en un Módulo de Molienda, marca torrh, con la finalidad de reducir el tamaño de partículas hasta obtener la harina.

Figura 17.

Molienda del maíz

Tamizado: Se procedió a tamizar la harina en un tamiz de 0.5mm, para obtener finalmente la harina.

Figura 18.

Harina de maíz tamizado

Almacenado: Posteriormente se almacenó en una bolsa especiales para sellado al vacío

Figura 19.

Harina de maíz empaquetada

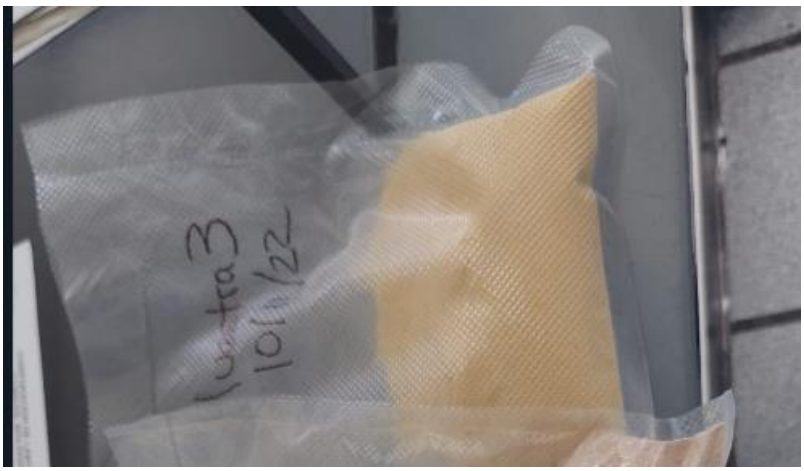
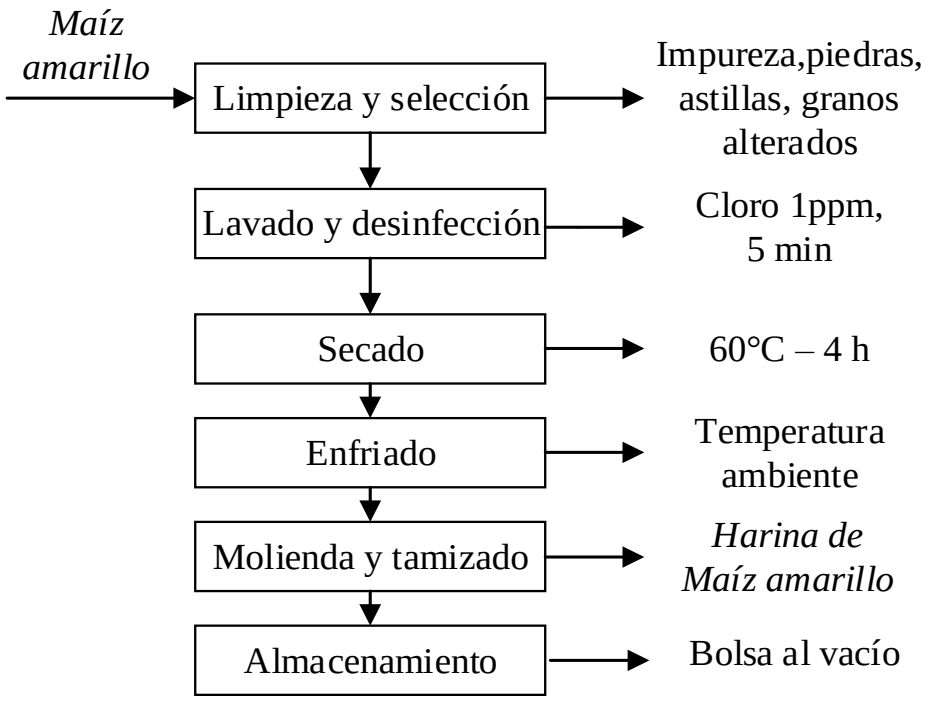


Figura 20.

Obtención de harina de maíz



Nota. El grafico representa los pasos a seguir para obtener harina de maíz amarillo, obtenido de Araujo A. (2017)

3.4.1.2.2 Rendimiento harinero:

Luego de moler el grano, seco, se realiza el cálculo del rendimiento harinero (Rh), en base seca, según la formula usada por Pantoja T. y Prieto R, (2014)

$$Rh = \frac{Peso\ de\ harina}{Peso\ de\ granos} * \frac{(100 - \%Hh)}{(100 - \%Hg)} * 100$$

Donde:

Rh: Rendimiento Harinero

%Hg: Humedad del grano

%Hh: Humedad de la harina

3.4.2 Caracterización de las harinas

3.4.2.1 Caracterización de la harina de maíz, maca roja y trigo

3.4.2.1.1 Humedad

Se determinó según la N.T.P. 205.037:1975 (Revisada el 2011): harinas. Determinación del contenido de humedad.

3.4.2.1.2 Cenizas

Se determinó el contenido de ceniza por incineración de la materia prima en una mufla por NTP 205.038:1975 (Revisada el 2011),

3.4.2.1.3 Proteínas

El contenido de proteína total se determinó usando el método por la N.T.P. 205.005:1979 (Revisada el 2011): cereales y menestras. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl),

3.4.2.1.4 Grasa

Se determinó el contenido de grasa por arrastre con solvente (hexano), (AOAC) 963.15 2005, método Soxhlet.

3.4.2.1.5 Fibra

Se determinó después de una hidrólisis ácida y luego hidrólisis alcalina; siguiendo la metodología por la NTP 205.003:1980 (2011).

3.4.2.1.6 Carbohidratos

Se determinó por la diferencia de cada compuesto determinado. Usando la fórmula: Carbohidratos Totales (%) = 100 – (%P+%G+%H+%C+%F))

3.4.2.1.7 Colorimetría

Para determinar el color se empleó el sistema CIElab. Analizando la luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad se utilizará el colorímetro KONICA MINOLTA según Minolta (2008).

3.4.2.1.8 Granulometría

Se determinó usando los tamices #20, #30, #45, #60, #80, #120, en la que se determina el índice de uniformidad de las harinas, siguiendo la metodología AOAC 965-22 (1997)

3.4.2.2 Computo químico de las formulaciones

Se determinó la calidad proteica de las formulaciones empleando la metodología química del cómputo químico; también conocido como puntaje químico o score químico. De la Cruz, (2009)

$$Cómputo\ químico = \frac{g.AAE.Alimento\ o\ Mezcla}{g.AAE.Proteina\ Patrón}$$

3.4.3 Elaboración de pastas

3.4.3.1 Planeamiento experimental

Se empleó la Metodología Superficie Respuesta con diseño compuesto central rotacional DCCR 2^2, la cual modela en ecuaciones resultados objetivos, atribuidos por variables; dando como resultado una función de respuesta óptima para los factores dependientes, empleando la harina de maíz y la harina de maca roja como las variables independientes, considerando los siguientes grados: –α, -1, 0, +1, +α,

Tabla 9.

Niveles en variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2^2

Variables Independientes	Niveles				
	-α	**-1**	**0**	**+1**	**+α**
Harina de Maíz (%)	6.0	7.5	11.0	14.5	16.0
Harina de Maca Roja (%)	2.0	3.5	7.0	10.5	12.0

Nota. Niveles porcentuales para un DCCR 22 para un α =1.4142

Se realizaron 11 ensayos de los cuales 4 fueron factoriales 4 de manera axial y sus 3 repeticiones.

Tabla 10.

Valores codificados y valores reales del (DCCR) 2^2

Formulaciones	VALORES CODIFICADOS		VALORES CODIFICADOS	
	Harina de Maíz (X_1)	**Harina de Maca Roja(X_2)**	**Harina de Maíz**	**Harina de Maca Roja**
1	-1	-1	7.5	3.5
2	+1	-1	14.5	3.5
3	-1	+1	7.5	10.5
4	+1	+1	14.5	10.5
5	-α	0	6.0	7.0
6	+α	0	16.0	7.0
7	0	-α	11.0	2.0
8	0	+α	11.0	12.0
9	0	0	11.0	7.0
10	0	0	11.0	7.0
11	0	0	11.0	7.0

Nota. Elaborado en el programa STATISTIC, Versión 10.0.

3.4.3.2 Procedimiento para la elaboración de pastas

PESADO

Se pesaron las materias primas (harina de trigo, harina de maíz y maca roja) y se midió el volumen de los insumos líquidos (agua y huevo) necesarios para la elaboración de los fideos.

Figura 21.

Pesado de las materias primas (harinas e insumos líquidos)

PRE MEZCLADO EN SECO

Se realizó el mezclado de las harinas de trigo, harina de maíz y maca roja, logrando una mezcla homogénea.

Figura 22.

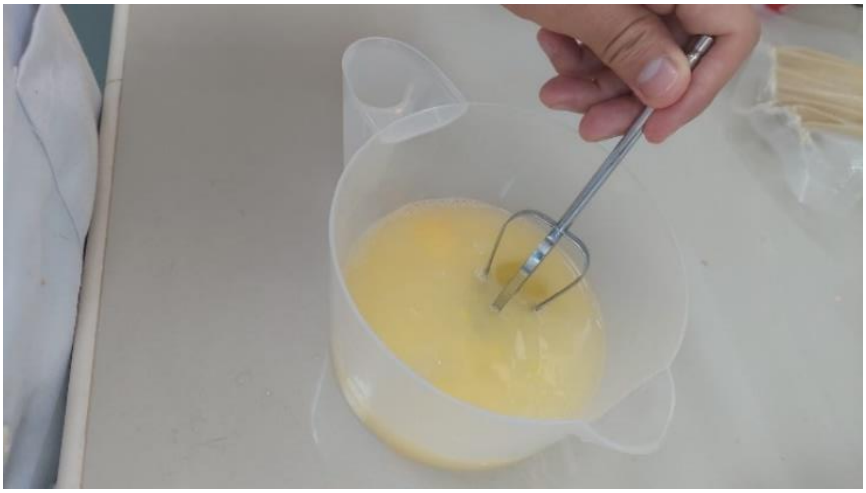
Mezclado de la harina de trigo, harina de maíz y maca roja

PRE MEZCLADO EN LIQUIDO

Se realizó un mezclado agua y huevo, considerando el peso del huevo como valor inicial, para luego completar con agua hasta llegar a los 350 ml y agitar hasta lograr una mezcla homogénea, sin llegar al punto nieve.

Figura 23.

Mezclado en liquido de agua y huevo



MEZCLADO Y AMASADO

Una vez homogenizadas las harinas se hidrató la mezcla utilizando el huevo y agua, aplicando la metodología de Sánchez (2003) de acuerdo a la formulación (Tabla 11)

Figura 24.

Mezclado de los ingredientes dentro del Pastaia 2

Tabla 11.

Fórmula utilizada en la elaboración de pastas con sustitución parcial de harina de Maca Roja y Maíz

FORMULACIONES	Harina de Trigo	Harina de Maíz	Harina de Maca Roja	Agua	Huevo	Sal
F1	89.0 %	7.5 %	3.5 %	25%	10%	0.5%
F2	82.0 %	14.5 %	3.5 %	25%	10%	0.5%
F3	82.0 %	7.5 %	10.5 %	25%	10%	0.5%
F4	75.0 %	14.5 %	10.5 %	25%	10%	0.5%
F5	87.0 %	6.0 %	7.0 %	25%	10%	0.5%
F6	77.0 %	16.0 %	7.0 %	25%	10%	0.5%
F7	87.0 %	11.0 %	2.0 %	25%	10%	0.5%
F8	77.0 %	11.0 %	12.0 %	25%	10%	0.5%
F9	82.0 %	11.0 %	7.0 %	25%	10%	0.5%
F10	82.0 %	11.0 %	7.0 %	25%	10%	0.5%
F11	82.0 %	11.0 %	7.0 %	25%	10%	0.5%

Nota. Esta tabla expresa en términos porcentuales las formulaciones en la producción de pastas tipo fettucine con sustitución parcial de harina de Maca Roja y Maíz.

En cada tratamiento lo formulado se combina en la máquina de fideos PASTAIA 2 (Marca: Italvisa), se combinan las harinas, se vierte el huevo, se añade la sal y agua a la mezcla, todo esto realizado a temperatura normal, logrando mínimamente un 31% de humedad, el plazo del mezclado y amasado son relativamente 20 minutos.

LAMINADO

Se empleó la máquina para hacer pastas llamado Pastaia 2. Una vez obtenida la masa granulada, ésta es forzada a pasar por una abertura de forma geometría rectangular de 6mm de ancho x 2mm de espesor. En esta etapa el gluten forma una red proteica que atrapa los gránulos de almidón debido a la fuerza que se ejerce el tornillo sin fin con el cabezal (cojinete para fettucine).

Figura 25.

Laminado de los fideos a la salida del Pastaia 2

CORTADO

Cada fideo se cortó manualmente en longitudes de 25 cm utilizando el cortador propio del equipo.

Figura 26.

Cortado de los fideos a la salida del Pastaia 2

SECADO

El secado fue realizado a temperatura ambiente.

Figura 27.

Secado de los fideos Fettucine a temperatura ambiente

ENVASADO

Los fideos se envasan en bolsas de polipropileno de alta densidad, luego se sellan las bolsas herméticamente, con un contenido de 250 g cada una.

Figura 28.

Envasado de los fideos Fettucine en bolsas Ziploc

ALMACENAMIENTO

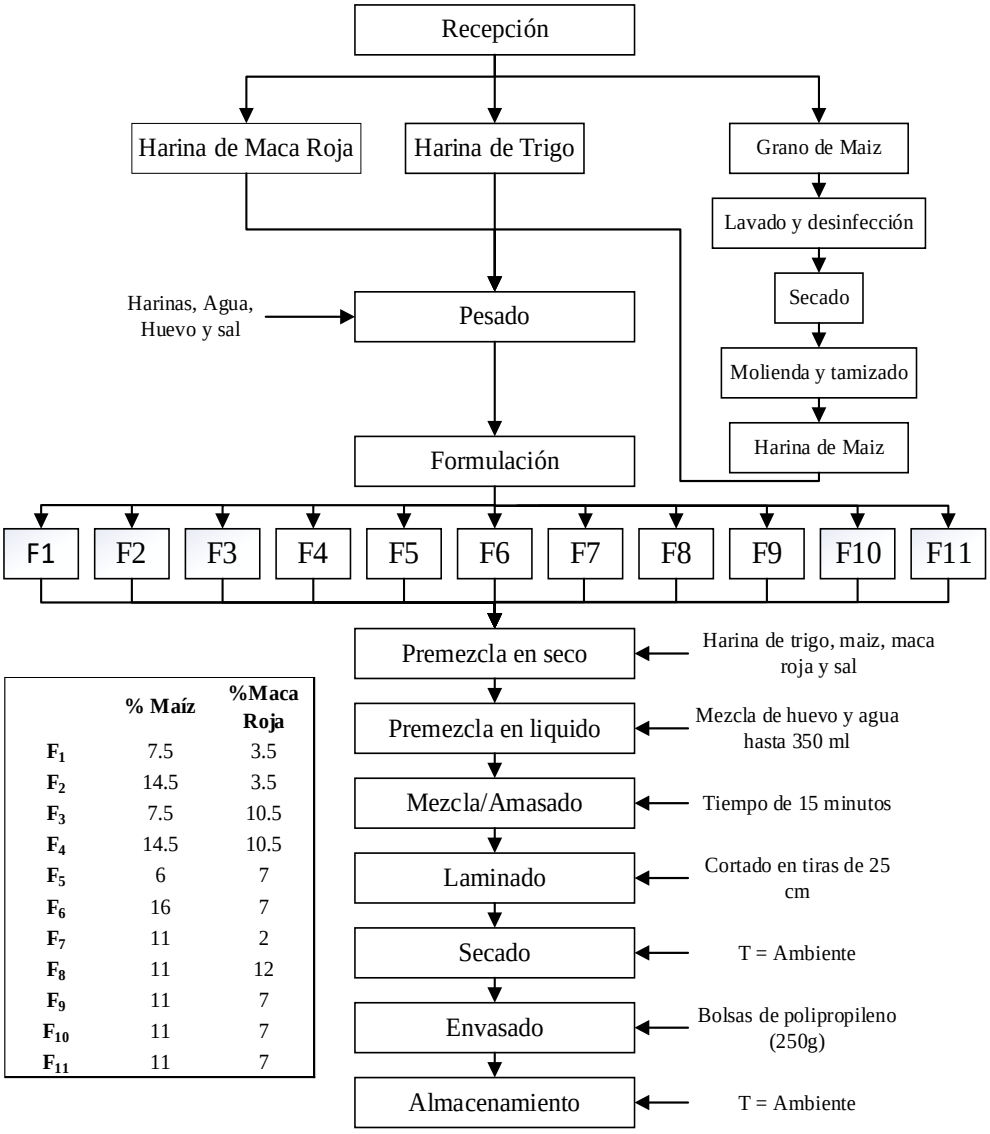
Las pastas se guardan en condiciones normales (temperatura ambiente y lugar seco).

Figura 29.

Almacenamiento de los fideos Fettucine a temperatura ambiente

Figura 30.

Flujograma para la elaboración de Pastas con Maíz y Maca Roja



	% Maíz	%Maca Roja
F_1	7.5	3.5
F_2	14.5	3.5
F_3	7.5	10.5
F_4	14.5	10.5
F_5	6	7
F_6	16	7
F_7	11	2
F_8	11	12
F_9	11	7
F_{10}	11	7
F_{11}	11	7

Nota. En el gráfico se representa el diagrama de flujo para la obtención de pastas alimenticias con sustitución parcial de trigo por harina de maca roja y maíz, tomado de Alvarez L. y Avalos Y. (2019).

3.4.4 Evaluación de la calidad de las pastas

3.4.4.1 Análisis fisicoquímicos

Se realizó en el IITA (Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial), de la UNS y los análisis realizados fueron:

3.4.4.1.1 Humedad

Se determinó según la N.T.P. 205.037:1975 (Revisada el 2011): harinas. Determinación del contenido de humedad.

3.4.4.1.2 Cenizas

Se determinó el contenido de ceniza por incineración de la materia prima en una mufla por NTP 205.038:1975 (Revisada el 2011),

3.4.4.1.3 Proteínas

El contenido de proteína total se determinó usando el método por la N.T.P. 205.005:1979 (Revisada el 2011): cereales y menestras. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl),

3.4.4.1.4 Grasa

Se determinó el contenido de grasa por arrastre con solvente (hexano), (AOAC) 963.15 2005, método Soxhlet.

3.4.4.1.5 Fibra

Se determinó después de una hidrólisis ácida y luego hidrólisis alcalina; siguiendo la metodología por la NTP 205.003:1980 (2011).

3.4.4.1.6 Carbohidratos

Se determinó por la diferencia de cada compuesto determinado. Usando la fórmula: Carbohidratos Totales (%) = 100 – (%P+%G+%H+%C+%F))

3.4.4.1.7 Colorimetría

Para determinar el color se empleó el sistema CIElab. Analizando la luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad se utilizará el colorímetro KONICA MINOLTA según Minolta (2008).

3.4.4.1.8 Textura

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

3.4.4.2 Análisis para la pasta cocida

3.4.4.2.1 Tiempo de cocción

Se evaluó el tiempo de cocción, utilizando la metodología 16 - 50 AACC (2000)

3.4.4.2.2 Aumento de masa

Se evaluó el aumento de masa de producto cocido, utilizando la metodología 16 - 50 AACC (2000)

3.4.4.2.3 Pérdida de sólidos

Se evaluó la pérdida de sólidos en el agua de cocción, utilizando la metodología 16 - 50 AACC (2000)

3.4.4.3 Evaluación Sensorial

Se aplicó el análisis sensorial en todas las formulaciones de las pastas estudiadas, de acuerdo al método categórico de la Escala Hedónica. (Paredes B. y López B, 2018). Las pastas fueron evaluadas por 50 panelistas semi entrenados (entre hombres y mujeres) de indistintos grupos de edad, para poder determinar el nivel de aceptación de los "fideos en agua y sal". Las propiedades evaluadas fueron: color, olor, sabor y textura.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL MAÍZ AMARILLO

4.1.1 Caracterización del grano de maíz amarillo

4.1.1.1 Peso Hectolitro

- ✓ Peso de muestra en un volumen de 250 ml: 201.57 gr
- ✓ Peso hectolitro:

$$Peso\ Hectolitro = \frac{100 * (peso\ de\ la\ muestra\ en\ kg)}{\frac{1}{4}\ de\ litro\ (L)}$$

$$Peso\ Hectolitro = \frac{100 * (0.20157\ kg)}{0.25\ (L)}$$

$$Peso\ Hectolitro = 81.15\ \pm 0.004\ \ Kg/hL$$

El peso hectolítrico obtenido es de 81.15± 0.004 Kg/Hl, según la tabla 03. Tenemos un valor >75, por lo que el grano usado tiene una dureza alta, lo cual disminuye la posibilidad de que estos sean dañados por insectos y puedan soportar el tiempo de almacenamiento y comercialización.

Según Masagué (2004), los granos con calidad preferencial deben tener un peso hectolítrico ≥ 79 kg hL-1, en este caso el maíz amarillo alcanzó un peso Hectolitro de 81.15 ± 0.004 kg hL-1, indicando que el maíz empleado es de una buen calidad.

En la investigación de Sigcha A. (2017) donde investiga 3 híbridos del maíz, concluye que la variedad del maíz Pioneer 30K73 tiene el mayor peso hectolítrico con 79.38 Kg/Hl, mientras que en esta presente investigación fue de 81.15 ± 0.004 Kg/Hl, ligeramente superior, pudiendo ser debido a un buen manejo en la cosecha.

4.1.1.2 Granos dañados

Tabla 12.

Cantidad de granos de maíz amarillo sanos, alterados y materias extrañas

N° de Ruma	***Granos sanos***	***Granos alterados***			***Materias extrañas***
		Granos dañados		***Granos ardidos***	
		Partidos	***Infestados***		
1	89	4	2	5	Paja
2	95	1	2	2	Paja, piedritas
3	96	0	0	4	Paja
4	96	2	0	2	Paja
5	96	0	1	3	Paja
6	94	5	0	1	Paja, piedritas
7	97	0	1	2	Paja
8	93	1	1	5	Paja
9	91	3	5	1	N.A.
10	93	3	1	3	N.A.
Promedio	94±2.54	2.0±1.79	1.0±1.49	3.0±1.48	

Nota: La tabla nos indica la cantidad de granos sanos, partidos, infestados, ardidos y materiales extraños encontrados en 10 rumas de maíz amarillo.

Se considera que un grano está dañado cuando el deterioro es visible y por lo tanto es considerado como perjudicial si se utiliza para su venta o consumo (González, 1995), en este caso por ruma en promedio se encontró 2 granos infestados, 1 grano partido y 3 granos ardidos, con presencia de paja y piedras pequeñas.

El peso hectolitro nos representa la cantidad equivalente en kilos de un volumen de cien litros, entonces un bajo número de PH, es indicador de problemas sanitarios, pudriciones radiculares, ataques de enfermedades (Matus y Vega, 2004), mientras que los maíces secados de manera adecuada, con buen almacenamiento y buena conservación tienen mayor

peso Hectolitrico. (INTAGRI, 2016), entonces si comparamos el peso hectolitro obtenido (81.15 ± 0.004 kg hL-1) con el promedio de la tabla 03. Podemos ver que tienen relación, el tener un peso hectolitro elevado, da como resultado poca cantidad de granos dañados.

Tabla 13.

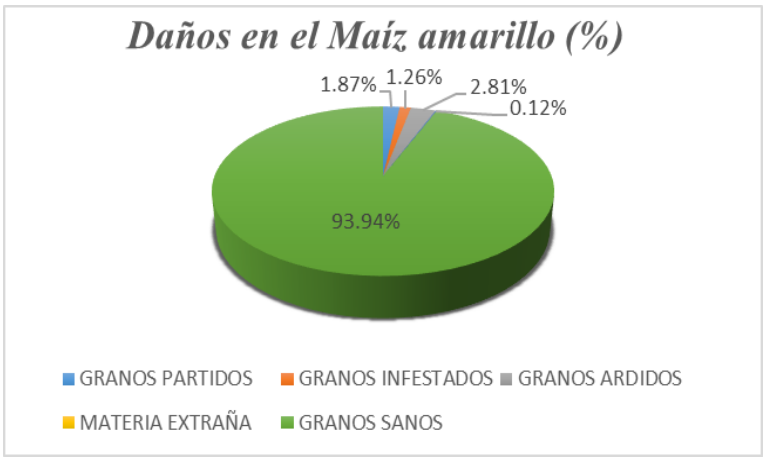
Muestreo del cuarteto de maíz amarillo (gramos)

N° De ruma	*Peso total (gr)*	*Granos enteros*	*Granos alterados*			*Materias extrañas*
			Granos dañados		*Granos chupados*	
			Partidos	*Infestados*		
1	45.05	40.05	1.8	0.9	2.25	0.05
2	31.12	29.45	0.31	0.62	0.62	0.12
3	47.06	45.12	0	0	1.88	0.06
4	47.05	45.12	0.94	0	0.94	0.05
5	44.05	42.24	0	0.44	1.32	0.05
6	41.13	38.54	2.05	0	0.41	0.13
7	50.01	48.5	0	0.5	1	0.01
8	39.02	36.27	0.39	0.39	1.95	0.02
9	43.02	39.13	1.29	2.15	0.43	0.02
10	42.02	39.06	1.26	0.42	1.26	0.02
Prom 1(g)	**42.953 ± 5.26**	**40.35 ± 5.35**	**0.8 ± 0.77**	**0.54 ± 0.64**	**1.21 ± 0.65**	**0.053 ± 0.04**
Prom 2(g)	**429.53 ± 5.26**	**403.48 ± 5.35**	**8.04 ± 0.77**	**5.42 ± 0.64**	**12.06 ± 0.65**	**0.53 ± 0.04**
Prom(%)	100 ± 5.26%	93.94 ± 5.35%	1.87 ± 0.77%	1.26 ± 0.64%	2.81 ± 0.65%	0.12 ± 0.04%

Nota: Tabla que nos representa el porcentaje en gramos, para 1000 granos de maíz amarillo, donde Prom 1= Promedio de las 10 rumas, Promedio 2=Promedio para 1000 granos y Prom (%) = Promedio en porcentaje para 1000granos

Figura 31.

Cantidad de los granos de maíz sanos, alterados y materias extrañas



Nota: En la gráfica se observa el promedio de las 10 rumas, con un 93.94±5.35% de granos enteros, 1.87±0.77% de granos partidos, 1.26±0.64% infestados, 2.81±0.65% de granos chupados y 0.12±0.04%% de materias extrañas

De acuerdo a la Norma de calidad para la comercialización el maíz (2019), si tenemos un peso hectolítrico mínimo 75, nos encontramos en la clasificación del grado 1, en el cual la tolerancia para granos dañados es del 3%, 2% de granos quebrados y de materias extrañas del 1%. En lo realizado no se sobrepasó la tolerancia permitida de materias extrañas y de granos partidos, mientras que para la tolerancia de granos dañados sí. Por ello antes de someter a un proceso de molienda, se debe realizar una limpieza de granos.

De acuerdo al Codex Alimentario (2019), nos dice que, para comercializar un maíz, no debe excederse de un Máximo 7.0% de granos dañados, manchados, partidos, máx 0.5 % de granos infectados, 6% de granos rotos y otros granos 2.0% todo realizado de manera visual; por lo tanto, de acuerdo a la tabla 13, no se excede con ningún parámetro límite de lo establecido.

4.1.2 Determinación de medidas biométricas

Las medidas biométricas del maíz amarillo están detalladas en la tabla 14.

Tabla 14.

Medidas biométricas del grano maíz amarillo

Grano	Medida	
	Longitud (mm)	Ancho (mm)
Maíz 1	8.4	5.3
Maíz 2	8.5	5.4
Maíz 3	8.6	5.4
Promedio	8.5 ± 0.1	5.4±0.23

Nota. La tabla nos indica la longitud y ancho (mm) en promedio obtenidos al medir varios granos de maíz amarillo

4.1.3 Obtención de la harina de maíz amarillo

4.1.3.1 Rendimiento harinero

El grano de maíz amarillo pasa por una molienda y un tamizado, para conseguir una harina bastante fina para elaborar pastas.

Tabla 15.

Rendimiento del maíz antes y después del proceso de molienda y tamizado

PARAMETRO	***INICIO***	***FINAL***
PESO (g)	1888.51	1566.64
RENDIMIENTO	82.96	
N° DE MALLA	0.8 mm	
N° DE TAMIZ	0.5 mm	

Nota: Tabla del rendimiento del maíz antes y después del proceso para harina.

Rendimiento harinero de acuerdo a la formula.

$$Rh = \frac{Peso\ de\ harina}{Peso\ de\ granos} * \frac{(100 - \%Hh)}{(100 - \%Hg)} * 100$$

$$Rh = \frac{5.0122}{5.8239} * \frac{(100 - 10.96\%)}{(100 - 13.12\%)} * 100$$

$$Rh = 88.2\%$$

Según la formula, del grano de maíz usado se obtiene un rendimiento de 88.2%, pero de acuerdo a un balance de materias el 82.96% fue el rendimiento real de la harina de maíz, un valor inferior a lo teórico pues no se consideran las pérdidas de materia prima en el interior del molino.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINAS

4.2.1 Caracterización proximal de harina de maíz amarillo, maca roja y trigo

En la tabla 16, se detallan los valores de la caracterización proximal de la harina de maíz amarillo, maca roja y trigo.

Tabla 16.

Composición proximal de la harina de maíz amarillo, maca roja y trigo

Proximales	*Harina de trigo*	*Harina de Maíz amarillo*	*Harina de Maca Roja*
Humedad (%)	12.61±0.09%	10.60±0.14%	5.50±0.02%
Ceniza (%)	2.57±0.11%	0.54±0.20%	2.62±0.09%
Grasa (%)	2.84±0.02%	4.48±0.05%	2.03±0.08%
Proteína (%)	11.40±0.03%	7.11±0.06%	14.12±0.06%
Fibra	0.87±0.10%	7.81±0.18%	5.44±0.12%
Carbohidratos (%)	69.70±0.08%	69.46±0.13%	70.29±0.11%

Nota. Tabla proximal de la harina de trigo, maíz amarillo y maca roja usadas.

4.2.2 Colorimetría de la harina de maíz amarillo, maca roja y trigo

Los valores de colorimetría de las harinas, se detallan en la tabla 17.

Tabla 17.

Colorimetría de la harina de maíz amarillo, maca roja y trigo

Atributos del color	*Harina de trigo*	*Harina de Maíz amarillo*	*Harina de Maca Roja*
Luminosidad	89.60±1.67	81.48±1.23	73.36±1.05
Cromosidad	9.66±2.45	38.30±1.45	19.77±0.98
Tonalidad	91.96±2.07	89.82±1.98	78.39±2.01

Nota. La tabla nos indica los atributos de color en la harina de trigo, maíz amarillo y maca roja usadas.

4.2.3 Caracterización granulométrica de la harina de maíz amarillo, maca roja y trigo

Las caracterizaciones granulométricas se detallan en las tablas 18,19 y 20.

Tabla 18.

Análisis granulométrico de la harina de maíz amarillo

N° de Tamices	*µm*	*Peso retenido (g)*	*Porcentaje Retenido*	*Porcentaje retenido acumulado*	*Porcentaje Pasante*
Tamiz 20	**850**	0,08	0,16	0,16	99,84
Tamiz 30	**600**	0,27	0,54	0,70	99,30
Tamiz 45	**355**	2,52	5,02	5,72	94,28
Tamiz 60	**250**	**32,78**	**65,35**	**71,07**	**28,93**
Tamiz 80	**180**	6,69	13,34	84,41	15,59
Tamiz 120	**125**	5,03	10,03	94,44	5,56
Base	**Fondo**	2,79	5,56	100,00	0,00
Total		50,16	100,00		

Nota: Tabla de granulometría para la harina de maíz amarillo, que indica el porcentaje retenido según el tamiz

Tabla 19.

Análisis granulométrico de la harina de maca roja

N° de Tamices	*µm*	*Peso retenido (g)*	*Porcentaje Retenido*	*Porcentaje retenido acumulado*	*Porcentaje Pasante*
Tamiz 20	**850**	0,08	0,16	0,16	99,84
Tamiz 30	**600**	0,22	0,43	0,59	99,41
Tamiz 45	**355**	0,25	0,49	1,08	98,92
Tamiz 60	**250**	3,90	7,68	8,76	91,24
Tamiz 80	**180**	**34,09**	**67,09**	**75,85**	**24,15**
Tamiz 120	**125**	9,71	19,11	94,96	5,04
Base	**Fondo**	2,56	5,04	100,00	0,00
Total		50,81	100,00		

Nota: Tabla de granulometría para la harina de maca roja, indicando el porcentaje retenido según el tamiz

4.2.4 Caracterización de la harina de trigo

Tabla 20.

Análisis granulométrico de la harina de trigo

	µm	*Peso retenido (g)*	*Porcentaje Retenido*	*Porcentaje retenido acumulado*	*Porcentaje Pasante*
Tamiz 20	**850**	0,20	0,39	0,39	99,61
Tamiz 30	**600**	0,55	1,09	1,48	98,52
Tamiz 45	**355**	1,60	3,16	4,64	95,36
Tamiz 60	**250**	2,86	5,64	10,28	89,72
Tamiz 80	**180**	**31,82**	**62,77**	**73,05**	**26,95**
Tamiz 120	**125**	3,35	6,61	79,66	20,34
Base	**Fondo**	10,31	20,34	100,00	0,00
	Total	50,69	100,00		

Nota: Tabla de granulometría para la harina de trigo, indicando el porcentaje retenido según el tamiz

La mayor cantidad de harina de trigo y maca roja, quedó retenida en el tamiz N°80, con 62.77% y 67.09 % respectivamente; mientras que la harina de maíz amarillo, el 65.35% quedó retenido en el tamiz N°60.

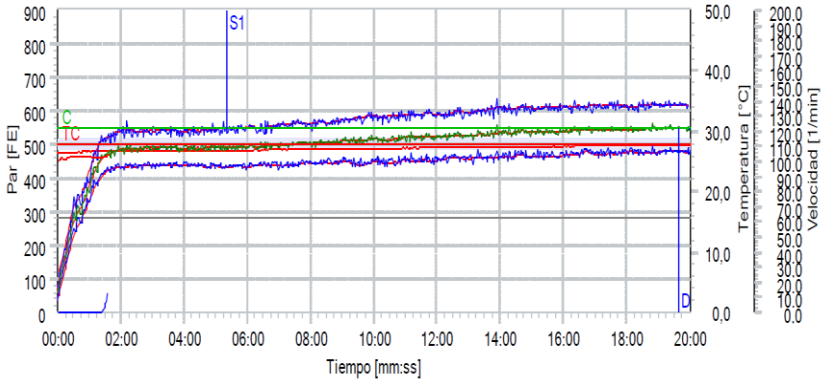
4.2.4.1 Caracterización reología de las masas

4.2.4.1.1 Farinografía

En la figura 32, se grafica la farinografía de la harina de trigo.

Figura 32.

Farinograma de la harina de trigo preparada



Nota. Representa el comportamiento de la harina de trigo preparada en el Farinografo Brabender.

Figura 33.

Evaluación del farinograma

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	25,8	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	19:40	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	550	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	57,3	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	58,1	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	05:23	StabilityArrival
S2	mm:ss	-/-	StabilityDeparture
S	mm:ss	-/-	Estabilidad
MTI	FE	-/-	Indice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	-/-	Número de calidad farinográfico
D	FE	6	Drop-off
TBD	mm:ss	-/-	Time to breakdown

Nota: Valores obtenidos del análisis de la harina de trigo preparada en el Farinografo Brabender

Tabla 21.

Análisis Farinográfico a la harina de trigo

C (FE)	%ABS	DDT (mm:ss)	S (mm:ss)
550	58.1	19:40	>20

Nota. El cuadro es un resumen de los datos principales de la harina de trigo, obtenidos en el Farinografo Brabender

En el gráfico mostrado, la masa de harina de trigo preparada logra alcanzar la consistencia de 550 FE, ligeramente mayor a la condición óptima de 500 FE, siendo este un indicador de una masa resistente y que ofrece una fuerza para la absorción de agua, en este caso un 58.1%

El tiempo de desenvolvimiento de la masa fue de 19:40 minutos, tiempo ideal para que la masa adquiera condiciones óptimas en su estructura física, característico de una masa para pastas.

Podemos ver que la curva de la mezcla no presenta una degradación del gluten, sino que esta se mantiene ligeramente constante con cierta elevación. Por lo que la harina de trigo preparada, amasada por casi 20 minutos con agua a 30°C no llega

a generar un decaimiento de la consistencia, lo cual es generado por los ingredientes ya incorporados como el bicarbonato de calcio y fosfato mono cálcico. Además, dentro del mixer (simulador de amasado) no se genera una fricción que eleve la temperatura y rompa los enlaces proteicos, para generar un desgaste en la curva.

Podemos observar que se tiene un tiempo de estabilidad de llegada al 5:23min (S1), tiempo en el cual la mezcla harina y agua llegaron a la consistencia especifica; por sus propiedades de harina preparada no se presenta una pérdida de tenacidad y extensibilidad a pesar que el tiempo de amasado fue prolongado, entonces no se obtendrá el valor para la estabilidad de partida (S2), por lo tanto, no es posible calcular una estabilidad final exacta (S) durante el tiempo dado de 20 minutos, solo asumir que la estabilidad de partida (S2) es mayor a 20 min.

Según Pizinatto, (1999) La estabilidad de la masa indica el periodo de tiempo en que la harina mantiene una consistencia especifica durante el amasado, lo que lleva a la clasificación de la muestra como de calidad fuerte.

Según Beltran et al. (2006) se menciona que las harinas fuertes tienen mayor estabilidad y consistencia durante el amasado, es decir la curva permanece durante un tiempo prolongado sobre la línea de torque 500 UF, a diferencia de una harina débil que su tiempo en la línea de 500 UF, es corto.

No se tiene un valor para el índice de tolerancia, pues en la curva no se registró una caída entre el punto más alto y los 5 minutos después de amasado, por lo que se asume una alta resistencia al mezclado.

Las harinas fuertes suelen tener un alto contenido proteico y se caracterizan por altos valores de absorción de agua y tiempo de desarrollo de la masa y baja tolerancia al mezclado (Bloksma; Bushuk, 1988; Dexter Et Al., 1981).

Durante la formación de la pasta, el gluten tiene una gran influencia en:

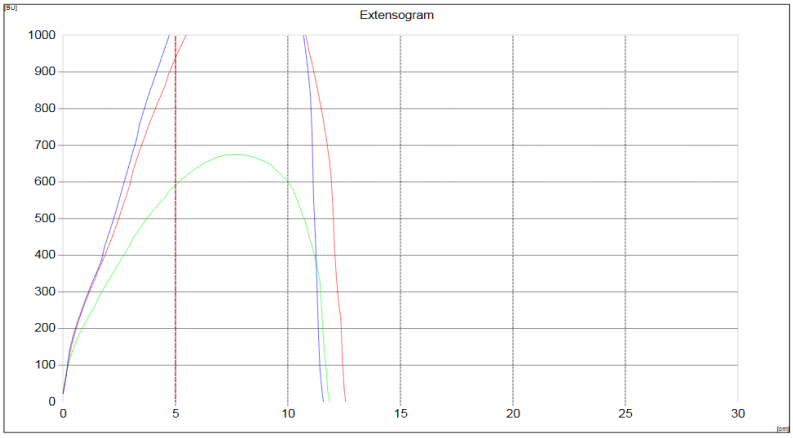
- ✓ Masa antiadherente
- ✓ Propiedades más estables de la masa durante el proceso
- ✓ Firmeza y dente de producto final cocido

4.2.4.1.2 Extensografía

En la figura 34, se grafica el extensograma de la harina de trigo.

Figura 34.

Extensografía de la harina de trigo preparada



Nota: En la gráfica se nos presenta 3 curvas, que representa la fermentación a tres tiempos 30 minutos (línea verde), 60 minutos (línea roja) y 90 minutos (línea azul).

Tabla 22.

Análisis Extensográfico a la harina de trigo

Tiempo (min)	R (BU)	E (mm)	M (BU)	Energía (cm^2)	R/E
30	593	119	675	105	5.0
60	944	126	1223	182	7.5
90	1067	117	1375	187	9.1

Nota. Resumen, donde R=Resistencia a la extensión (BU), E=Extensibilidad(mm), M= Resistencia Máxima (BU)

La harina de trigo preparada en los tres tiempos llega a sobrepasar los 500 BU, lo que se interpreta como una masa fuerte y resistente. Para los tiempos de fermentación de 30 min, 60 min y 90 min, fueron 593 BU, 944 BU y 1067 BU, respectivamente

Beltrán et al. (2014), muestra que los valores de resistencia mayores a 1000 (BU), da como resultado una harina maniobrable y fuerte.

La energía (cm^2) en su último tiempo de fermentación (90 min) se obtuvo un valor de 187 cm^2, mayor a las áreas obtenidas a los 30 min y 60 min de fermentación con 105 cm^2 y 182 cm^2 respectivamente. Mientras más grande sea el área, la energía y la fuerza de la masa aumentara mas (Nitzke, 2005)

En la primera fermentación (30 minutos), obtenemos una extensibilidad de 119mm, en la segunda fermentación (60 minutos), después de pasar por una primera deformación la extensibilidad es 126mm, generándose una reconstitución de la masa, siendo esta más elástica. En la tercera fermentación (90 minutos), la extensibilidad es de 117 mm, observándose que después de 3 deformaciones la elasticidad disminuye.

Según Nitzke (2005), la glutenina tiene un peso molecular elevado, forma enlaces disulfuro intra e intermoleculares, lo cual está relacionado con la extensibilidad.

Según Paucar M. *et al* (2008) Una extensibilidad de 100 mm equivale a una extensión correspondiente a 10 veces la longitud original de la masa, lo que confirma que la harina utilizada en los ensayos presenta excelentes características de resistencia mecánica. La resistencia de la harina es bastante alta, lo que permite obtener masa fresca de mejor calidad.

La conexion entre resistencia a la extensión y la extensibilidad fueron de 5.0, 7.5 y 9.1, respectivamente para cada tiempo. Según Nitzke, 2005, Si las cantidades empleadas son chicas, demuestra que más grande es la tendencia de la masa a estirarse y romperse,

pero si estos son valores altos la masa se estira y regresa a su estado original con mayor facilidad.

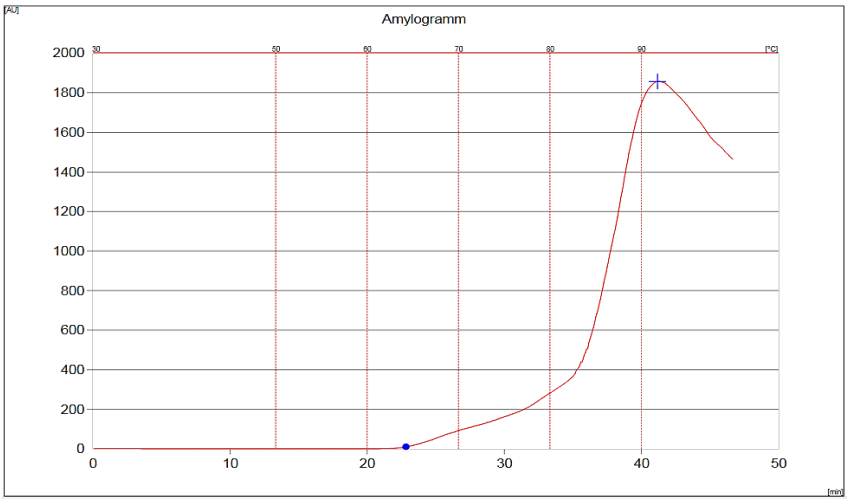
Los enlaces de hidrogeno y azufre, son importantes al formar la estructura del gluten, además su calidad también depende de la cantidad de enlaces proteicos, mientras mejores sean existirá una mejor extensibilidad y resistencia a la extensión. (Martínez et al., 1993) mencionado por (Das Graças, 2003)

Si la curva graficada es elevada nos indica una estabilidad buena, y estas unidas a un valor de energía alto, hace referencia a una harina fuerte. Por lo contrario, un valor pequeño de energía y una elevada extensibilidad, es indicador de una harina floja. Este tipo de harina es mayormente usada para la elaboración de galletas (Loli Jaen, L y Vásquez Lozano C, 2015)

4.2.4.1.3 Amilografía

Figura 35.

Amilograma de la harina de trigo preparada



Nota: El gráfico representa la curva del comportamiento de la harina de trigo preparada en el Amilografo Brabende, donde el inicio de la gelatinización, está representada por un punto azul, la temperatura de gelatinización con (+ azul) y máxima gelatinización (Eje y)

Tabla 23.

Análisis Amilográfico de la harina de trigo

Humedad (%)	T° inicio (°C)	T° de Gelatinización (°C)	Máx. grado de Gelatinización (AU)
14.7	64.3	91.8	1857

Nota. El cuadro muestra resumen de los datos principales de la harina de trigo, obtenidos en el amilografo Brabender

En la figura 35, se observa que la gelatinización empieza a 64.3 °C, llegando a una temperatura de gelatinización de 91.8°C, con un pico máximo de 1857 AU (Unidades amilográficas), finalmente fue disminuyendo la viscosidad alcanzando un valor de 1450 AU

La harina de trigo preparada alcanzó 1857 AU como pico máximo de gelatinización, superior a las harinas convencionales, por lo que podemos decir que la actividad de alfa-amilasa es poca pues la viscosidad presentada es elevada

Si en la curva graficada la gelatinización y el índice de retención de agua son elevadas, nos indica que tienen masa tiene la capacidad de retener el agua y que esta no queda libre, por lo tanto, en un producto de panificación se obtendría una corteza húmeda y si es todo lo contrario el producto obtenido es seco. (Gonzales y Pacheco, 2006)

La temperatura de gelatinización alcanzada fue de 91.8 °C. Según Calcaneo, (1991) La temperatura de gelatinización es un indicador del orden intragranular (asociación), mientras más grande sea dicho valor, más grande será el nivel de agrupación entre las macromoléculas dentro del granulo de almidón.

4.3 COMPUTO QUIMICO DE LAS FORMULACIONES

El contenido aminoacídico presente en las proteínas es evaluado mediante un patrón, el cual debe ser mayor al 70% (recomendado por la FAO/OMS), ya que existen aminoácidos que no pueden ser generados por nuestro organismo, los cuales son absorbidos a través de la ingesta de alimentos, ayudando a mejorar en gran escala el sistema inmunológico, la reparación de tejidos y oxigenación de nuestro organismo (Huayna, 2016). Según la tabla 42, el complejo aminoacídico de las proteínas en la harina trigo presenta un déficit en lisina, al que se le conoce como aminoácido limitante por ser menor a lo presentado en la proteína Patrón de Categoría Adultos (WHO/FAO/UNU, 2007). Según Repo-Carrasco (2009), afirma que se pueden sustituir los cereales con otro tipo de alimento, como leguminosas y tubérculos con el fin de resarcir las carencias de algunos aminoácidos esenciales, por lo que se empleó Harina Maca Roja y Harina de Maíz (ver tabla 79), La tabla 24 expresa el computo aminoacídico para las formulaciones del planteamiento experimental DCCR 2^2, donde el aminoácido limitante lisina se encuentra mínimamente por debajo de lo establecido por la FAO en la formulación 7, mientras que los aminoácidos restantes cumplen satisfactoriamente con lo requerido.

Tabla 24.

Cómputo Químico de las Formulaciones del Planteamiento Experimental para las Harinas de Harina de Trigo, Maíz y Maca Roja

		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	Patrón FAO aminoácidos (mg/g Proteínas)
FORMULACIONES (%)	Harina de Trigo	89	82	82	75	87	77	87	77	82	82	82	-
	Harina de Maíz	7.5	14.5	7.5	14.5	6	16	11	11	11	11	11	-
	Harina de Maca Roja	3.5	3.5	10.5	10.5	7	7	2	12	7	7	7	-
SCORE QUIMICO (%)	Isoleucina	119	120	122	123	120	122	119	123	121	121	121	30
	Leusina	128	135	131	137	128	137	131	134	133	133	133	59
	Lisina	70	70	74	74	72	72	69	75	72	72	72	45
	Met. + Cistina	192	191	187	186	190	189	193	186	189	189	189	22
	Femil. + Cistina	207	208	198	199	202	204	210	197	203	203	203	38
	Trionina	137	140	138	140	137	140	138	139	139	139	139	23
	Triptofano	187	181	173	167	181	173	187	167	177	177	177	6
	Valina	124	125	130	130	127	127	123	131	127	127	127	39
	Histidina	232	228	238	234	236	230	229	237	233	233	233	15

Nota. La tabla representa el computo aminoacídico que compara porcentualmente la composición de los aminoácidos de una proteína Patrón de Categoría Adultos (WHO/FAO/UNU, 2007) con las formuladas con el planteamiento

4.4 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS PASTAS

4.4.1 Análisis fisicoquímicos

Los resultados fisicoquímicos de las pastas elaboradas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y harina de maíz, se detallan en la tabla 25.

Tabla 25.

Evaluación fisicoquímica en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Formulaciones	Harina de Maíz	Harina de Maca Roja	Harina de Maíz (%)	Harina de Maca Roja (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Color Instrumental		
							Luminosidad	Cromaticidad	Ángulo de Tonalidad
1	-1	-1	7.5	3.5	12.08	2.11	76.99	55.88	78.7
2	1	-1	14.5	3.5	11.89	2.77	74.2	56.23	78.1
3	-1	1	7.5	10.5	12.51	2.54	68.08	63.05	76.57
4	1	1	14.5	10.5	12.43	3.2	72.21	63.74	76.72
5	-α	0	6	7	12.34	2.18	71.14	63.83	77.52
6	+α	0	16	7	12.15	3.12	72.24	65.16	78.9
7	0	-α	11	2	11.94	2.34	76.18	52.97	77.16
8	0	+α	11	12	12.67	2.98	70.1	59.78	77.53
9	0	0	11	7	12.22	2.84	75.18	58.8	79.97
10	0	0	11	7	12.22	2.85	75.17	58.83	79.94
11	0	0	11	7	12.22	2.85	75.16	58.82	79.95
Control					11	0.81	87.35	28.17	87.54

Nota. La tabla representa los resultados del análisis fisicoquímico de las pastas alimenticias para las variables dependientes: proteína, fibra y color instrumental.

4.4.1.1 Proteínas

El análisis de composición perteneciente del porcentaje de proteínas contenidas en las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% – 16%) y harina de maca (2% – 12%) se detallan en la tabla 25.

Los resultados conseguidos muestran a la formulación T8 como el valor más alto de 12.67% para el contenido de proteínas, así mismo se estima que cada formulación evaluada posee mayor cantidad de proteínas que el tratamiento control elaborada solamente con harina de trigo (tabla 25).

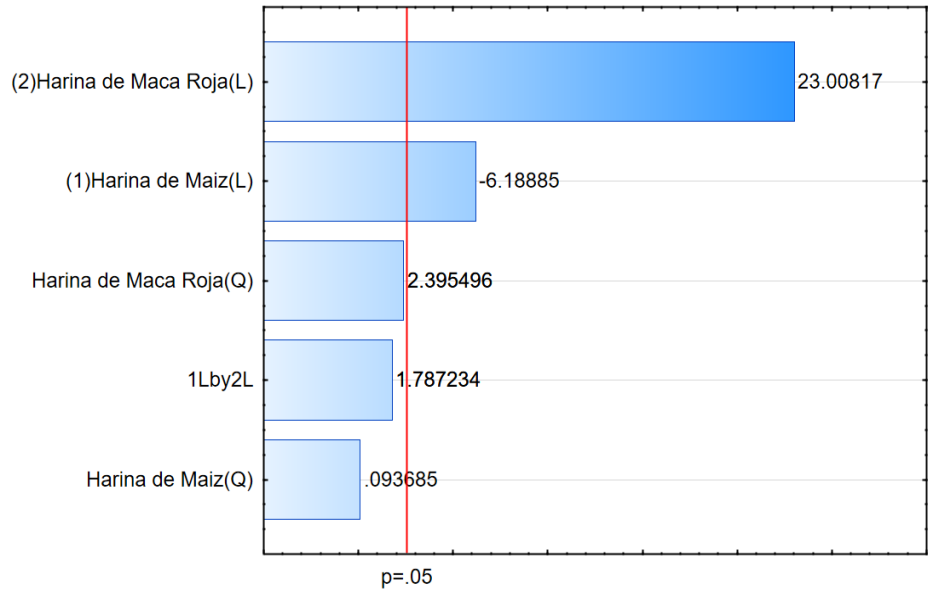
Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable proteína en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Considerándose para esta variable, 2 efectos con valor $P<0.05$, evidenciando que son significativamente distintos a cero con un grado de confianza del 95.0%.

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable Proteína, resultando tener un valor de 99.14%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación se logran ajustar al método de regresión, consiguiendo la formación de una superficie de respuesta de modelo cuadrático.

En el análisis de varianza (ANOVA) se muestra que el ajuste que define la variable proteína, se encuentra en función de las variables independientes estudiadas, el cual es presentado por un valor $p<0.05$; donde el factor lineal Harina de maíz (L1), presenta un valor p de 0.001606 y el factor lineal de la harina de maca roja (Q1) presenta un valor $p<0.05$ de 0.000003, lo cual expresa que ambos factores repercuten en el contenido de proteína para cada tratamiento de las pastas obtenidas (ver tabla 44)

Figura 36.

Gráfico de Pareto para proteínas en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa al termino lineal de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja como significativas ($p<0.05$)

La estadística R-Cuadrado indica la relación de las variables independientes Harina de Maca Roja y Harina de Maíz ajustada a un modelo cuadrático, expresada en la ecuación de regresión que se ajusta a los valores obtenidos en la tabla 45. La ecuación que representa el modelo ajustado es:

$$\textbf{Proteínas (\%)} = 12.2389 - 0.037x + 0.000098x^2 + 0.0115y + 0.00249y^2 + 0.0022xy \ldots (1)$$

Donde:

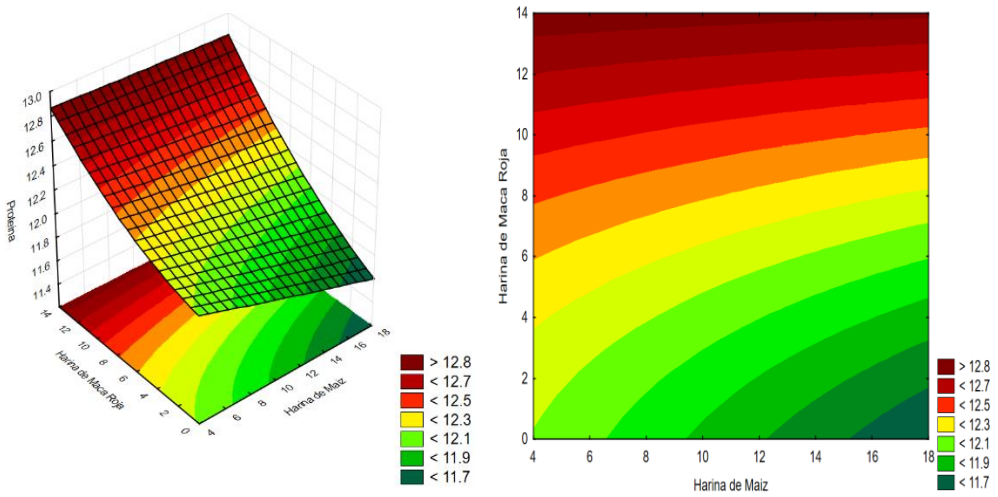
X = Harina de Maíz (%)

Y = Harina de Maca Roja (%).

Como resultado de la ecuación cuadrática modelada por el programa STATISTICA, se realizan gráficos de superficie respuesta y de contorno, analizando el comportamiento de nuestros valores y encontrar el porcentaje de proteínas óptimo en las pastas alimenticias.

Figura 37.

Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para proteínas en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. La figura muestra la gráfica de la superficie respuesta y grafico de contorno para la variable dependiente proteína.

La figura 37 expresa que según sea el reemplazo de la cantidad de harina de trigo por harina de Maca Roja y harina de Maíz en la ecuación (1) se incrementa el contenido de proteínas presente en las pastas obtenidas, siendo los valores más altos las regiones donde la harina de Maíz posee de 14 a 16% y donde la harina de maca posee de 10 a 12%. Según lo reportado por Torres. E (2014) la pasta mejor optimizada fue evaluada obteniéndose 12.2% de proteína, así mismo según lo reportado por Castillo R. y Olivos A. (2018) la pasta con mejor formulación sensorial y fisicoquímica posee 11.17% de proteínas, por lo cual se asume que los valores de proteínas evaluados en la tabla 25 (12.22 ± 0.03%) se encuentran dentro de los parámetros que debe de tener una pasta reemplazada parcialmente por harina de trigo.

4.4.1.2 Fibra

El análisis de composición perteneciente del porcentaje de fibra contenidas en las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% – 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 25.

Los resultados conseguidos muestran a la formulación T4 como el valor más alto de 3.20% para el contenido de fibra, así mismo se estima que cada formulación evaluada posee mayor cantidad de fibra que el tratamiento control elaborada solamente con harina de trigo (tabla 25).

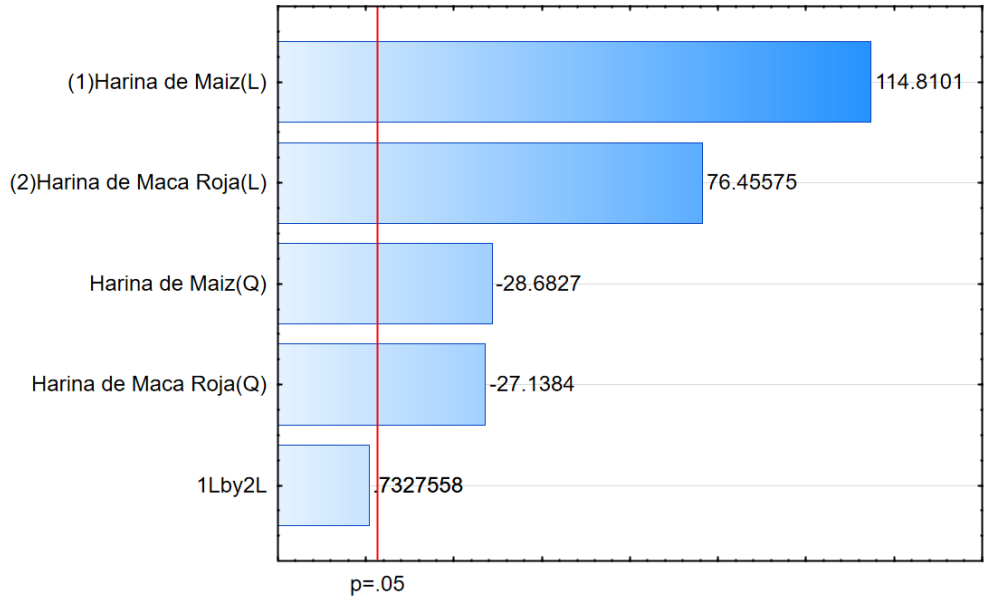
Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable fibra en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos confrontando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Considerándose para esta variable, 4 efectos con valor $P<0.05$, evidenciando que son significativamente distintos a cero con un grado de confianza del 95.0%.

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable fibra, resultando tener un valor de 99.99%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación se logran ajustar al método de regresión, consiguiendo la formación de una superficie de respuesta de modelo cuadrático.

En el análisis de varianza (ANOVA) se muestra que el ajuste que define la variable fibra, se encuentra en función de las variables independientes estudiadas, el cual es presentado por un valor $p<0.05$, donde los factores lineales Harina Maca Roja (Q1) presenta un valor $p<0.05$ de 0.000001 y la Harina de Maíz (L1) tiene un valor $p<0.05$ de 0.000001, además presentan factores cuadráticos para la Harina de Maca Roja con un valor $p<0.05$ de 0.000001 y la Harina de Maíz con un valor $p<0.05$ de 0.000001; lo cual expresa que ambos factores repercuten en el contenido de fibra para cada tratamiento de las pastas obtenidas (ver tabla 46)

Figura 38.

Gráfico de Pareto para fibra en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa al termino lineal y cuadrático de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja como significativas ($p<0.05$)

La estadística R-Cuadrado indica la relación de las variables independientes Harina de Maca Roja y Harina de Maíz ajustada a un modelo cuadrático, expresada en la ecuación de regresión que se ajusta a los valores obtenidos en la tabla 47. La ecuación que representa el modelo ajustado es:

$$\textbf{Fibra (\%)} = 0.0626 + 0.26703x + 0.0079x^2 + 0.16513y + 0.007506y^2 + 0.002441xy \quad \textbf{....(2)}$$

Donde:

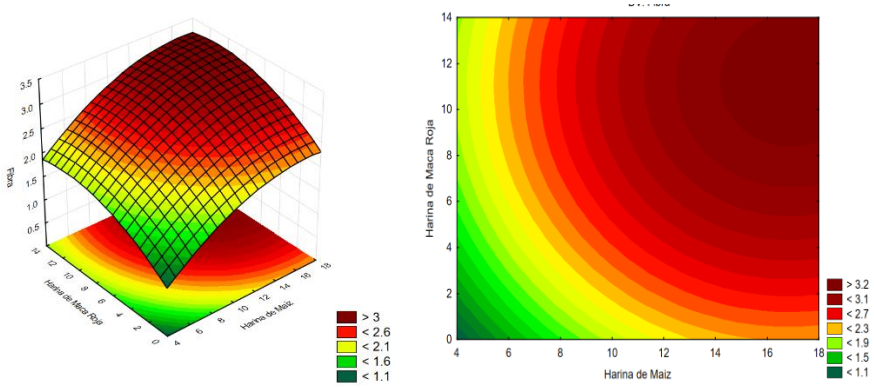
X = Harina de Maíz (%)

Y = Harina de Maca Roja (%).

Como resultado de la ecuación cuadrática modelada por el programa STATISTICA, se realizan gráficos de superficie respuesta y de contorno, analizando el comportamiento de nuestros valores y encontrar el porcentaje de fibra óptimo en las pastas alimenticias.

Figura 39.

Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para fibra en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. La figura muestra la gráfica de la superficie respuesta y gráfico de contorno para la variable dependiente fibra.

En la figura 39 se observa la gráfica de la superficie de respuesta para la variable fibra, en donde se aprecia que mientras más se reemplaza la cantidad de harina de trigo por harina de Maíz y Maca Roja se aumenta el porcentaje de fibra presente en las pastas obtenidas; indicándose también en la gráfica de contorno que en las áreas de las variables harina de Maíz (14 a 16%) y harina de maca (10 a 12%) poseen los valores más elevados para fibra en las pastas presentadas. Según los resultados de Castillo R. y Olivos A. (2018) la pasta con mejor formulación sensorial y fisicoquímica posee 0.5% de fibra, así mismo según los resultados de Afaray A. (2014) la pasta optima elaborada presenta 1.63% de fibra, por lo cual se asume que los valores de fibra evaluados en la tabla 25 (2.85 ± 0.01%) se encuentra dentro de los parámetros que debe de tener una pasta con sustitución parcial de harina de trigo.

4.4.1.3 Colorimetría

4.4.1.3.1 Luminosidad

El análisis instrumental del color está representada a través de la luminosidad contenida en las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 25.

Los resultados conseguidos muestran a la formulación T1 muestra el valor más alto de 76.99, lo que indica una luminosidad con tendencia al color blanco. Con respecto a la pasta control (100% harina de trigo) presentó un valor de 87.35; el cual se encuentra fuera de los valores mencionados, pero con mayor proximidad al color blanco. (tabla 25).

Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable luminosidad en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Considerándose para esta variable, 4 efectos con valor $P<0.05$, evidenciando que son significativamente distintos a cero con un grado de confianza del 95.0%.

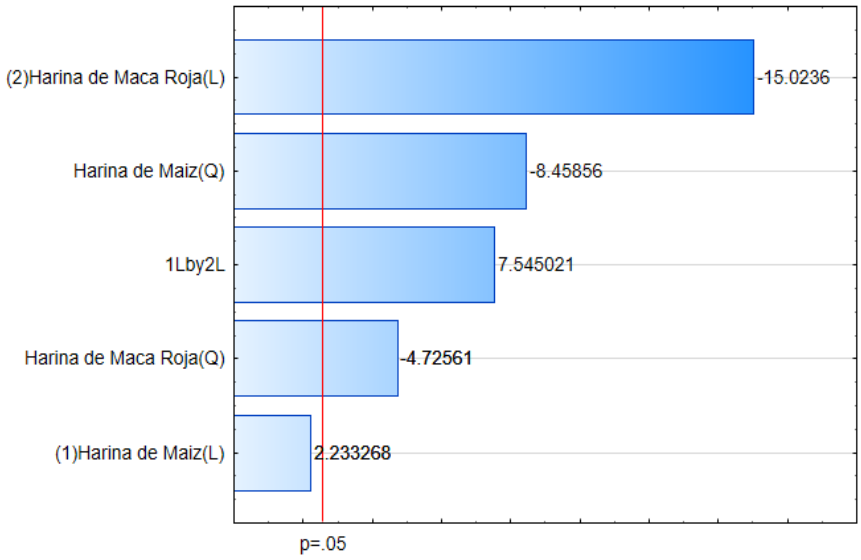
El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable luminosidad, resultando tener un valor de 98.65%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación se logran ajustar al método de regresión, consiguiendo la formación de una superficie de respuesta de modelo cuadrático.

En el análisis de varianza (ANOVA) se muestra que el ajuste que define la variable luminosidad, se encuentra en función de las variables independientes estudiadas, el cual es presentado por un valor $p<0.05$; donde el factor lineal Harina de Maca roja (L2) presenta un $p<0.05$ de 0.000024, también presentan factores cuadráticos para la Harina de

Maca Roja con un valor p<0.05 de 0.005216 y la Harina de Maíz con un valor p<0.05 de 0.000379; así mismo la interacción entre L1 con L2 con un valor p<0.05 de 0.000648, lo cual expresa que ambos factores repercuten en el contenido de luminosidad para cada tratamiento de las pastas obtenidas (ver tabla 48)

Figura 40.

Gráfico de Pareto para luminosidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa al termino lineal, cuadrático e interacción de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja como significativas (p<0.05)

La estadística R-Cuadrado indica la relación de las variables independientes Harina de Maca Roja y Harina de Maíz ajustada a un modelo cuadrático, expresada en la ecuación de regresión que se ajusta a los valores obtenidos en la tabla 49. La ecuación que representa el modelo ajustado es:

$$\textbf{Luminosidad} = 70.2645 - 2.0057x - 0.1314x^2 - 1.2179y + 0.0734y^2 + 0.1412xy \ldots \quad (3)$$

Donde:

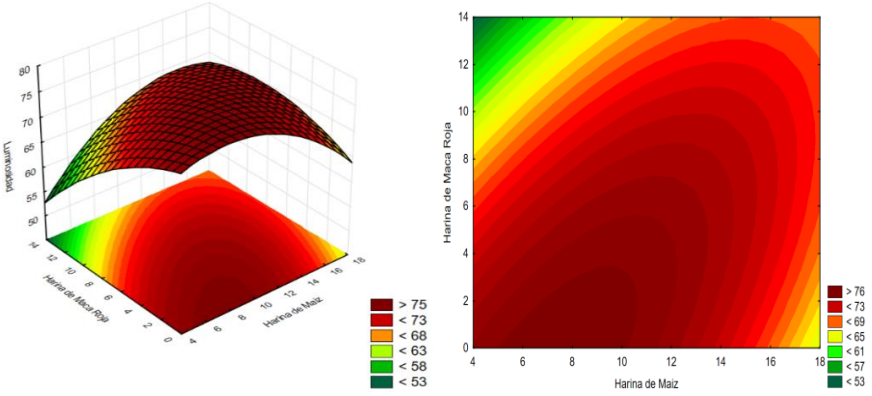
X = Harina de Maíz (%)

Y = Harina de Maca Roja (%).

Como resultado de la ecuación cuadrática modelada por el programa STATISTICA, se realizan gráficos de superficie respuesta y de contorno, analizando el comportamiento de nuestros valores y encontrar el grado de luminosidad optimo en las pastas alimenticias.

Figura 41.

Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para la luminosidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. La figura muestra la gráfica de la superficie respuesta y gráfico de contorno para la variable dependiente luminosidad

En la figura 41 se aprecia que mientras más se reemplace la cantidad de harina de trigo por harina de Maca Roja y harina de Maíz en la ecuación (3) disminuye el grado de luminosidad (tendencia al oscurecimiento) en las pastas obtenidas, siendo los valores más altos las regiones donde la harina de Maíz posee de 4 a 10% y donde la harina de maca posee de 0 a 2%. Según lo reportado por Pantoja T. y Prieto R, (2014) se obtienen pastas con valores de luminosidad de 91±1, así mismo según los reportado por Leyva G. (2015) se obtienen pastas con valores de luminosidad de 73±2, por lo cual se asume que los valores de luminosidad evaluados en la tabla 25 (75.17 ± 0.08) se encuentran dentro de los parámetros para una pasta con sustitución parcial de harina de trigo.

4.4.1.3.2 Cromaticidad

El análisis instrumental del color está representada a través de la cromaticidad contenida en las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 25.

Los resultados conseguidos muestran a la formulación T6 como el valor más alto con 65.16, lo que indica una cromaticidad con saturación media. Con respecto a la pasta control (100% harina de trigo) presentó un valor de 28.17; el cual se encuentra fuera de los valores mencionados, pero con mayor proximidad a una saturación más descolorida y gris (tabla 25).

Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable cromaticidad en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Considerándose para esta variable, 3 efectos con valor $P<0.05$, evidenciando que son significativamente distintos a 0 con un grado de confianza del 95.0%.

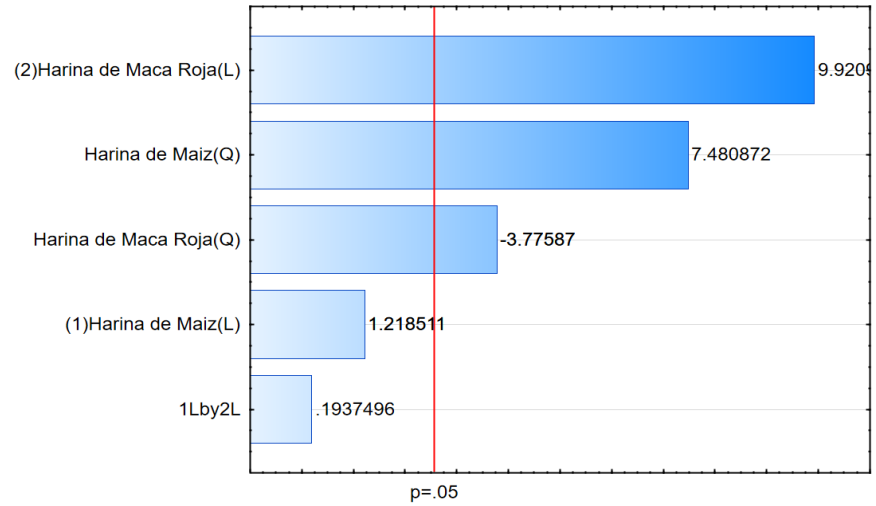
El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable cromaticidad, resultando tener un valor de 97.51%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación se logran ajustar al método de regresión, consiguiendo la formación de una superficie de respuesta de modelo cuadrático.

En el análisis de varianza (ANOVA) se muestra que el ajuste que define la variable cromaticidad, se encuentra en función de las variables independientes estudiadas, el cual es presentado por un valor $p<0.05$; donde el factor lineal Harina de Maca roja (L2) presenta un $p<0.05$ de 0.000178, también presentan factores cuadráticos para la Harina de Maca Roja con un valor $p<0.05$ de 0.012945 y la Harina de Maíz con un valor $p<0.05$ de 0.000674, lo cual expresa que ambos factores

repercuten en el contenido de cromaticidad para cada tratamiento de las pastas obtenidas (ver tabla 50)

Figura 42.

Gráfico de Pareto para cromaticidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa al termino lineal y cuadrático de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja como significativas ($p<0.05$)

La estadística R-Cuadrado indica la relación de las variables independientes Harina de Maca Roja y Harina de Maíz ajustada a un modelo cuadrático, expresada en la ecuación de regresión que se ajusta a los valores obtenidos en la tabla 51. La ecuación que representa el modelo ajustado es:

$$\textbf{Cromaticidad} = 73.0156 - 4.6916x + 0.2159x^2 + 2.3003y - 0.1089y^2 + 0.0067xy \quad \textbf{…..(4)}$$

Donde:

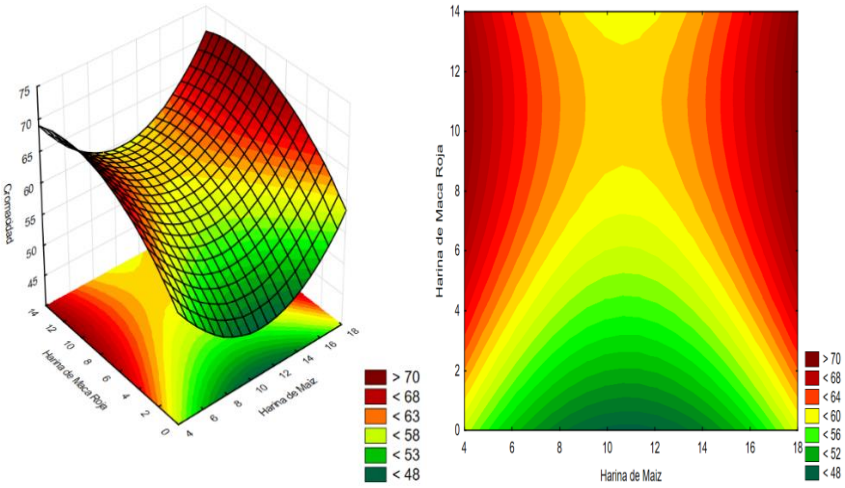
X = Harina de Maíz (%)

Y = Harina de Maca Roja (%).

Como resultado de la ecuación cuadrática modelada por el programa STATISTICA, se realizan gráficos de superficie respuesta y de contorno, analizando el comportamiento de nuestros valores y encontrar el grado de cromaticidad óptima en las pastas alimenticias.

Figura 43.

Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para la cromaticidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. La figura muestra la gráfica de la superficie respuesta y gráfico de contorno para la variable dependiente cromaticidad,

En la figura 43 se aprecia que mientras más se reemplace la cantidad de harina de trigo por harina de Maca Roja y harina de Maíz en la ecuación (3) aumenta el grado de cromaticidad (color saturado) en las pastas obtenidas, siendo los valores más altos las regiones donde la harina de Maíz posee de 14 a 16% y donde la harina de maca posee de 10 a 12%. Según los resultados de Pantoja T. y Prieto R, (2014) se obtienen pastas con valores de cromaticidad de 21±1, así mismo según lo reportado por Mejía R. y Quintanilla J. (2018) se obtienen pastas con valores de cromaticidad de 16±2, por lo cual se asume que los valores de cromaticidad evaluados en la tabla 25 (58.82 ± 0.05) se encuentra alejada levemente de los parámetros para una pasta reemplazada parcialmente por harina de trigo.

4.4.1.3.3 Ángulo de Tonalidad

El análisis instrumental del color está representada a través del Ángulo de tonalidad contenida en las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 25.

Los resultados conseguidos muestran a la formulación T9 como el valor más alto con 79.97, lo que indica una tonalidad amarillenta. Con respecto a la pasta control (100% harina de trigo) presentó un valor de 87.54; el cual se encuentra fuera de los valores mencionados, pero dentro del rango de la tonalidad amarilla. (tabla 25).

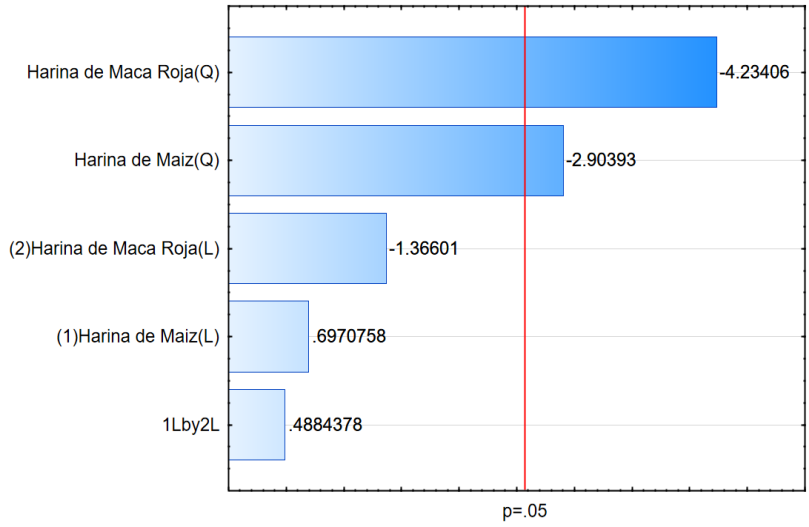
Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable ángulo de tonalidad en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Considerándose para esta variable, 2 efectos con valor $P<0.05$, evidenciando que son significativamente distintos a 0 con un grado de confianza del 95.0%.

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable ángulo de tonalidad, resultando tener un valor de 82.40%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación se logran ajustar al método de regresión, consiguiendo la formación de una superficie de respuesta de modelo cuadrático.

En el análisis de varianza (ANOVA) se muestra que el ajuste que define la variable ángulo de tonalidad, se encuentra en función de las variables independientes estudiadas, el cual es presentado por un valor $p<0.05$; donde los factores cuadráticos Harina de Maca roja(Q2) presenta un $p<0.05$ de 0.008216 y la Harina de Maíz(Q1) presenta un valor $p<0.05$ de 0.033637, lo cual expresa que ambos factores repercuten en el ángulo de tonalidad para cada tratamiento de las pastas obtenidas (ver tabla 52)

Figura 44.

Gráfico de Pareto para el Ángulo de tonalidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa al termino cuadrático de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja como significativas ($p<0.05$)

La estadística R-Cuadrado indica la relación de las variables independientes Harina de Maca Roja y Harina de Maíz ajustada a un modelo cuadrático, expresada en la ecuación de regresión que se ajusta a los valores obtenidos en la tabla 53. La ecuación que representa el modelo ajustado es:

$$\textbf{Angulo de Tonalidad} = 66.7371 + 1.6085x - 0.07554x^2 + 1.2682y - 0.1101y^2\ 0.01531xy \ldots..(5)$$

Donde:

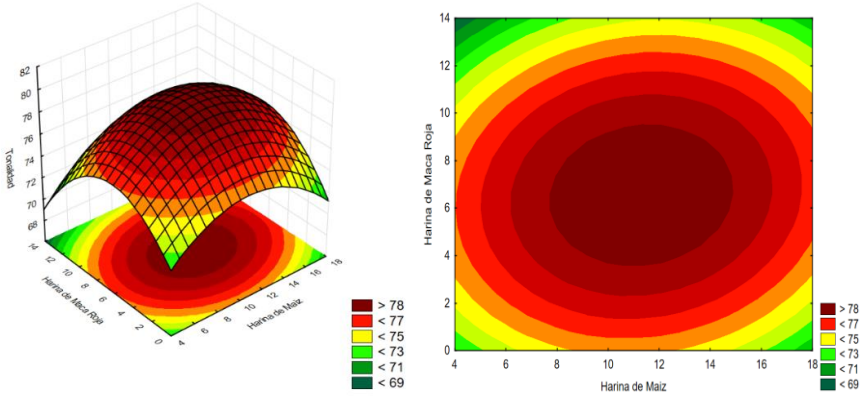
X = Harina de Maíz (%)

Y = Harina de Maca Roja (%).

Como resultado de la ecuación cuadrática modelada por el programa STATISTICA, se realizan gráficos de superficie respuesta y de contorno, analizando el comportamiento de nuestros valores y encontrar el Ángulo de tonalidad óptima en las pastas alimenticias.

Figura 45.

Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para el Ángulo de tonalidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. La figura muestra la gráfica de la superficie respuesta y gráfico de contorno para la variable dependiente ángulo de tonalidad

En la figura 45 se aprecia que conforme se sustituye la cantidad de harina de trigo por harina de Maca Roja y harina de Maíz en la ecuación (5) aumenta el grado de tonalidad (amarillenta) en las pastas obtenidas, siendo los valores más altos las regiones centrales donde la harina de Maíz posee de 10 a 12% y donde la harina de maca posee de 4 a 8%. Según los resultados de Pantoja T. y Prieto R, (2014) se obtienen pastas con valores del Angulo de tonalidad de 88.6±1, así mismo según los resultados de Leyva G. (2015), se obtienen pastas con valores para el Ángulo de tonalidad de 98±2, por lo cual se asume que los valores del Ángulo de tonalidad evaluados en la tabla 25 (79.95±0.03) se encuentran dentro de los parámetros para una pasta reemplazada parcialmente por harina de trigo, con una tendencia al color amarillento en todas las investigaciones.

4.4.2 Análisis para la pasta cocida

La evaluación para las pastas cocidas elaboradas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y harina de maíz, se detallan en la tabla 26.

Tabla 26.

Evaluación para pastas alimenticias cocidas con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Formulaciones	Harina de Maíz	Harina de Maca Roja	Harina de Maíz (%)	Harina de Maca Roja (%)	Tiempo de Cocción	Aumento de Masa (%)	Pérdida de sólidos (%)	Textura Instrumental (mJ)
1	-1	-1	7.5	3.5	7	3.49	0.86	3.74
2	1	-1	14.5	3.5	7.3	3.37	1.32	2.45
3	-1	1	7.5	10.5	7.5	3.41	1.33	2.76
4	1	1	14.5	10.5	8.3	3.34	1.13	1.85
5	-α	0	6	7	7.1	3.15	1.39	3.86
6	+α	0	16	7	7.5	2.74	0.79	3.09
7	0	-α	11	2	6.45	2.7	0.82	4
8	0	+α	11	12	9.5	2.03	0.78	3.35
9	0	0	11	7	9	2.7	0.97	3.58
10	0	0	11	7	9	2.7	0.97	3.54
11	0	0	11	7	9	2.7	0.97	3.58
Control					6.3	3.61	0.84	3.11

Nota. La tabla representa los resultados del análisis de las pastas cocidas para las variables dependientes: tiempo de cocción. Aumento de masa, perdida de sólidos y textura instrumental.

4.4.2.1 Tiempo de cocción

El análisis fisicoquímico realizado a través del tiempo de cocción en las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 26.

Los resultados conseguidos muestran a la formulación T8 como el valor más alto con 9.5 minutos para tiempo de cocción. Con respecto a la pasta control (solamente harina de trigo) presentó un valor de 6.30; el cual se encuentra fuera de los valores mencionados. (tabla 26).

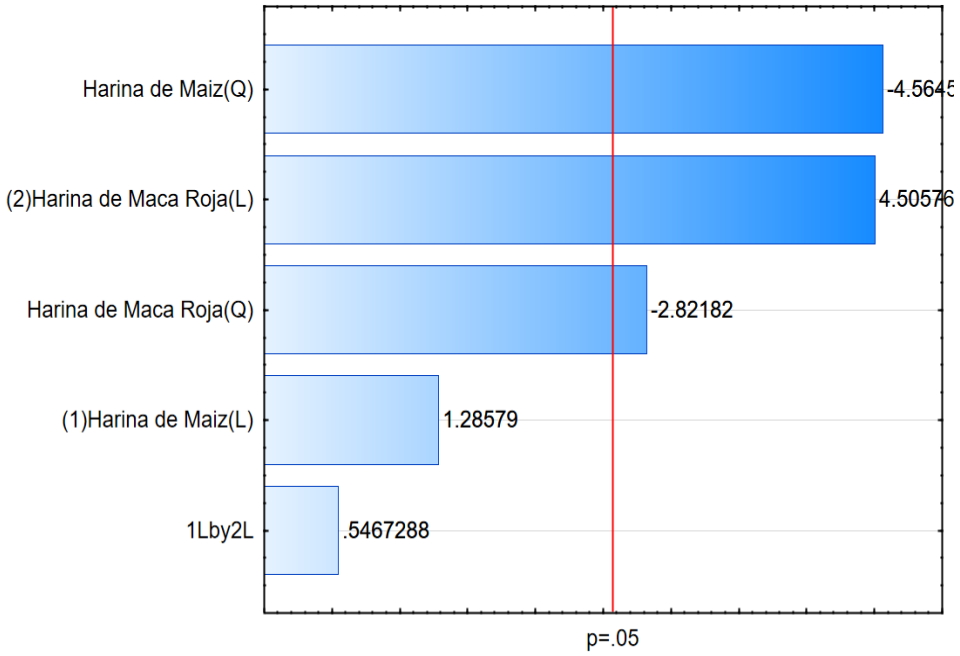
Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable tiempo de cocción en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Considerándose para esta variable, 3 efectos con valor $P<0.05$, evidenciando que son significativamente distintos a 0 con un grado de confianza del 95.0%.

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable tiempo de cocción, resultando tener un valor de 90.07%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación se logran ajustar al método de regresión, consiguiendo la formación de una superficie de respuesta de modelo cuadrático.

En el análisis de varianza (ANOVA) se muestra que el ajuste que define la variable tiempo de cocción, se encuentra en función de las variables independientes estudiadas, el cual es presentado por un valor $p<0.05$; el factor lineal Harina de Maca roja(L2) presenta un $p<0.05$ de 0.006366, también se presentan factores cuadráticos para la Harina de Maca Roja(Q2) con un valor $p<0.05$ de 0.037029 y la Harina de Maíz(Q1) con un valor $p<0.05$ de 0.006032, lo cual expresa que ambos factores repercuten en el tiempo de cocción para cada tratamiento de las pastas obtenidas (ver tabla 54)

Figura 46.

Gráfico de Pareto para el tiempo de cocción en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa al termino lineal y cuadrático de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja como significativas ($p<0.05$)

La estadística R-Cuadrado indica la relación de las variables independientes Harina de Maca Roja y Harina de Maíz ajustada a un modelo cuadrático, expresada en la ecuación de regresión que se ajusta a los valores obtenidos en la tabla 55. La ecuación que representa el modelo ajustado es:

$$\textbf{Tiempo de cocción} = -3.0147 + 1.5435x - 0.07072x^2 + 0.70688y - 0.0437y^2 + 0.0102xy \ldots\ldots (8)$$

Donde:

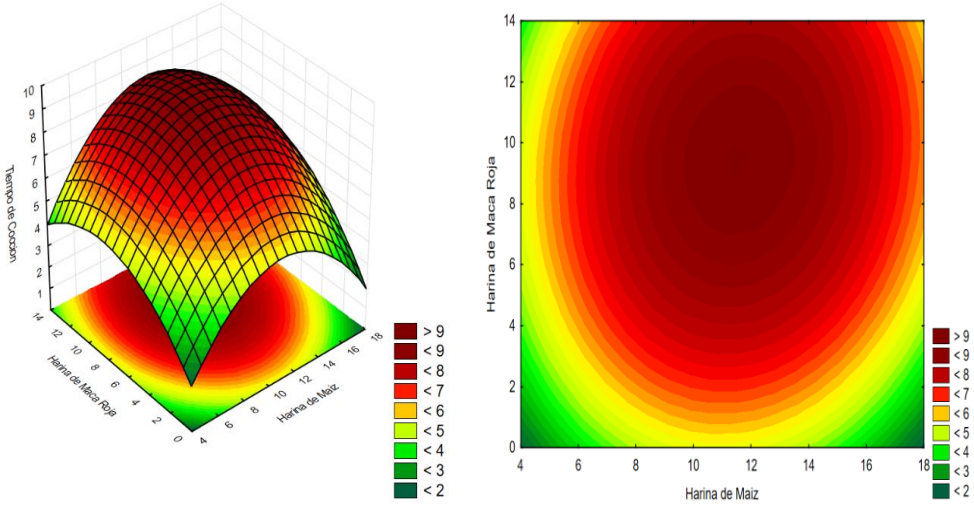
X = Harina de Maíz (%)

Y = Harina de Maca Roja (%).

Como resultado de la ecuación cuadrática modelada por el programa STATISTICA, se realizan gráficos de superficie respuesta y de contorno, analizando el comportamiento de nuestros valores y encontrar el tiempo de cocción optimo en las pastas alimenticias.

Figura 47.

Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para el tiempo de cocción en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. La figura muestra la gráfica de la superficie respuesta y gráfico de contorno para la variable dependiente tiempo de cocción.

En la figura 47 se aprecia que conforme se sustituye la cantidad de harina de trigo por harina de Maca Roja y harina de Maíz en la ecuación (5) aumenta el tiempo de cocción en las pastas obtenidas, siendo los valores más altos las regiones centrales donde la harina de Maíz posee de 10 a 12% y donde la harina de maca posee de 8 a 10%. Según los resultados de Alvarez L. y Avalos Y. (2019) la pasta más aceptable obtuvo un tiempo de cocción de 11 minutos, así se obtienen pastas con tiempo de cocción de 13±1 minutos, por lo cual se asume que los valores de tiempo de cocción evaluados en la tabla 26 (9±1 minutos) se encuentran levemente por debajo de los parámetros para una pasta con sustitución parcial de harina de trigo.

4.4.2.2 Aumento de masa

El análisis fisicoquímico realizado a través del aumento de masa en las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 26.

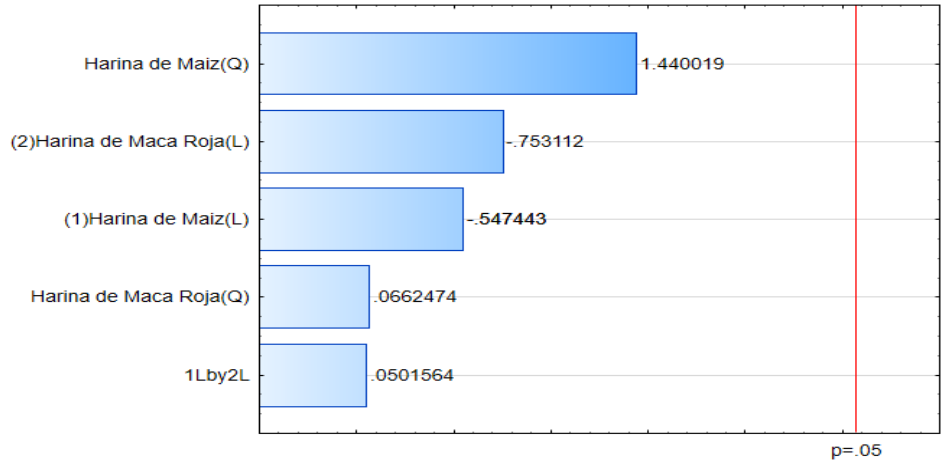
Los resultados conseguidos muestran a la formulación T8 como el valor más alto con 3.49 para el aumento de masa en las pastas. Con respecto a la pasta control (solamente harina de trigo) presentó un valor de 3.61; encontrándose fuera de los valores mencionados. (tabla 26). Según Mora A. (2012) en la 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 de 2.3±0.8 %, así como según los resultados de Afaray A. (2014) donde la pasta evaluada presento un incremento de peso de 2.65±0.08 %, por lo cual se asume que los valores de aumento de masa evaluados en la tabla 26 (2.7±0.5 %) se encuentran dentro de los parámetros para una pasta con sustitución parcial de harina de trigo.

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable aumento de masa, resultando tener un valor de 38.23%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación no se logran ajustar al método de regresión, por lo que no se le atribuye un modelo matemático ni una superficie respuesta para la variable aumento de masa, por tener un valor menor al 70%.

Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable aumento de masa en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Para esta variable se obtiene un valor-P mayor que 0.05, verificando que no son significativamente diferentes de 0 con un grado de confianza del 95.0%. (Ver tabla 56)

Figura 48.

Gráfico de Pareto para el aumento de masa en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa a los factores lineales, cuadráticos y de interacción de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja, los cuales no son significativas($p>0.05$) para la variable aumento de masa

4.4.2.3 Pérdida de solidos

El análisis fisicoquímico realizado a través de la perdida de sólidos en las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 26.

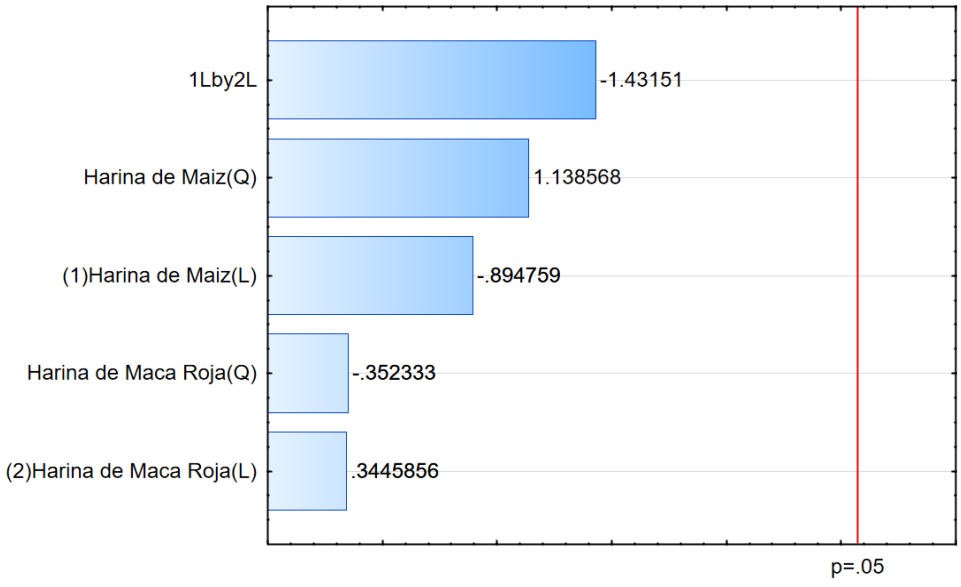
Los resultados conseguidos muestran a la formulación T5 como el valor más alto con 1.39 para la pérdida de sólidos en las pastas. Con respecto a la pasta control (solamente harina de trigo) presentó un valor de 0.84; el cual se encuentra dentro de los valores mencionados. (tabla 26). Según lo reportado por Martínez M.(2008) la pasta evaluada obtuvo pérdidas por cocción de 5.5±8, así como lo reportado por Afaray A. (2014) donde la pasta evaluada presento una pérdida de sólidos de 9.2±0.4 %, por lo cual se asume que los valores de aumento de masa evaluados en la tabla 26 (0.97 ± 0.1%) se encuentran muy por debajo de los parámetros para una pasta con sustitución parcial de harina de trigo, logrando mantener mucho mejor la unificación del almidón gelatinizado en conjunto a la malla proteica luego de la cocción.

Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable perdida de sólidos en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Para esta variable se obtiene un valor-P mayor que 0.05, verificando que no son significativamente diferentes de 0 con un grado de confianza del 95.0%.

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable pérdida de sólidos, resultando tener un valor de 48.98%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación no se logran ajustar al método de regresión, por lo que no se le atribuye un modelo matemático ni una superficie respuesta para la variable aumento de masa, por tener un valor menor al 70%.

Figura 49.

Gráfico de Pareto para la pérdida de sólidos en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa a los factores lineales, cuadráticos y de interacción de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja, los cuales no son significativas($p>0.05$) para la variable pérdida de sólidos.

4.4.2.4 Textura Instrumental

El análisis instrumental de la textura representada a través de la firmeza contenida en las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 26.

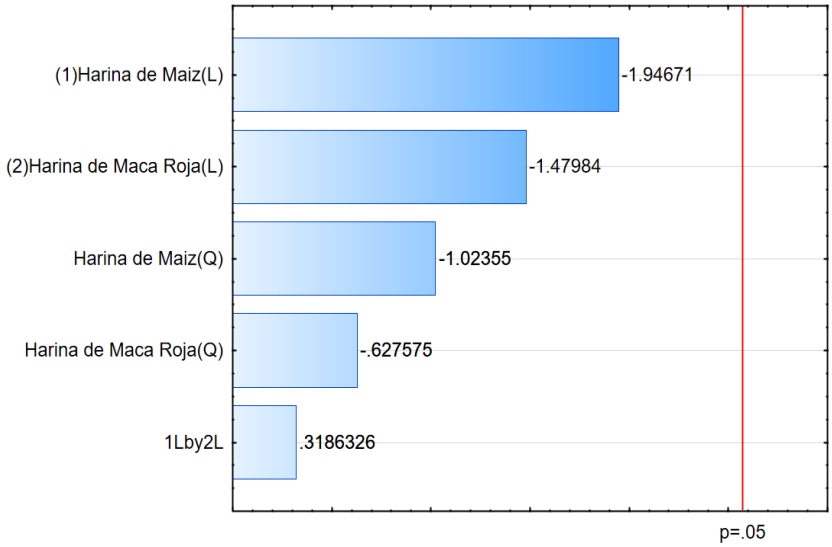
Los resultados alcanzados muestran que la formulación T7 muestra el valor más alto de 4.00 mJ para el análisis instrumental de la textura. Con respecto a la pasta control (solamente harina de trigo) presentó un valor de 3.11; el cual se encuentra dentro de los valores mencionados. (tabla 26). Según los resultados de Pantoja T. y Prieto R, (2014) se obtienen pastas con textura instrumental de 8 ± 2 mJ, así como según los resultados de Álvarez L. y Avalos Y. (2019) la pasta más aceptable obtuvo una textura instrumental 0.01+0.002 mJ, por lo cual se asume que los valores de textura instrumental evaluados en la tabla 26 (3.57 ± 0.08 mJ) se encuentran dentro de los parámetros para una pasta con sustitución parcial de harina de trigo,

Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable textura instrumental en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Para esta variable se obtiene un valor-P mayor que 0.05, verificando que no son significativamente diferentes de 0 con un grado de confianza del 95.0%. (Ver tabla 58)

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable textura instrumental, resultando tener un valor de 59.15%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación no se logran ajustar al método de regresión, por lo que no se le atribuye un modelo matemático ni una superficie respuesta para la variable aumento de masa, por tener un valor menor al 70%.

Figura 50.

Gráfico de Pareto para la textura instrumental en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa a los factores lineales, cuadráticos y de interacción de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja, los cuales no son significativas($p>0.05$) para la variable textura instrumental.

4.4.3 Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial para las pastas elaboradas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y harina de maíz, se detallan en la tabla 27.

Tabla 27.

Evaluación sensorial de las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Formulaciones	Harina de Maíz	Harina de Maca Roja	Harina de Maíz (%)	Harina de Maca Roja (%)	Color Sensorial	Olor Sensorial	Sabor Sensorial	Textura Sensorial
1	-1	-1	7.5	3.5	3.22	2.62	4.18	3.22
2	1	-1	14.5	3.5	4.68	2.84	4.12	5.22
3	-1	1	7.5	10.5	2.64	2.54	3.66	4.24
4	1	1	14.5	10.5	2.96	5.08	4.36	4.48
5	-α	0	6	7	3.2	4.42	2.92	4.26
6	+α	0	16	7	4.26	4.24	3.38	4.16
7	0	-α	11	2	4.88	5.14	5.08	5.08
8	0	+α	11	12	2.44	3.26	4.06	3.24
9	0	0	11	7	5.32	5.16	5.24	5.02
10	0	0	11	7	5.32	5.16	5.24	5.06
11	0	0	11	7	5.34	5.18	5.24	5.04
Control					3.64	3.52	4.42	4.4

Nota. La tabla representa los resultados de la evaluación sensorial de pastas alimenticias en las variables dependientes: color, olor, sabor y textura sensorial

4.4.3.1 Evaluación sensorial del Color

El análisis sensorial del color evaluada con la tabla 40 expresada en función de las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 27.

Los resultados conseguidos muestran a la formulación T7 como el valor más alto con 5.34, lo que indica una aceptabilidad categoría entre “Me gusta” y “Me gusta poco” según la tabla 27. Con respecto a la pasta control (100% harina de trigo) presentó un valor de 3.64; el cual se encuentra dentro de los valores mencionados, pero con una aceptabilidad categoría entre “Me gusta” y “Ni me gusta, ni me disgusta” (tabla 39).

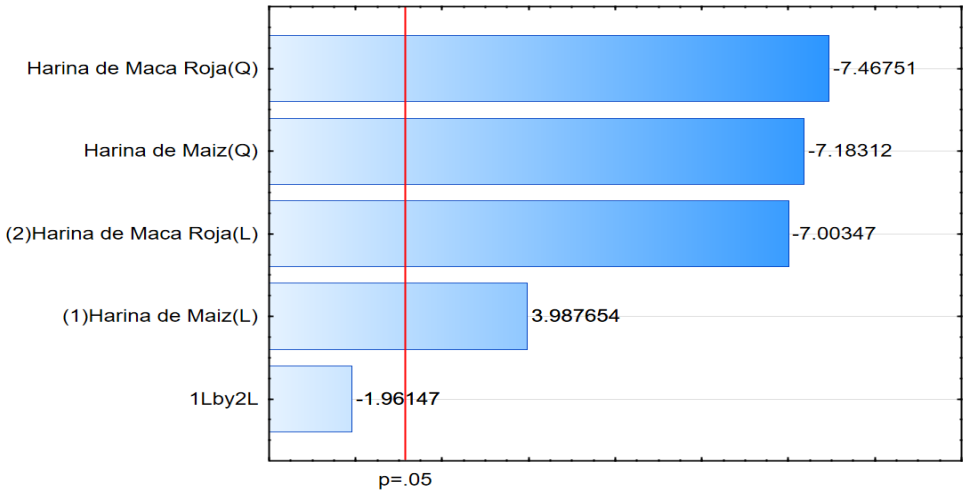
Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable color sensorial en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Considerándose para esta variable, 4 efectos con valor $P<0.05$, evidenciando que son significativamente distintos a 0 con un grado de confianza del 95.0%.

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable color sensorial, resultando tener un valor de 96.78%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación se logran ajustar al método de regresión, consiguiendo la formación de una superficie de respuesta de modelo cuadrático.

En el análisis de varianza (ANOVA) se muestra que el ajuste que define la variable color sensorial, se encuentra en función de las variables independientes estudiadas, el cual es presentado por un valor $p<0.05$; siendo los factor lineales Harina de Maca roja(L2) que presenta un $p<0.05$ de 0.000915 y la Harina de Maíz(L1) un $p<0.05$ de 0.010451, también presentan factores cuadráticos para la Harina de Maca Roja(Q2) con un valor $p<0.05$ de 0.000680 y la Harina de Maíz(Q1) con un valor $p<0.05$ de 0.000814; lo cual expresa que ambos factores repercuten en el color sensorial para cada tratamiento de las pastas obtenidas (ver tabla 59)

Figura 51.

Gráfico de Pareto para color sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa al termino lineal y cuadrático de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja como significativas ($p<0.05$)

La estadística R-Cuadrado indica la relación de las variables independientes Harina de Maca Roja y Harina de Maíz ajustada a un modelo cuadrático, expresada en la ecuación de regresión que se ajusta a los valores obtenidos en la tabla 60. La ecuación que representa el modelo ajustado es:

$$\textbf{Color Sensorial} = -8.4792 + 1.8353x - 0.0707x^2 + 1.0807y - 0.0735y^2 - 0.0233xy \quad \textbf{....(6)}$$

Donde:

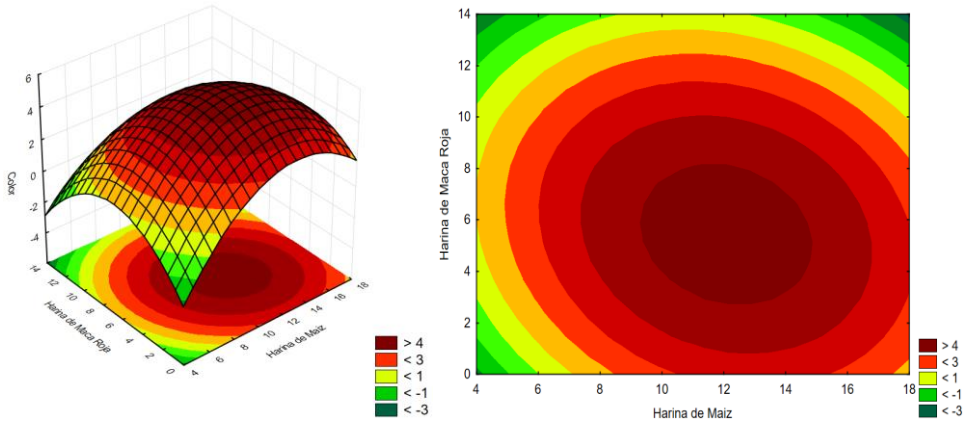
X = Harina de Maíz (%)

Y = Harina de Maca Roja (%).

Como resultado de la ecuación cuadrática modelada por el programa STATISTICA, se realizan gráficos de superficie respuesta y de contorno, analizando el comportamiento de nuestros valores y encontrar grado de aceptabilidad de color sensorial óptimo en las pastas alimenticias.

Figura 52.

Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para el color sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. La figura muestra la gráfica de la superficie respuesta y gráfico de contorno para la variable dependiente color sensorial.

En la figura 52 se aprecia que conforme se sustituye la cantidad de harina de trigo por harina de Maca Roja y harina de Maíz en la ecuación (6) aumenta la aceptabilidad sensorial de color centralizado en las regiones donde la harina de Maíz posee de 10 a 14% y la harina de maca 4 a 8%. Según los resultados de Alvarez L. y Avalos Y. (2019) la pasta más aceptable obtuvo un color sensorial según escala hedónica entre “Regular y Agradable”, así mismo según los resultados de Afaray A. (2014) la pasta más aceptable obtuvo un color sensorial según escala hedónica de “ligeramente gustoso”, comparándolo con los puntos centrales(T9, T10 Y T11) de la pasta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y harina de maca roja, los cuales obtuvieron los mejores valores de color sensorial (5.33 = “Me gusta poco”)evaluados mediante la escala hedónica (1 al 7) en la tabla 27 y tabla 39.

4.4.3.2 Evaluación sensorial del Olor

El análisis sensorial del olor evaluada con la tabla 40 expresada en función de las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 27.

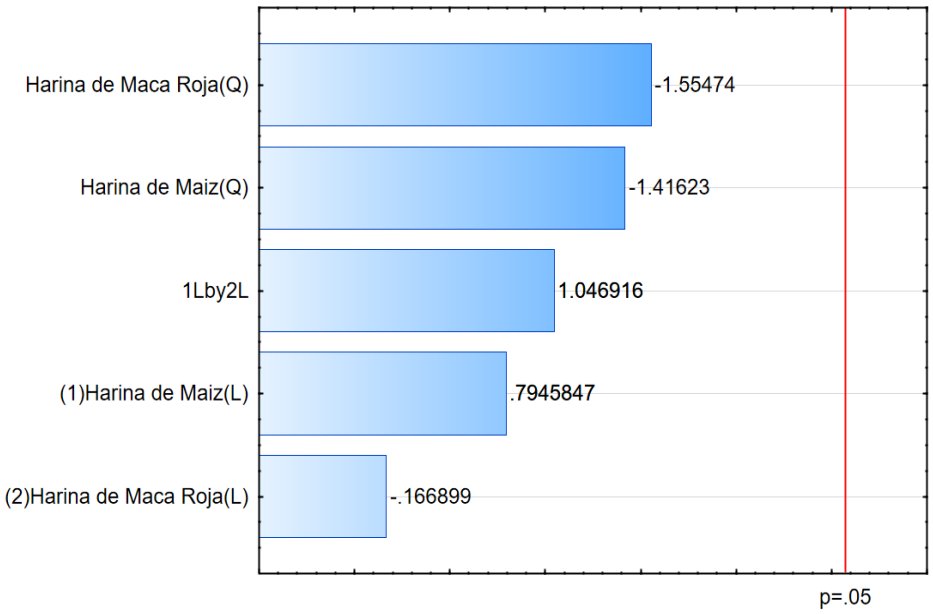
Los resultados conseguidos muestran a la formulación T11 como el valor más alto con 5, lo que indica una aceptabilidad categoría de "Me gusta poco" según la tabla 27. Con respecto a la pasta control (solamente harina de trigo) presentó un valor de 3.52; el cual se encuentra dentro de los valores mencionados, pero con una aceptabilidad categoría entre "Me gusta" y "Ni me gusta, ni me disgusta" (tabla 39). Según los resultados de Alvarez L. y Avalos Y. (2019) la pasta más aceptable obtuvo un olor sensorial según escala hedónica entre Regular y Agradable, así mismo según los resultados de Afaray A. (2014) la pasta más aceptable obtuvo un olor sensorial según escala hedónica de "moderadamente gustoso", comparándolo con los puntos centrales(T9, T10 Y T11) de la pasta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y harina de maca roja, los cuales obtuvieron los mejores valores de olor sensorial (5.16 = "Me gusta poco")evaluados mediante la escala hedónica(1 al 7) en la tabla 27 y tabla 39.

Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable olor sensorial en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Para esta variable se obtiene un valor-P mayor que 0.05, verificando que no son significativamente diferentes de 0 con un grado de confianza del 95.0%. (Ver tabla 61)

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable olor sensorial, resultando tener un valor de 50.76%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación no se logran ajustar al método de regresión, por lo que no se le atribuye un modelo matemático ni una superficie respuesta para la variable aumento de masa, por tener un valor menor al 70%.

Figura 53.

Gráfico de Pareto para olor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El gráfico representa a los factores lineales, cuadráticos y de interacción de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja, los cuales no son significativas($p>0.05$) para la variable olor sensorial.

4.4.3.3 Evaluación sensorial del Sabor

El análisis sensorial del sabor evaluada con la tabla 40 expresada en función de las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 27.

Los resultados conseguidos muestran a la formulación T9, T10 y T11 como los valores más altos con 5.24, lo que indica una aceptabilidad categoría entre "Me gusta poco" y "Me gusta" según la tabla 39. Con respecto a la pasta control (100% harina de trigo) presentó un valor de 4.42; el cual se encuentra dentro de los valores mencionados, pero con una aceptabilidad categoría entre "Me disgusta poco" y "Me gusta poco" (tabla 27).

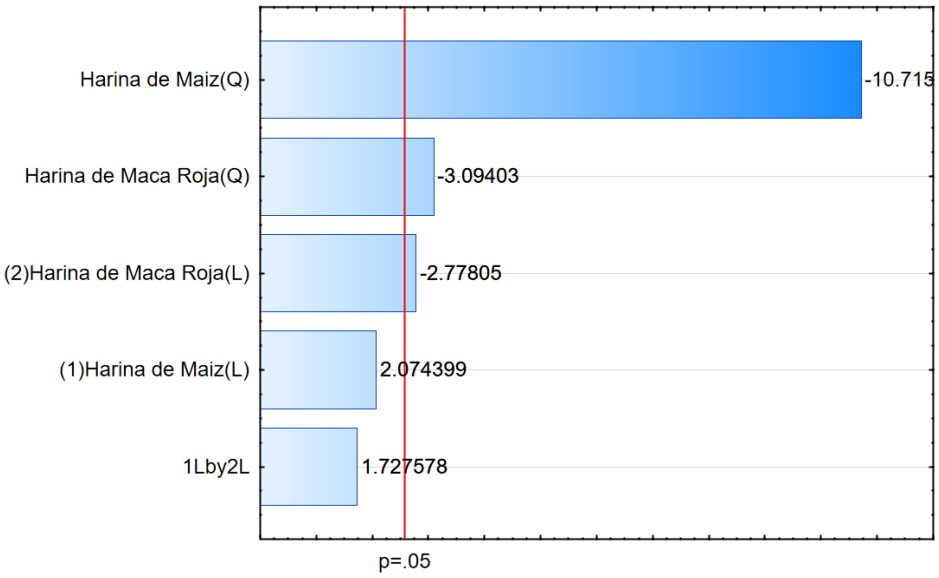
Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable sabor sensorial en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Considerándose para esta variable, 3 efectos con valor $P<0.05$, evidenciando que son significativamente distintos a 0 con un grado de confianza del 95.0%.

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable sabor sensorial, resultando tener un valor de 96.29%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación se logran ajustar al método de regresión, consiguiendo la formación de una superficie de respuesta de modelo cuadrático.

En el análisis de varianza (ANOVA) se muestra que el ajuste que define la variable sabor sensorial, se encuentra en función de las variables independientes estudiadas, el cual es presentado por un valor $p<0.05$; siendo el factor lineal Harina de Maca roja(L2) que presenta un $p<0.05$ de 0.038992, además los factores cuadráticos Harina de Maíz(Q1) con un $p<0.05$ de 0.000123 y Harina de Maca Roja(Q2) con un $p<0.05$ de 0.027036; En el análisis de varianza (ANOVA) se muestra que el ajuste que define la variable sabor sensorial, se encuentra en función de las variables independientes estudiadas, el cual es presentado por un valor (ver tabla 63)

Figura 54.

Gráfico de Pareto para el sabor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa al termino lineal y cuadrático de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja como significativas ($p<0.05$)

La estadística R-Cuadrado indica la relación de las variables independientes Harina de Maca Roja y Harina de Maíz ajustada a un modelo cuadrático, expresada en la ecuación de regresión que se ajusta a los valores obtenidos en la tabla 64. La ecuación que representa el modelo ajustado es:

$$\textbf{Sabor Sensorial} = -4.4304 + 1.694x - 0.0799x^2 + 0.09079y - 0.02306y^2 + 0.0155xy \ldots\ldots (7)$$

Donde:

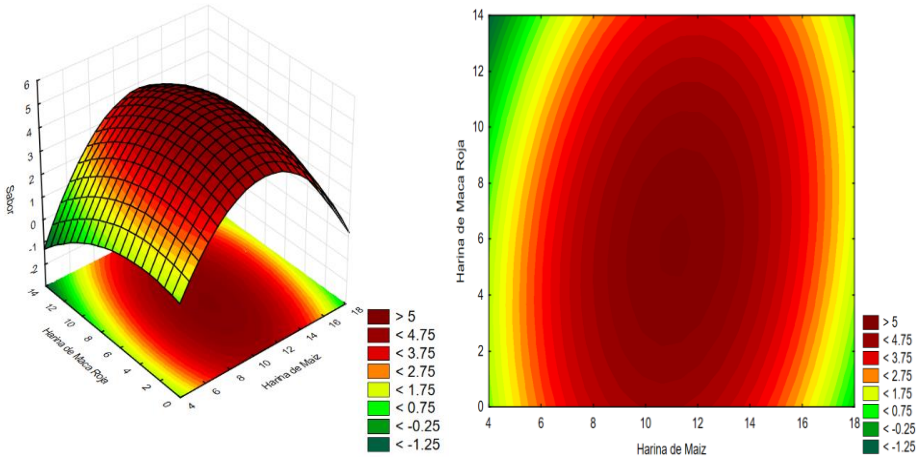
X = Harina de Maíz (%)

Y = Harina de Maca Roja (%)

Como resultado de la ecuación cuadrática modelada por el programa STATISTICA, se realizan gráficos de superficie respuesta y de contorno, analizando el comportamiento de nuestros valores y encontrar grado de aceptabilidad de sabor sensorial óptimo en las pastas alimenticias.

Figura 55.

Gráfico de Superficie Respuesta y gráfico de contorno para el sabor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. La figura muestra la gráfica de la superficie respuesta y gráfico de contorno para la variable dependiente sabor sensorial.

En la figura 55 se aprecia que mientras más se reemplaza la cantidad de harina de trigo por harina de Maca Roja y harina de Maíz en la ecuación (7) aumenta la aceptabilidad sensorial de sabor centralizado en las regiones donde la harina de Maíz posee de 10 a 12% y la harina de maca 4 a 6%. Según los resultados de Alvarez L. y Avalos Y. (2019) la pasta más aceptable obtuvo un sabor sensorial según escala hedónica entre Regular y Agradable, así mismo según los reportado por Afaray A. (2014) la pasta más aceptable obtuvo un sabor sensorial según escala hedónica “moderadamente gustoso”, comparándolo con los puntos centrales(T9, T10 Y T11) de la pasta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y harina de maca roja, los cuales obtuvieron los mejores valores de sabor sensorial (5.24 = “Me gusta poco”)evaluados mediante la escala hedónica(1 al 7) en la tabla 27 y tabla 39.

4.4.3.4 Evaluación sensorial de la Textura

El análisis sensorial de la textura evaluada con la tabla 40 expresada en función de las formulaciones de pastas a base de harina de maíz y harina de maca, las cuales están formuladas de acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 con α =1.4142, que van desde un rango harina de maíz (6% - 16%) y harina de maca (2% - 12%) se detallan en la tabla 27.

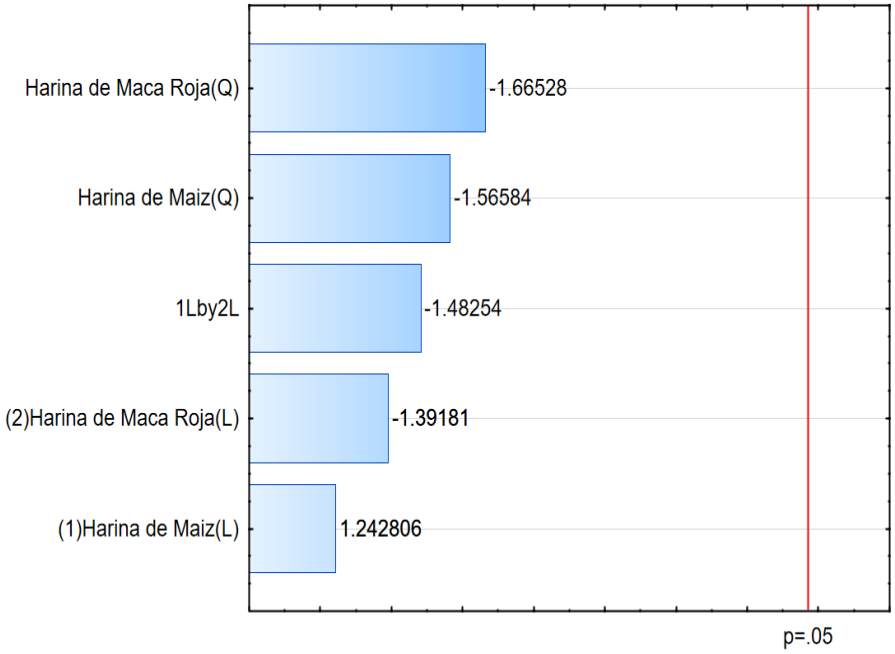
Los resultados conseguidos muestran a la formulación T2 como el valor más alto de 5.22, lo que indica una aceptabilidad categoría de "Me gusta poco" según la tabla 27. Con respecto a la pasta control (100% harina de trigo) presentó un valor de 4.40; el cual se encuentra dentro de los valores mencionados, pero con una aceptabilidad categoría entre "Ni me gusta, ni me disgusta" y "Me gusta poco" (tabla 57). Según lo reportado por Álvarez L. y Avalos Y. (2019) la pasta más aceptable obtuvo una textura sensorial según escala hedónica entre Regular y Agradable, así mismo según lo reportado Afaray A. (2014) la pasta más aceptable obtuvo una textura sensorial según escala hedónica de "moderadamente gustoso", comparándolo con los puntos centrales(T9, T10 Y T11) de la pasta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y harina de maca roja, los cuales obtuvieron los mejores valores de textura sensorial (5.04 = "Me gusta poco") evaluados mediante la escala hedónica (1 al 7) en la tabla 27 y tabla 39.

Lo representado en la tabla ANOVA distribuye los cambios de la variable olor sensorial en partes divididas para los diversos efectos, lo que analiza la significancia estadística de los diferentes efectos comparando su cuadrado medio frente a un posible valor del error experimental. Para esta variable se obtiene un valor-P mayor que 0.05, verificando que no son significativamente diferentes de 0 con un grado de confianza del 95.0%. (Ver tabla 64)

El software STATISTICA versión 10, determina el valor de r^2 para la variable olor sensorial, resultando tener un valor de 65.97%, el cual es fundamental porque demuestra que los resultados obtenidos en cada formulación no se logran ajustar al método de regresión, por lo que no se le atribuye un modelo matemático ni una superficie respuesta para la variable aumento de masa, por tener un valor menor al 70%.

Figura 56.

Gráfico de Pareto para la textura sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz



Nota. El grafico representa a los factores lineales, cuadráticos y de interacción de las variables harina de Maíz y harina de Maca Roja, los cuales no son significativas($p<0.05$) para la variable textura sensorial.

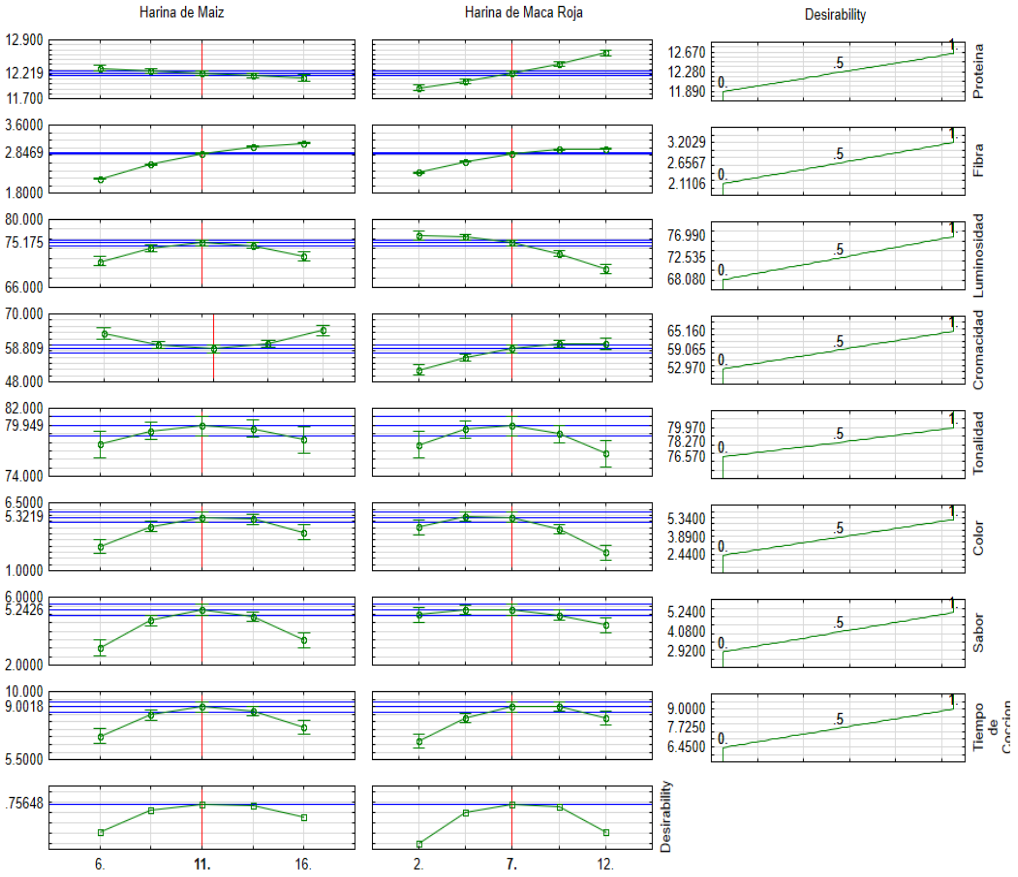
4.5 DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PASTA ÓPTIMA

4.5.1 Determinación de la pasta óptima

Para encontrar la pasta óptima con las mejores características sensoriales y fisicoquímicas se determinó mediante la Optimización De Múltiples Respuestas del programa STATISTICA versión 10.0, esta metodología logra determinar la conjugación de los factores experimentales que así mismo optimiza diferentes respuestas, enfocándose en maximizarla función de ‘deseabilidad’.

Figura 57.

Gráfico del Perfil de deseabilidad para variables significativas en la determinación de la pasta óptima con las mejores características sensoriales y fisicoquímicas



Nota. Este grafico evalúa cada formulación para la determinación de la pasta óptima con las mejores características sensoriales y fisicoquímicas.

El perfil de deseabilidad se evaluó empleando las variables dependientes significativas: Proteína, Fibra, Luminosidad, Cromaticidad, Angulo de tonalidad, Tiempo de Cocción, Color Sensorial y Sabor sensorial, porque influyen en la caracterización fisicoquímica y sensorial de las pastas tipo fetuccine con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y maca roja.

Dentro de los valores del diseño, la ‘deseabilidad’ máxima se alcanza en las formulaciones centrales pertenecientes al T9, T10 y T11, mencionando que estos tratamientos mostraron valores semejantes; indicando una buena repetitividad del proceso realizado. El valor de deseabilidad para nuestro valor optimo es de 0.76; el cual estaría en el rango de “Aceptable y bueno” según la tabla de Harrington

(1965), donde establece una versión abreviada de las directrices para la transformación de los niveles de los factores, a la escala de deseabilidad.

En la tabla 28 se muestra la conjugación de niveles de factores que maximiza la función de 'deseabilidad' en una determinada región para poder obtener una pasta óptima, representada por los puntos centrales del estudio estadístico Diseño Central Compuesto Rotacional 2^2 (F9, F10 Y F11), la cual se aprecia en la tabla 57 y la figura 58.

Tabla 28.

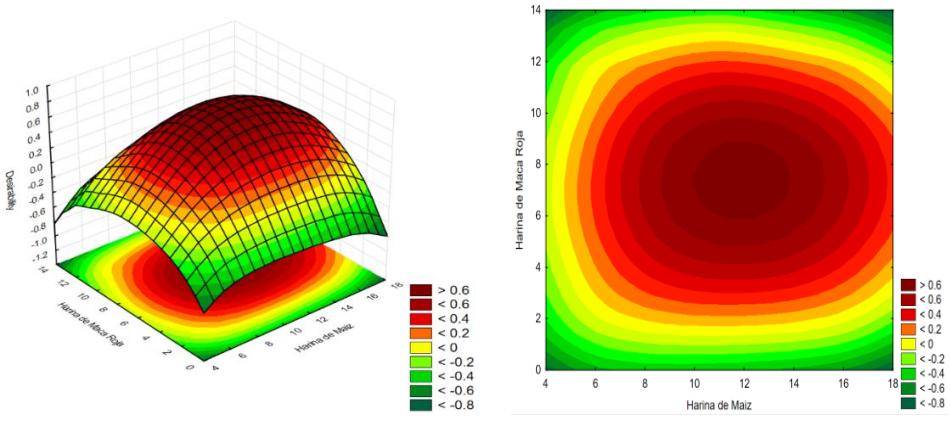
Formulación Óptima de harina para formulación de pastas

Componentes	%
Harina de Trigo	82%
Harina de Maca Roja	7%
Harina de Maíz	11%

Nota. La tabla muestra la formulación óptima entre los 11 tratamientos.

Figura 58.

Superficies de respuesta y grafico de contorno de las pastas para obtener la formulación óptima con las mejores características fisicoquímicas y sensoriales



Nota. La figura muestra la gráfica de la superficie respuesta y gráfico de contorno para la formulación óptima.

En la figura 58 se aprecia que conforme se sustituye la cantidad de harina de trigo por harina de Maca Roja y harina de Maíz hacia sus valores centrales de 7% y 11% respectivamente, se optimizan todas las variables significativas: con un grado de deseabilidad de 0.76.

De acuerdo a los resultados de los análisis presentados de proteína, fibra, luminosidad, cromaticidad, Angulo de tonalidad, color sensorial, sabor sensorial y tiempo de cocción, podemos afirmar que en tanto mayor sea el % de harina de maca y harina de maíz en las formulaciones de las pastas; se obtendrá mayor porcentaje de proteínas, fibra y cromaticidad; sin embargo, el valor de luminosidad disminuye. Mientras que con los puntos centrales de la sustitución se logra obtener los valores óptimos para el tiempo de cocción, la tonalidad y los valores con mayor aceptabilidad sensorial de color y sabor.

4.5.2 Evaluación de la pasta óptima

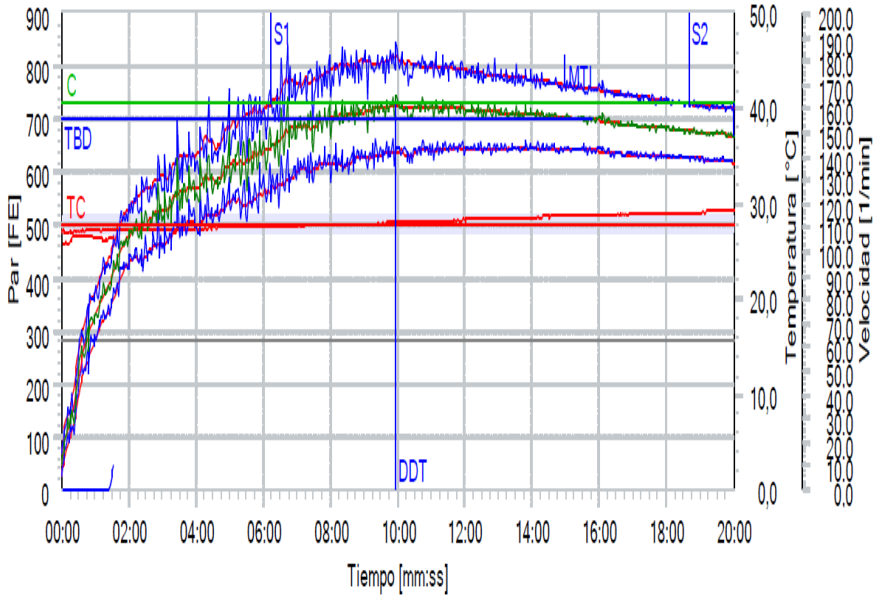
4.5.2.1 Caracterización reológica de la pasta óptima

4.5.2.1.1 Farinografía

En la figura 59, se grafica el farinograma de la pasta óptima.

Figura 59.

Farinograma de la harina perteneciente a la pasta óptima



Nota. El grafico representa el comportamiento de la harina con 82% de harina de trigo, 11% de maíz amarillo y 7% de maca roja, en el Farinografo Brabender

Figura 60.

Evaluación del farinograma

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	26,5	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	09:58	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	730	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	61,8	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	61,5	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	06:15	StabilityArrival
S2	mm:ss	18:40	StabilityDeparture
S	mm:ss	12:25	Estabilidad
MTI	FE	56	Indice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	158	Número de calidad farinográfico
D	FE	59	Drop-off
TBD	mm:ss	15:49	Time to breakdown

Nota. Valores obtenidos del análisis de la harina de la pasta óptima en el Farinografo Brabender

Se obtuvo principalmente los siguientes datos: Consistencia 730 FE, absorción de agua 61.8%, Tiempo de desarrollo de la masa 9:58 min, estabilidad 12:25 min

Al sustituir en cierto porcentaje la harina de trigo por harinas más secas (maca roja y maíz amarillo) se observa que estas absorben mayor cantidad de agua (61.8%), generando una masa más dura, por lo tanto, la fuerza para girar el torque será elevada (730 FE) a comparación de una masa de trigo que tiene una consistencia más suave, en este caso la harina de trigo preparada usada se mostró más ligera es decir las paletas no necesitaron de mucho esfuerzo para su amasado (550 FE).

Una harina con una calidad baja proteína, presenta un tiempo de resistencia al mezclado menor que una harina con alto contenido de calidad de proteínas (Loli y Vásquez, 2015), en la pasta óptima evaluada, la harina de trigo se sustituyó con harina de maíz amarillo (11%) y harina de maca roja (7%), las cuales, si presentan proteínas, pero no contienen gluten, la principal proteína en harinas de panificación que permiten una mejor consistencia del producto final.

El tiempo de desarrollo es el plazo requerido para la hidratación de las proteínas, Peña-Bautista R. et al (2008), en este caso la pasta óptima necesita de 9:58 min para hidratarse al punto de tener una consistencia adecuada.

En la investigación de Gomez F. (2017) al adicionar un concentrado proteico de kiwicha, el tiempo de desarrollo de la masa pasó de 18:35 min a 8:73 min, debido al alto valor de calidad proteica por poseer un mayor valor de volumen de sedimentación, lo que posiblemente beneficio a la formación de las uniones obteniendo un tiempo menor para la hidratación de proteínas. En la pasta óptima evaluada, el tiempo de desarrollo de la masa al sustituir la harina de trigo preparada por harina de trigo con maca roja y maíz amarilla, pasa de a 19:40 min a 9:58 min.

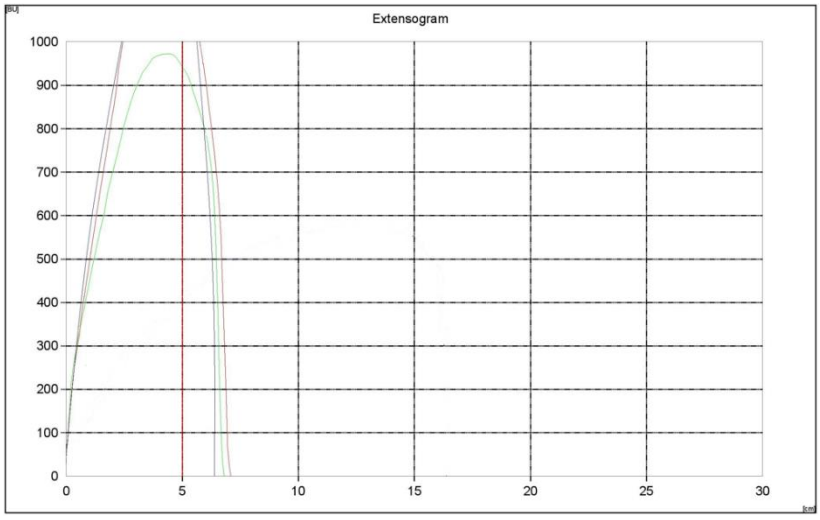
La estabilidad es el tiempo para mantener la consistencia de la masa, una masa de buena calidad tiene un tiempo de estabilidad de 10-15 min (Pena-Bautista y col., 2008), la pasta óptima evaluada tiene un tiempo de 12:25 min, por lo tanto, la sustitución de harina de trigo por maca roja (7%) y maíz amarillo (11%), aún mantiene una harina de buena calidad, resistente al amasado

4.5.2.1.2 Extensografía

En la figura 61, se grafica la extensograma de la pasta óptima

Figura 61.

Extensograma de la harina perteneciente a la pasta óptima



Nota. El grafico representa el comportamiento de la harina con 82% de harina de trigo, 11% de maíz amarillo y 7% de maca roja, en el Extensografo Brabender

Tabla 29.

Análisis Extensográfico de la harina perteneciente a la pasta óptima

Tiempo (min)	*R (BU)*	*E (mm)*	*M (BU)*	*Energía (cm^2)*	*R/E*
30	940	68	973	86	14
60	1192	71	1235	108	17
90	1196	65	1285	102	18

Nota. Resumen, donde R=Resistencia a la extensión (BU), E= Extensibilidad(mm), M= Resistencia Máxima (BU)

De acuerdo a la tabla 29, podemos ver a medida que, en la segunda fermentación, tras sufrir una primera rotura, la masa se vuelve a regenerar y obtenemos una mayor extensibilidad, pero para la tercera fermentación esta masa regenerada se vuelve más débil de la que empezó.

La relación entre resistencia y extensibilidad, es proporcional al tiempo de fermentación 14, 17 y 18 respectivamente. Si la relación R/E, es muy elevada la masa será poco extensible (Lezcano, 2015), según lo evaluado la extensibilidad fue de 68, 71 y 65 mm, siendo casi la mitad de la extensibilidad de la masa que contiene solo harina de trigo (ver tabla 22)

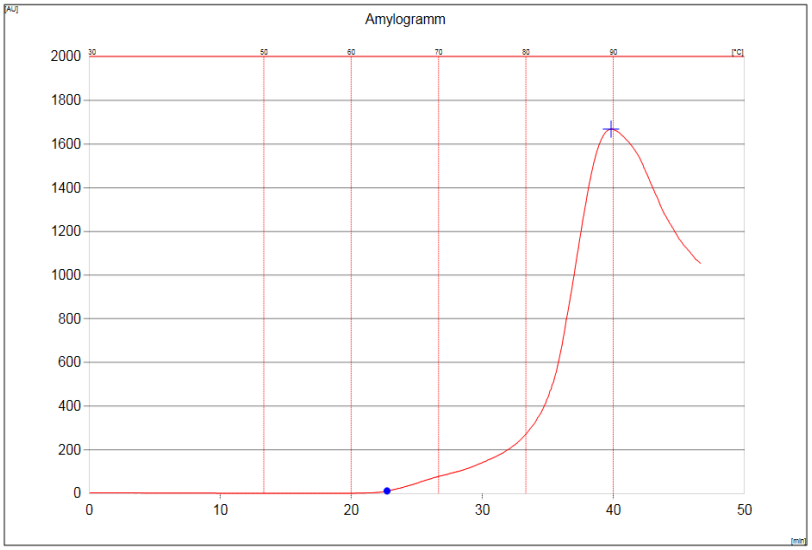
La resistencia a la extensión después de la primera fermentación fue de 940 BU, después de la segunda fermentación fue de 1192 BU y después de la tercera fermentación 1196 BU, esto debido a la cantidad elevada de agua absorbida, que formó una masa más dura y resistente a la extensión.

4.5.2.1.3 Amilografía

En la figura 62, se grafica el amilograma a la pasta óptima.

Figura 62.

Amilograma de la harina perteneciente a la pasta óptima



Nota. El grafico representa el comportamiento de la harina con 82% de harina de trigo, 11% de maíz amarillo y 7% de maca roja, en el Amilografo Brabender

Tabla 30.

Análisis amilográfico de la harina perteneciente a la pasta óptima

Humedad (%)	***T° inicio (°C)***	***T° de Gelatinización (°C)***	***Máx. grado de Gelatinización (AU)***
13.8	64.1	89.8	1668

Nota: El cuadro es un resumen de los datos principales de la harina de la pasta óptima obtenidos en el amilografo Brabender

La harina de la pasta óptima, con 13.8 % de humedad, llega a 1668 AU, con una temperatura inicial de 64.1°C y finaliza con una temperatura de gelatinización de 89.8°C

Al llegar a una temperatura de 60 °C, los enlaces débiles son disociados, empezando un cambio en la estructura interna reflejado en el hinchamiento de los gránulos, Loli y Vásquez, (2015). En la pasta óptima evaluada, el inicio de la gelatinización fue de 64.1°C y a 89.8°C empieza la degradación del almidón (ruptura del granulo)

Mientras aumenta el porcentaje de sustitución de trigo por harina de maíz y maca, el grado de gelatinización disminuye pues la harina de maca no contiene almidón, pero la harina de maíz sí contiene incluso en un nivel ligeramente mayor a la harina de trigo.

Durante la cocción en agua hirviente, los gránulos de almidón absorben agua, (la red de gluten se hidrata), generando un aumento en volumen de una pasta, a modo que a mayor índice de absorción de agua que posee el almidón, la pasta se hinchará (Vivanco, 2018), la pasta óptima evaluada posee un grado de gelatinización alto (1668 AU) indicando que la masa tiene una buena capacidad para retener el agua y no dejarla libre, ocasionando un aumento de volumen en la pasta.

4.5.2.2 Caracterización fisicoquímica

Tabla 31.

Composición porcentual (%) de la pasta control y la pasta óptima con las mejores características fisicoquímicas y sensoriales

Componentes	Pasta Control	Pasta Óptima
Humedad (%)	11.35 ± 0.08	10.69 ± 0.02
Proteína	11.00 ±0.04	12.23 ± 0.03
Cenizas	2.51 ± 0.04	2.43 ± 0.01
Grasas	1.98 ± 0.02	1.42 ± 0.02
Fibra	0.81 ± 0.2	2.85 ± 0.01
Carbohidratos	72.35 ± 0.11	70.59 ± 0.03

Nota. La tabla muestra las características nutricionales de las pastas control y la pasta óptima con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Tabla 32.

Análisis de varianza para la Humedad de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Entre grupos	0.6534	1	0.6534	214.23	0.0001
Intra grupos	0.0122	4	0.00305		
Total (Corr.)	0.6656	5			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.0001) < 0.05 demuestra la diferencia significativa entre la pasta óptima y la pasta control a un nivel de confianza de 95%.

Para conocer si existe diferencia significativa de la humedad entre la pasta control y la pasta óptima, se le aplicó la prueba de Tukey (estos resultados son determinados en la tabla 65 y la tabla 66). Como se puede observar, el valor p es 0.0001(P<0.05) por lo que se afirma que si existe diferencia significativa a un grado de confianza del 95% entre la pasta control y pasta óptima.

En la tabla 31 se señalan los resultados de la caracterización proximal de la pasta óptima, siendo 10.69% ± 0.02 el valor de la humedad; menor a la pasta control de 11.35%, ambos valores se encuentran por debajo de los 14% que es el máximo permitido por la N.T.P. 206.010:2016, además de ser importante en la seguridad de la pasta, puesto que al ser menor del 12.5% el producto no es susceptible a un riesgo de contaminación microbiológico. (Espriella Martínez, 2002).

Tabla 33.

Análisis de varianza para la Proteína de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Entre grupos	2.26935	1	2.26935	1973.35	0.000002
Intra grupos	0.0046	4	0.00115		
Total (Corr.)	2.27395	5			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.000002) < 0.05 demuestra la diferencia significativa entre la pasta óptima y la pasta control a un nivel de confianza de 95%.

Para conocer si existe diferencia significativa de la proteína entre la pasta control y la pasta óptima, se le aplicó la prueba de Tukey (estos resultados son determinados en la tabla 67 y la tabla 68). Como se puede observar, el valor p es 0.00002(P<0.05) por lo que se afirma que si existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre la pasta control y pasta óptima.

La cantidad de proteínas en la pasta óptima es 12.23% ± 0.15, siendo mayor a la pasta control de 11.00%, debido al reemplazo de harina de trigo por Maca Roja, la cual es identificado como un alimento con gran potencial por su contenido de proteínas de 14%, fibra dietaría (5%), gran aporte energético de carbohidratos (55-75%) y bajo contenido en grasas (2.7%). (Guijarro, 2011). Es importante conocer la cantidad de proteínas presentes en las pastas ya que caracterizan al gluten (glutenina - gliadina); que en conjunto con las grasas y el agua son los responsables de las caracterisitcas viscoelásticas y de cohesividad de la masa. (Juárez, Bárcenas, y Hernández, 2014). Además, se complementa la calidad proteica en la harina trigo por la deficiencia del aminoácido Lisina, ya que según Torres. E (2014) la falta de un solo aminoácido esencial en la ingesta de alimentos diarios ocasiona un déficit de absorción digestiva.

Tabla 34

Análisis de varianza para la Ceniza de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Entre grupos	0.0112667	1	0.0112667	15.72	0.0166
Intra grupos	0.00286667	4	0.000716667		
Total (Corr.)	0.0141333	5			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.0166< 0.05 demuestra la diferencia significativa entre la pasta óptima y la pasta control a un nivel de confianza de 95%.

Para conocer si existe diferencia significativa de la ceniza entre la pasta control y la pasta óptima, se le aplicó la prueba de Tukey (estos resultados son determinados en la tabla 69 y la tabla 70. Como se puede observar, el valor p es 0.0166 (P<0.05) por lo que se afirma que si existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre la pasta control y pasta óptima.

En cuanto a cenizas de la pasta óptima; el resultado fue de 2.43% ± 0.01, este valor es superior con lo reportado por Alvarez L. y Avalos Y. (2019) que reporta un valor de 1.52 % ± 0.01, indica que la pasta óptima elaborada; presenta mayor cantidad de minerales inorgánicos en sus materias prima empleadas (Stikic, et al. 2012), ya que al ser sometidas a temperaturas elevadas entre 500 y 600°C, el agua y el hidrógeno presentes son expulsados a través de vapores de agua, mientras que los compuestos orgánicos forman dióxido de carbono(CO_2) y dióxido de nitrógeno(NO_2).(Márquez, 2014).

Tabla 35.

Análisis de varianza para la Fibra de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Entre grupos	6.2424	1	6.2424	24969.6	0.000001
Intra grupos	0.001	4	0.00025		
Total (Corr.)	6.2434	5			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.000001) < 0.05 demuestra la diferencia significativa entre la pasta óptima y la pasta control a un nivel de confianza de 95%.

Para conocer si existe diferencia significativa de la fibra entre la pasta control y la pasta optima, se le aplicó la prueba de Tukey (estos resultados son determinados en la tabla 71 y la tabla 72). Como se puede observar, el valor p es 0.000001 (P<0.05) por lo que se afirma que si existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre la pasta control y pasta óptima.

Según Vásquez Q. (2019) Los componentes básicos del grano de maíz en porcentaje medio para la Fibra dietaría es de 4%, mientras que, en la evaluación fisicoquímica del maíz amarillo, se obtuvo fibra dietaría de 7.81%, originando variación por el tipo de grano al que pertenecen. Así mismo el porcentaje de fibra dietaría en la harina maca fue de 5.44%, estos valores fueron importantes en el aporte de fibra total para la pasta óptima ya que supera con facilidad a la pasta control de 0.81 ± 0.32, mientras el porcentaje de fibra dietaría en la pasta óptima es de 2.64%± 0.24. La fibra es la clave para una buena eliminación y tránsito de materia fecal a través de los intestinos, ya que tienen la capacidad de hincharse al absorber agua, generando movimientos peristálticos en el intestino lo que facilita la defecación. (Lopeza C y Pillaca I. 2018.)

Tabla 36.

Análisis de varianza para la Grasa de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Entre grupos	0.476017	1	0.476017	1503.21	0.000003
Intra grupos	0.00126667	4	0.000316667		
Total (Corr.)	0.477283	5			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.000003) < 0.05 demuestra la diferencia significativa entre la pasta óptima y la pasta control a un nivel de confianza de 95%.

Para conocer si existe diferencia significativa de la grasa entre la pasta control y la pasta optima, se le aplicó la prueba de Tukey (estos resultados son determinados en la tabla 73 y la tabla 74). Como se puede observar, el valor p es 0.000003 (P<0.05) por lo que se afirma que si existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre la pasta control y pasta óptima.

Según Badui (2006) menciona que los aceites tienden a experimentar cambios oxidativas conocidas químicamente como rancidez, que tienden a disminuir el valor nutricional y producir compuestos volátiles con olores y sabores repulsivos, por esta razón en la presente tesis se utilizan materias primas bajas en grasas, las cuales sustituyen a la harina de trigo por la Harina de Maca Roja y Harina de Maíz con valores de 2.03% y 4.48% respectivamente, lo cual se ve reflejado en la pasta óptima con un 1.42% ± 0.12, siendo este valor menor al reportado por Leyva G. (2015), empleando harina de haba a un 15% como sustitución de la harina de trigo; dando como resultado un 1.92% de grasa, ambos valores son considerados ideales para en una pasta alimenticia, ya que según Sisson, (2009) la pasta es considerada saludable con un bajo contenido en grasa, elevado contenido en carbohidratos y un considerable contenido de proteína.

Tabla 37.

Análisis de varianza para los Carbohidratos de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Entre grupos	5.7624	1	5.7624	936.98	0.000007
Intra grupos	0.0246	4	0.00615		
Total (Corr.)	5.787	5			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.000007) < 0.05 demuestra la diferencia significativa entre la pasta óptima y la pasta control a un nivel de confianza de 95%.

Para conocer si existe diferencia significativa de los carbohidratos entre la pasta control y la pasta optima, se le aplicó la prueba de Tukey (estos resultados son determinados en la tabla 75 y la tabla 76). Como se puede observar, el valor p es 0.000007 (P<0.05) por lo que se afirma que si existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre la pasta control y pasta óptima.

Así también, el porcentaje de carbohidratos en la pasta óptima estuvo dentro de los márgenes aceptables, dando como resultado 70.59%, siendo este similar al análisis proximal de fideos enriquecidos con quinua y zanahoria elaborado por ASTAIZA (2010) con 70.04%; así mismo el reportado por Leyva G. (2015) empleando harina de haba a un 15% como sustitución de la harina de trigo; dando como resultado un 74.33% de carbohidratos. Estos elevados porcentajes de carbohidratos son el resultado del uso de harina de trigo el cual posee almidón principalmente, el gran aporte energético de la harina de maca (55 -75%) (Guijarro, 2011) y la harina de maíz la cual presenta carbohidratos fácilmente digeribles. (Torres E. 2014), muy recomendables en la dieta diaria de las personas, considerando niños, adolescentes, personas con actividad o desgaste físico, así como también para evitar enfermedades y reducir los tiempos de convalecencia, en los que es necesario la participación del aporte calórico y energético. Gil, (2010).

El tiempo de cocción óptimo en la pasta elaborada fue de 9 minutos, este tiempo es más bajo comparado con lo reportado por Álvarez L. y Avalos Y. (2019) que reporta 11 minutos para el tiempo óptimo de cocción en pastas, a su vez relacionado con el tiempo de cocción de las pastas comunes que es de 10 minutos aproximadamente. La determinación del tiempo de cocción está relacionado al desarrollo de gelificación del almidón de la pasta y al tamaño de partículas de las harinas, ya que mientras menor sea el tamaño de estas, mayor será la inyección de calor en las partículas durante la extrusión, la cual se realiza por presión atmosférica, encontrándose con gránulos de almidón más liberados que en la pasta elaborada industrialmente; ya que esta última presenta una estructura prensada (Muñoz, 2013).

Como parte de la caracterización instrumental de la pasta óptima se evaluó la textura en términos del trabajo empleado para romper la pasta cocida(firmeza), la cual dio como resultado 3.56 mJ. Es importante conseguir una textura apropiada al finalizar la etapa de cocimiento y no transformarse en una masa espesa y pegajosa (Granito et al., 2003), los cuales puede afectar el gusto del consumidor.

Según Sisson, 2009. A las personas de hoy en día les importa la calidad de la pasta durante el cocimiento, así como todas sus características sensoriales y el valor nutricional, siendo óptima la relación entre características fisicoquímicas y tecnológicas que brinda el programa estadístico, dando valores para el color, olor, sabor y textura sensorial entre 5 a 6, que según la valoración de la escala hedónica empleada, se encontraría entre “Me gusta poco” y “Me gusta”, siendo comparado con la pasta control(100% harina de trigo) la cual queda valorado en la categoría de “Me disgusta poco” y “Me gusta poco”.

Los valores del análisis instrumental del color de la pasta óptima representados por la luminosidad, cromaticidad y Angulo de tonalidad, fueron 75.17, 58.82 y 79.94 respectivamente, los cuales se representan en un color con tonalidad amarillenta relativamente claro y con una saturación media. El color amarillo obtenido instrumentalmente

89.82(ver tabla 17) es debido principalmente al contenido de carotenoides presentes en el maíz; principalmente de luteína y zeaxantina las cuales poseen propiedades antioxidantes. (Salinas Y, et. al, 2009). La participación de la harina de maca roja con un valor de tonalidad de 78.39 y cromaticidad de 19.37(ver tabla 17) perteneciente a un color rojizo oscuro, no alteró en gran medida el color de la pasta óptima por la poca cantidad agregada, sin embargo, aumento el grado de cromaticidad(saturación), según Gonzales G, et. al, 2014 el color de la maca depende de su hipocótilo, la cual se encuentra por debajo de la tierra y sobre ella se encuentra la radícula por donde empieza a crecer la planta.

El aumento de masa para la pasta óptima fue de 2.70% siendo mínimamente diferente al obtenido por la pasta control 3.61%. Además, es superior al elaborado por Paucar M. et al (2008) en el Desarrollo de pasta fresca funcional con adición de aislado de proteína de soja y polidextrosa utilizando pimentón como colorante; donde el aumento de masa del producto cocido varió entre 1.40 y 1.64%. Según Paucar M. et al (2008) la variación del incremento de masa puede deberse a la alta humedad inicial característica de la masa fresca.

La pérdida de sólidos para la pasta óptima fue de 0.97% siendo mínimamente diferente al obtenido por la pasta control 0.84%. Levemente inferior al elaborado por Paucar M. et al (2008) en el Desarrollo de pasta fresca funcional con adición de aislado de proteína de soja y polidextrosa utilizando pimentón como colorante; donde la pérdida de sólidos de las muestras de pasta fresca funcional osciló entre 3.80 y 5.56 %.

4.6 EVALUACIÓN COMPARATIVA SENSORIAL DE LA PASTA ÓPTIMA CON PASTAS COMERCIALES

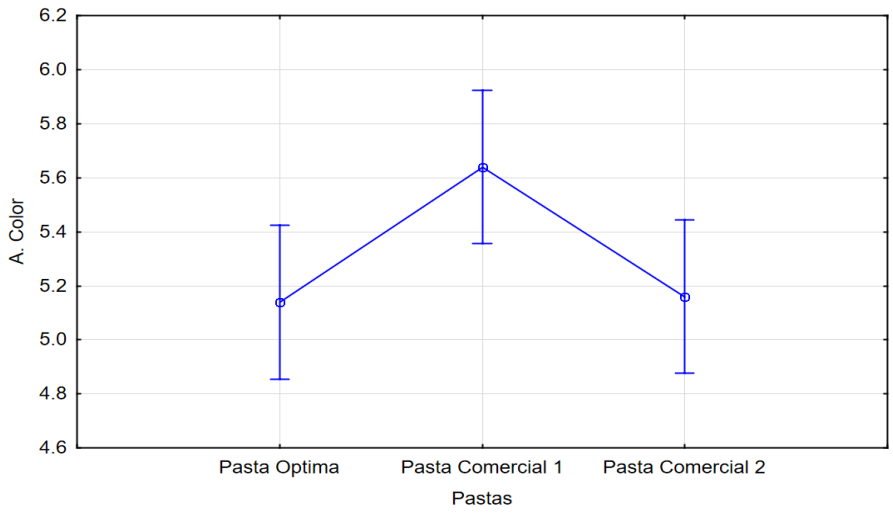
A través de la evaluación comparativa sensorialmente de la pasta óptima con pastas comerciales tipo Fettucine que se obtuvieron con la tabla 40, se realiza el análisis estadístico anova en las propiedades organolépticas (color, olor, sabor y textura) de las pastas evaluadas.

4.6.1 Evaluación sensorial del Color

La tabla 77 muestra la significancia del grado de aceptabilidad de COLOR entre la formulación de pasta óptima con pastas comerciales, así mismo se evalúan las diferencias entre las medias de dichas pastas (figura 63).

Figura 63.

Grafica de medias para Color de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)



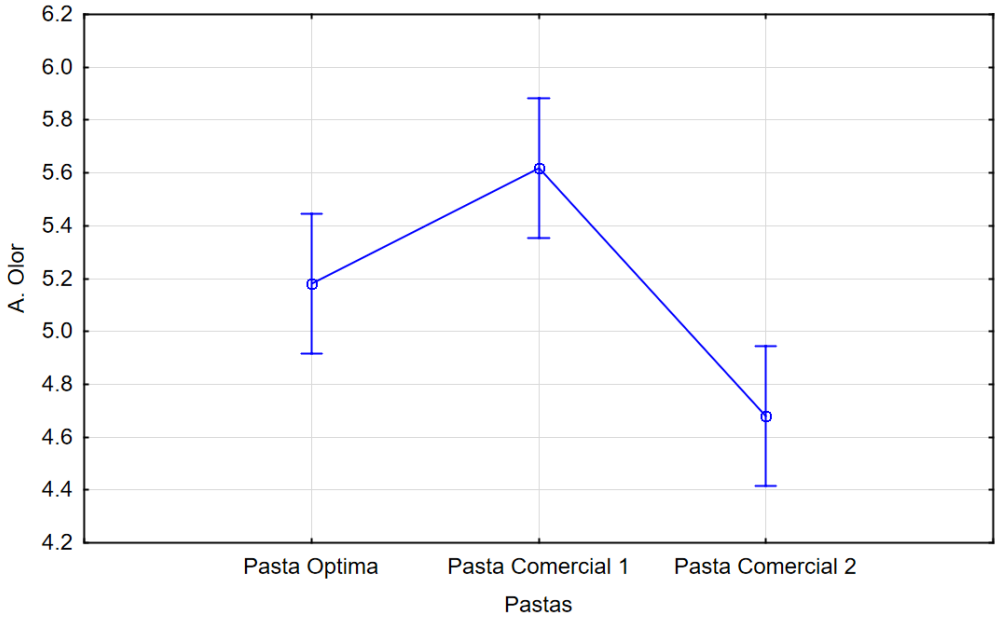
Para conocer que pasta es la que tiene un efecto significativo sobre la aceptabilidad sensorial del color, se aplicó la prueba de Tukey, estos resultados son determinados en la tabla 77,78 y 79. Como se puede observar, los valores de significancia obtenidos entre la Pasta Óptima con la Pasta Comercial 1 es 0,037 y el valor entre la Pasta Comercial 1 con la Pasta Comercial 2 es 0.048; siendo estos valores menores al valor teórico de 0,05, por lo que se puede afirmar, que la Pasta Comercial 1 tiene un efecto significativo sobre la aceptabilidad sensorial del color, también visualizado en la gráfica 63 donde las diferencias de las medias entre todas las pastas dan mayor aceptabilidad a la Pasta Comercial 1.

4.6.2 Evaluación sensorial del Olor

La tabla 80 muestra la significancia del grado de aceptabilidad de OLOR entre la formulación de pasta óptima con pastas comerciales, así mismo se evalúan las diferencias entre las medias de dichas pastas (figura 64).

Figura 64.

Grafica de medias para Olor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)



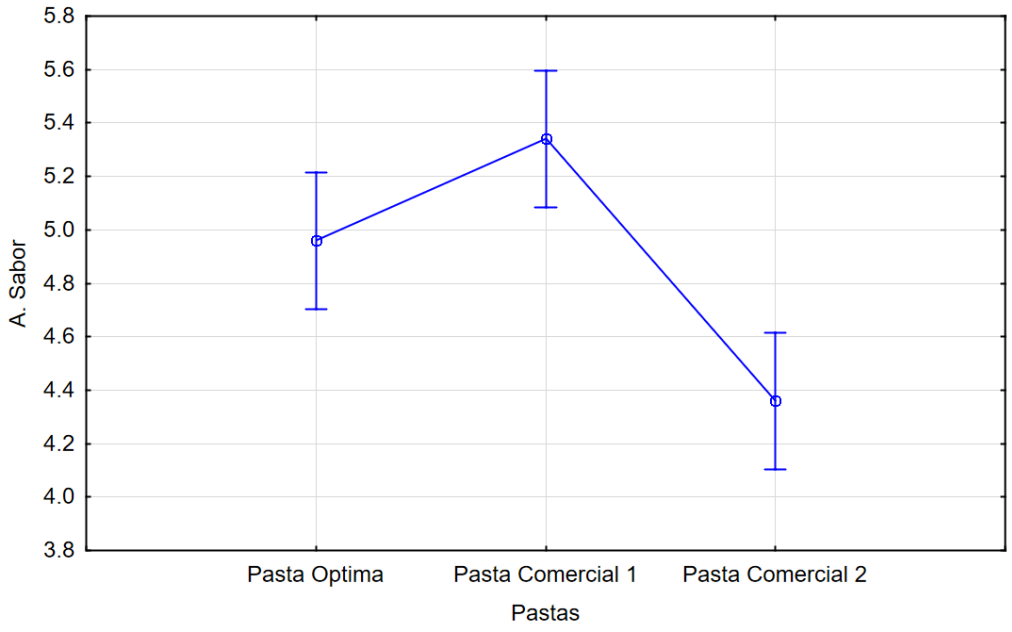
Para conocer que pasta es la que tiene un efecto significativo sobre la aceptabilidad sensorial del olor, se aplicó la prueba de Tukey, estos resultados son determinados en la tabla 80, 81 y 82. Como se puede observar, los valores de significancia obtenidos entre la Pasta Óptima con la Pasta Comercial 2 es 0,023 y el valor entre la Pasta Comercial 1 con la Pasta Comercial 2 es 0.000024; siendo estos valores menores al valor teórico de 0.05, por lo que se puede afirmar, que las Pastas Comercial 2 tiene un efecto significativo sobre la aceptabilidad sensorial del olor, sin embargo, en la gráfica 64 donde se observa las diferencias de las medias entre todas las pastas dan mayor aceptabilidad a la Pasta Comercial 1.

4.6.3 Evaluación sensorial del Sabor

La tabla 83 muestra la significancia del grado de aceptabilidad de SABOR entre la formulación de pasta óptima con pastas comerciales, así mismo se evalúan las diferencias entre las medias de dichas pastas (figura 65).

Figura 65.

Grafica de medias para Sabor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)



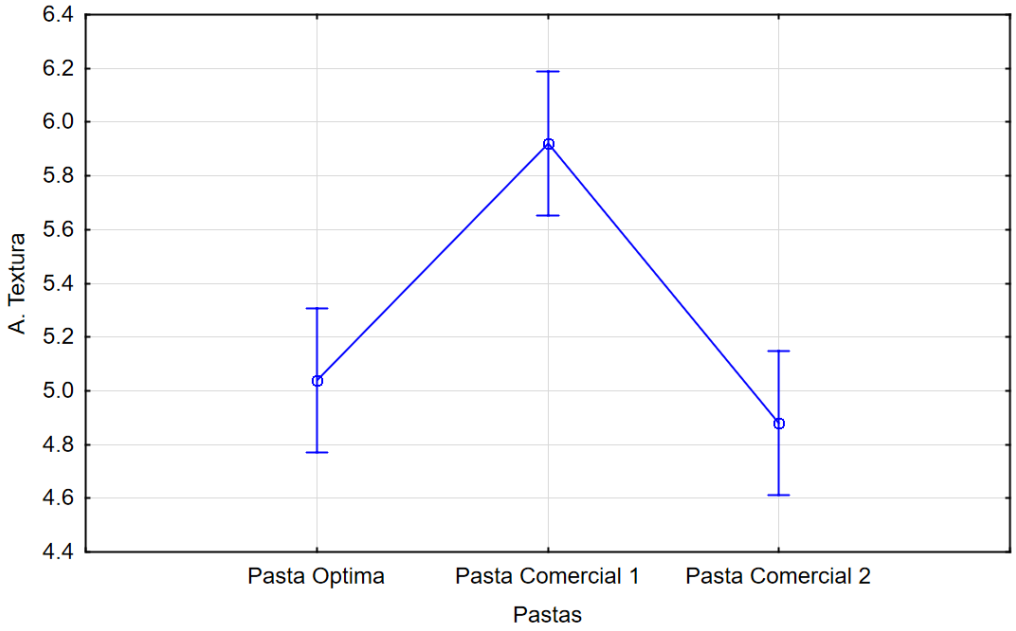
Para conocer que pasta es la que tiene un efecto significativo sobre la aceptabilidad sensorial del sabor, se aplicó la prueba de Tukey, estos resultados son determinados en la tabla 83, 84 y 85. Como se puede observar, los valores de significancia obtenidos entre la Pasta Comercial 2 con la Pasta Comercial 1 es 0.000022 y el valor entre la Pasta Comercial 2 con la Pasta Óptima es 0.0029; siendo estos valores menores al valor teórico de 0,05, por lo que se puede afirmar, que las Pastas Comercial 2 tiene un efecto significativo sobre la aceptabilidad sensorial del sabor, sin embargo, en la gráfica 65 donde se observa las diferencias de las medias entre todas las pastas dan mayor aceptabilidad a la Pasta Comercial 1

4.6.4 Evaluación sensorial de la Textura

La tabla 86 muestra la significancia del grado de aceptabilidad de TEXTURA entre la formulación de pasta óptima con pastas comerciales, así mismo se evalúan las diferencias entre las medias de dichas pastas (figura 66).

Figura 66.

Grafica de medias para Textura de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)



Para conocer que pasta es la que tiene un efecto significativo sobre la aceptabilidad sensorial de la textura, se aplicó la prueba de Tukey, estos resultados son determinados en la tabla 86, 87 y 88. Como se puede observar, los valores de significancia obtenidos entre la Pasta Comercial 1 con la Pasta Óptima es 0.00034 y el valor entre la Pasta Comercial 2 con la Pasta Comercial 1 es 0.000022; siendo estos valores menores al valor teórico de 0,05, por lo que se puede afirmar, que la Pasta Comercial 1 tiene un efecto significativo sobre la aceptabilidad sensorial de la textura, sin embargo, en la gráfica 66 donde se observa las diferencias de las medias entre todas las pastas dan mayor aceptabilidad a la Pasta Comercial 1.

4.6.5 Aceptabilidad entre la pasta óptima y pastas comerciales

Según los resultados de la encuesta realizada a 50 panelistas semientrenados (según Anexo 1) para determinar la pasta más aceptable entre la pasta óptima, pastas comerciales y otras (tabla 38), se concluyó que la pasta óptima presenta la mayor aceptabilidad de todas las formulación con 46%, en comparación con la Pasta Comercial 1 que obtuvo 34% y frente a la Pasta Comercial 2 que logro solo el 2% de aceptabilidad, además; las pastas de los Tratamientos del 0 al 8, obtuvieron una puntuación porcentual del 18%. Además, según las gráficas 66, 67, 68 y 69 las diferencias de las medias entre las pastas nos indican que la pasta optima es superior a la Pasta Comercial 2 y ligeramente inferior a la Pasta Comercial 1, con lo que se afirma que puede competir sensorialmente y nutricionalmente en el mercado.

Tabla 38.

Porcentaje de Aceptabilidad sensorial de todos los tratamientos

Pastas	Tratamientos	%
Pasta Óptima	T9 - T10 - T11	46%
Pasta Comercial 1	T12	34%
Pasta Comercial 2	T13	2%
Otros	T0 al T8	18%

Nota. Esta tabla representa porcentualmente la Aceptabilidad sensorial de todos los tratamientos elaborados en la presente tesis, siendo T12 Y T13 pastas comerciales.

V. CONCLUSIONES

- La elaboración de pastas tipo fettucine con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz y harina de maca roja, cumplen con los requisitos permitidos según la N.T.P. 206.010:2016.
- Las características fisicoquímicas de las harinas de trigo, maíz y maca roja obtenidos; son similares a lo reportado en las Tablas de Composición de Alimentos (2017), sin embargo, la harina de trigo obtuvo un mayor contenido de ceniza (2.17%) y la harina de maca roja un valor más elevado en el contenido de proteína (14.12%).
- El computo químico de las pastas obtuvieron un porcentaje mayor al 100%, de igual forma el porcentaje del aminoácido lisina sobrepasa el 70% recomendado por la FAO/OMS incrementándose al emplear mayor harina de maca; como lo visualizado en el tratamiento 8 con 74.53% de lisina, siendo la excepción del tratamiento 7 (69.42% de lisina).
- En la evaluación sensorial de la pasta los puntos centrales (T9, T10 Y T11), fueron los tratamientos óptimamente agradables para su consumo, los cuales están designados dentro de la escala hedónica entre el 5 y 6, siendo el valor 5 “me gusta poco” y 6 “me gusta”, competiendo con las marcas nacionales locales.
- De acuerdo al diseño experimental DCCR 2^2 el tratamiento compuesto por H. Trigo: 82%; H. Maca Roja: 7% y H. Maíz: 11% (punto central), maximiza las variables dependientes, obteniéndose una deseabilidad de 0.76.
- La mezcla de harinas que conforman la pasta óptima, muestra características farinograficas, amilograficas y extensograficas de una harina fuerte, con buena absorción de agua, consistencia, extensibilidad y resistencia a temperaturas elevadas, ideal para elaborar otros productos de panificación.
- La pasta óptima presenta una composición química proximal que eleva el porcentaje de proteína (12.23 ± 0.03%) y fibra (2.85 ± 0.01%), siendo estos valores superiores a una pasta comercial elaborada con solo harina o sémola de trigo, y a su vez emplea menor tiempo de cocción (9 min).

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación con otro tipo de maca y maíz, para emplearlas en la elaboración de diferentes productos agroindustriales.
- Realizar un estudio de almacenamiento en condiciones aceleradas a la pasta alimenticia obtenida, determinando su vida útil y el mejor empaque para su conservación.
- Realizar un estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de este nuevo producto, incentivando la producción nacional de trigo, maíz y maca roja en nuestro País.
- Realizar la caracterización reológica de la harina de trigo a usar, pues esto nos asegura que no haya desperfectos en la pasta, asegurando así su calidad antes y después de su cocción.
- Trabajar con la misma granulometría o la más cercano posible, pues así evitaremos aseguraremos una mejor absorción de agua para la masa.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Afaray A. (2014) Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Tacna, Perú.
- Agroquimicos arca SA de CV (2021) *Morfologia del maíz* https://www.facebook.com/1064814503718810/photos/a.1285340131666245/1606088072924781/
- Aliaga R. (2000) *Raíces andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación V. Maca (Lepidium meyenii)* Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Alvarado Mamani A. (2010) Elaboración de fideos precocidos a partir de harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule Allen) como sustituto parcial de la harina de trigO (Triticum vulgare). Puno, 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
- Álvarez, Fernández, Garma-quen, Heredia y Romero G (2013) *Actividad antioxidante de cinco variedades de maíz cultivadas en Campeche*. México https://www.redalyc.org/pdf/856/85629226001.pdf
- Alvarez D. (2011) Reingenieria del farinógrafo y extensógrafo de los laboratorios de investigación en tecnología de alimentos perteneciente a la facultad de ciencia e ingeniería de alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. Sangolquí – Ecuador
- Anzora M., Mejia L. y Monge S. (2019) DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE PASTA TIPO TALLARINES A BASE DE HARINAS DE YUCA (Manihot esculenta), ARROZ (Oryza sativa) Y MORINGA (Moringa oleífera). San Salvador, El Salvador.
- Araujo A. (2017) Caracterización de flujos de harina de trigo (Triticum aestivum) de cada pasaje de molienda en “Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.”. Ambato, Ecuador
- AOAC 965-22 (1997) **Métodos Oficiales de Análisis.** ASOCIACIÓN DE QUÍMICOS ANALÍTICOS OFICIALES. 16 ed. Washington: AOAC, 1997. v. 2.
- Badui Dergal S. (2006). Química de los alimentos. Cuarta edición. editorial Pearson educación de México, S.A. de C.V
- Beltrán, S. y Puerto, P (2006) “*Transformación de la seta comestible Shiitake (Lentinula edodes) en harina como sustituto para elaborar galleta dulce de regado”.*

[Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Alimentos.] Universidad de la Salle. Bogota, Colombia. pp 52.

- Benion (1970) ”Fabricacion del Pan”. Editorial Acribia Zaragoza- España. Pags: 340-348.
- Bloksma, ah; bushuk, w. 1988. Reología y química de la masa. En:Pomeranz, y. Trigo: química y tecnología. 3 edición saint paul: Asociación estadounidense de químicos de cereales, V. 2, p.131-217. https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4282/Gomez%20Farfan%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Callejo, G. M. J. (2002). Industrias de cereales y derivados. Ediciones MundiPrensa. Madrid. pp. 25-35; 67-72; 90-101; 191-208; 222-23.
- Carvalho, A. V., Marçal de Vasconcelos, A., Silva, P. A., Assis, G. T., y Ramirez, J. L. (2010). *Caracterização tecnológica de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandiocae pupunha*. Ciênc. agrotec., Lavras, 34(4), 9
- Castaño-Corredor, M. (2008). *Maca (Lepidium peruvianum chacón): composición química y propiedades farmacológicas.* Revista de Fitoterapia 8: 21-28.
- Castillo R. y Olivos A. (2018). Formulación de fideos con sustitucion parcial de harina de trigo (Triticum durum) por harina de tarwi (Lupinos mutabilis) y harina de loche (Curcuvita moschata). Chiclayo, Peru.
- Codex Alimentarius (2019), Norma para el Maíz. CXS 153-1985 Adoptada en 1985. Revisada en 1995.
- De la Cruz Quispe, W. H. (2009). Complementación proteica de Harina de Trigo por Harina de Quinua y Suero en pan de molde y tiempo de vida util. Tesis para optar grado de Magister Scientiae, Universidad NAcional Agraria La Molina, Escuela de Postgrado Especialidad de Tecnologia de Alimentos, Lima.
- Espriella Martínez, I (2002). Determinación de la vida útil de spaghetti y fideos doria (elaborados en Barranquilla) bajo condiciones aceleradas. Bogotá, Colombia
- Espinoza C. y Quispe M., (2013) *Manual de tecnología de Cereales y Leguminosas*. Primera Edición. Huancayo. https://maqsolano.files.wordpress.com/2014/04/manual-de-tecnologia-de-cereales.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Agrono- mía de los cultivos andinos. Qañiwa (Chenopodium pallidicaule Aellen).

- Felder R. (2003) Enciclopedia de los Alimentos, pastas alimenticias; distribución y consumo
- Gasco M, Villegas L, Villegas L, Rubio J, Gonzales GF. (2007) *Dose-response effect of Red Maca (*Lepidium meyenii*) on benign prostatic hyperplasia induced by testosterone enanthate.* Phytomedicine.;14(7-8):460-4.
- Gil, A. (2010). Tratado de Nutrición (Segunda ed., Vol. IV). Madrid: Medica Panamericana. Recuperado de: https://books.google.com.ec/books?id=R3xHftuSHp4C&printsec=frontcover&dq=tratado+de+nutricion&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=tratado%20de%20nutricion&f=false
- Gobbetti and M. Gänzle (2013).*Handbook on Sourdough Biotechnology*. In: Springer Science+Business Media New York. New York;
- Gomez F. (2017) "Evaluación del comportamiento reologico de harina de trigo empleando concentrado proteico de kiwicha (*amaranthus caudatus*) como mejorador, para su aplicación en la elaboración de producto de panificación – lambay**e**que 2015" Universidad Señor de Sipán
- Gonzales GF, Gonzales-Castañeda C, Gasco M. (2013) *A mixture of extracts from Peruvian plants (black maca and yacon) improves sperm count and reduced glycemia in mice with streptozotocin-induced diabetes.* Toxicol Mech Methods.; 23(7):509-18.
- Gonzales C, Leiva-Revilla J, Rubio J, Gasco M, Gonzales GF (2012) *Effect of red maca (*Lepidium meyenii*) on prostate zinc levels in rats with testosterone-induced prostatic hyperplasia.* Andrologia;44
- Gonzales GF (2010) *Maca: Del alimento perdido de los Incas al milagro de los Andes: Estudio de seguridad alimentaria y nutricional.* Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas.;17(1):16-36.
- Gonzales G., Villaorduña L., Gasco M., Rubio Julio., y Gonzales C., (2014) Maca (Lepidium meyenii Walp), una revisión sobre sus propiedades biológicas. Lima. Perú
- Granito M., Torres A. y M. Guerra. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. Interciencia, 28, (7), 372-379.
- Guijarro Loaiza D. (2011) Proyecto de factibilidad para la producción y exportación de raíz de maca al mercado chino. Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2011.

- Gustavo F. Gonzales, Leonidas Villaorduña, Manuel Gasco, Julio Rubio, Carla Gonzales (2014) *Maca (*Lepidium meyenii *Walp), una revisión sobre sus propiedades biológicas.* Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica
- Hidalgo Yamashiro, V. y Perez Mejía F. (2018) "Galletas Fortificadas con Harina de Maca y Kiwicha y evaluación de características fisicoquímica sensoriales" [Tesis de Titulación Pre-Grado, Universidad Nacional del Santa.
- Huayna Chara, C. D. (2016). Optimización de formulación de premezcla para la elaboración de queque con sustitución parcial de harina de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y quinua (Chenopodium quinoa Willd) y evaluación de su vida útil. Puno.
- Hurtado P. 2012. Harina de plátano sazón dos variedades como ingrediente funcional para la sustitución parcial en la elaboración de fideos. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Peru
- INTA, 2017 Los procesos de germinación y emergencia en el cultivo de maíz. Recuperado el 15 de agosto del 2016. Disponible en Web: www.intagri.com/articulos/cereales/procesos-de-germinacion-y-emergencia-en-elcultivo-de-maiz#sthash.rf6wM0BH.dpbs.
- Juárez, Z. N., Bárcenas, M. E., y Hernández, L. R. (2014). El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. Universidad de las Américas Puebla, México. Obtenido de **http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-81-Juarez-et-al-2014.pdf**
- LACPA-IUE (2015) Manual: Instrucción de uso de equipos) Versión 1
- León Carrasco J (2022) *Producción peruana de maíz amarillo duro cayó 25.3% en agosto del 2022.* Diario Agraria- Peru https://agraria.pe/noticias/produccion-peruana-de-maiz-amarillo-duro-cayo-25-3-en-agosto-29774
- León Carrasco J (2022) *Producción peruana de maíz* https://agraria.pe/noticias/produccion-peruana-de-maiz-amarillo-duro-cayo-25-3-en-agosto-29774
- León V. S., Paucar M. L. y Sifuentes P. G. (2015) *Estudio de la Maca (Lepidium meyenii Walp.), cultivo andino con propiedades terapéuticas* http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v6n2/a07v6n2.pdf
- Leyva L, (2019) Maca negra www.tuberculos.org/maca/negra/
- Leyva G. (2015). Efecto de la harina de haba (vicia faba l.) sobre las propiedades reológicas y calidad de pastas alimenticia. Tarma, Perú.

- Lezcano (2015) Manual de BPM en Panaderías y Confiterías, Pag: 80-85. Argentina Manual de BPM en Panaderías y Confiterías by Alimentos Argentinos - Issuu
- Loli y Vasquez, (2015) Evaluación de las características fisicoquímicas, Nutricionales y reologicas de las mezclas de marina de Cereales y leguminosa. Universidad Nacional del Santa
- Lopeza C y Pillaca I. (2018). Formulacion de fideos con sustitucion parcial de harina de trigo (Triticum durum) por harina de zarandaja. Diseño y Desarrollo de nuevos productos. Pimentel- Perú.
- Maningat, C.C.; Seib, P. A.; Bassi, S. D.; Woo, K. S.; Lasater, G. D. Starch: Chemistry and Technology. Third Edition. 2009. p. 441-510. ISBN: 978-0-12-746275-2.
- Marthe F., Schütze W., Krüger H., Scholze P., Kramer R. y Ryschka U. (2003). Maca (Lepidium meyenii): cultivation, resistance and composition of secondary metabolites under European conditions. Poster Session. In: Knüpffer H. y Ochsmann J. (Eds). 2003. Rudolf Mansfeld and Plant Genetic Resources. Proceedings of a symposium dedicated to the 100th birthday of Rudolf Mansfeld, Gatersleben, Germany, 8-9 October 2001. 290 - 293.
- Márquez Siguas, B. (2014). Métodos de muestreo en cenizas y grasas: Refrigeración y congelación de alimentos. Universidad Nacional de San Agustin, Arequipa.
- Martinez M.(2008)“Pasta adicionada con harina de plátano; Digestibilidad y capacidad antioxidante.”, Jiutepec, Mexico.
- Masagué, O.A., 2004. Influencia del ambiente durante la etapa de llenado del grano en la expresión de la calidad comercial de un híbrido de maíz colorado duro. Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, p. 65
- Matus, I., y Vega, A. (2004). Capítulo 1 Variedades. En M. Mellado Z., Boletin de Trigo 2004 Manejo Tecnológico (págs. 7-26). Chillán, Chile: Trama Impresores S.A.
- Mejia R. y Quintanilla J. (2018). Desarrollo de pastas elaboradas a base de harina de trigo y lechuga (Lactuca sativa) deshidratada en polvo o harina de cáscara de zanahoria (Daucus carota). El Zamorano, Honduras
- Migliori, M. de Cindio, B. y Correra, S. (2009). *Rheological modelling of dough formation during farinografic test*. En 5th International Symposium on Food Rheology and Structure, Zurich, Suiza. https://isfrs.agrl.ethz.ch/isfrs/proc_2009/374-377.pdf

- Ministerio de Agricultura y Riego (2020) *Manual Técnico del Cultivo de Maíz Amarillo Duro – Perú*
- Ministerio de Agricultura y Riego (2020) *Análisis económico por cultivo priorizado – Maiz amarillo duro*
- MINAGRI (2019). *Serie histórica de maíz amarillo duro en el Perú. 1990 – 2019*
- MINAGRI RM - 172(2020) *Marco orientador de cultivos campaña agrícola 2020 - 2021* Dirección general de políticas agrarias ministerio de agricultura y riego
- Montenegro F.M, (2008*) Qualidade Tecnologica da Farinha de Trigo.* Campinas.
- 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. Medellin, Colombia
- Muñoz, G. Consultas (2013) [en línea] < gonzalo.munoz@carozzi.cl> [consulta: 15 marzo]. Lima, Perú
- Naega,(2008).- *Wheat F-lour Testing Book. Wheat and F-lour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality Version 2.* The North American Export Grain Association.
- Nitzke, J y silveira, R. (2005). *Procesamiento de alimentos de origen vegetal.* Instituto de ciencia y tecnología de alimentos-icta. Ingeniería de alimentos. Universidad federal de rio grande. Brasil.
- Nogara, S. 2001. Elaboración de Pastas Alimenticias. Barcelona: Editorial Sintes. 3ra Edición
- Norma de calidad para la comercialización el maíz (2019) Norma XII - S.A.G.y P.1075/94. Argentina
- Norma Técnica Peruana 205. 064: 2015 TRIGO. Harina de trigo para consumo humano. Dirección de Normalización - INACAL.
- Norma Técnica Peruana 206.010. 1981. (2011) Normas de calidad de las pastas y fideos. Revisada 2020
- Norma Técnica Peruana 011.220:1983 (Revisado 2011): Huevos de gallina para consumo humano. Almacenamiento, embalaje, rotulado, conservación y transporte.
- Norma técnica peruana 205.037:1975 (Revisada el 2011): HARINAS. Determinación del contenido de humedad. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 206.011:1981 (Revisada el 2011): BIZCOCHOS, GALLETAS, PASTAS Y FIDEOS. Determinación de humedad. Lima: INDECOP1.

- Norma Técnica Peruana 205.038:1975 (Revisada el 2011): HARINAS. Determinación de cenizas. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 206.012:1981 (Revisada el 2011): BIZCOCHOS, PASTAS Y FIDEOS. Determinación del contenido de cenizas. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 205.003:1980 (Revisada el 2011): CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de la fibra cruda. Lima; INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana 205.005:1979 (Revisada el 2011): CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl). Lima: INDECOPI.
- Oec (2020) *Maíz en el Perú – Exportaciones e Importaciones* https://oec.world/es/profile/bilateral-product/corn/reporter/per#:~:text=Exportaciones%3A%20En%202020%2C%20Per%C3%BA%20export%C3%B3,106%20m%C3%A1s%20exportado%20en%20Per%C3%BA.
- Oré R, Suárez S, Rojas L, Valdivieso R, Oriondo R, Tapia F, *et al*. (2011) *Efecto del extracto acuoso de maca sobre la función cognitiva en ratas recién destetadas.* An Fac Med.;72(1):13-6.
- Ortigoza Guerreño J, López Talavera C y Gonzales Villalba (2019) *Guía Técnica del Cultivo de maíz.* San Lorenzo, Paraguay
- Palacios Rojas (2018) *Calidad nutricional e industrial de maíz.* Laboratorio de calidad Nutricional de Maíz. México
- Pantanelli, A (1996) *Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo.* aaprotrigo.org/calidad%20panadera/parametros_industriales_calidad_trigo.htm
- Pantoja T. y Prieto R, (2014) "*Evaluación Tecnológica Y Sensorial De Pastas Alimenticias Enriquecidas Con Harina De Quinua (Chenopodium Quinua Wild.) Y Tarwi (Lupinus Mutabilfs Sweet)"* Tesis Para Optar El Titulo Profesional De Ingeniero Agroindustrial
- Paucar M., De Silva, De Azevedo B, Mazal, Matta F., Alegría A., Collares Q.(2008) Desarrollo De Pasta Fresca Funcional Con Adición De Aislado DeProteína De Soja Y Polidextrosa Utilizando Pimentón Como Colorante. Universidad Estadual de Campinas
- Paucar Menacho y Moreno Rojo (2019) Guía de Practica de Análisis físicos de Granos. Universidad Nacional del Santa

- Pizzinatto, a. (1999) *Calidad de la harina de trigo: concepto, condicionante y Parámetros de evaluación y control.* São paulo: ital, P.72.
- Ramos Gamiño F (2013) *Maíz, trigo y arroz, los cereales que alimentan al mundo.* Universidad Autónoma de Nuevo Leon – Monterrey México
- Rapo-Carrasco R. y Encina Zelada C. R. (2008). "Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: Quinua (Chenopodium quinoa), Kañiwa (Chenopodium pallidicaule)y Kiwicha (Amaranthus caudatus)." Revista de la sociedad química de Perú 74(2): 85-99.
- Republica (2016) *Producción y exportación de la maca peruana.* https://larepublica.pe/economia/892419-produccion-y-exportacion-de-la-maca-peruana/
- Rodrigo ME, Valdivieso R, Suárez S. (2011) Disminución del daño oxidativo y efecto hipoglicemiante de la maca (*Lepidium meyenii* Walp) en ratas con diabetes inducida por streptozotocina. An. Fac. Med.;72(1):7-11.
- Rubio J, Caldas M, Dávila S, Gasco M, Gonzales GF. (2006) *Effect of three different cultivars of* Lepidium meyenii *(Maca) on learning and depression in ovariectomized mice*. BMC Complement Altern Med;6:23
- Sánchez H, et. al, (2009) "Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de tarwi (Lupinus mutabilis sweet) en la calidad de fideos", Lima-Perú.
- Saldivar, S. O. (2013) *Química, almacenamiento e industrialización de los cereales,* 2nd ed.; AGT-EDITOR S.A.: México, D.F.
- Salinas Y., Saavedra S., Ruíz J. y Trujillo E. (2009) Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces (Zea mays L.) amarillos cultivados en el Estado de México. Texcoco, México.
- Salinas-Moreno, Y.; Vázquez-Carrillo, G. (2006) *Metodologías de análisis de calidad nixtamalera-tortillera en maíz*.; Folleto Técnico; 24; Chapingo, Edo. de México.
- Sandoval, G., Paredes, D., Álvarez, M., y Brito, S. (2010): Manual de elaboración de pastas alimenticias. Senescyt. Ecuador.
- Serna Schmiele et al. (2011) *Influencia de la adición de harina integral de avena, copos de avena y aislado proteico de soja en calidad tecnología de bolo inglés*. Boletín del Centro de Investigación de Procesamiento de Alimentos, v.29, n.1, p.71-82, 2011.

- Sigcha a. (2017) “Evaluación del rendimiento de cuatro híbridos de maíz duro a tres distancias de siembra (zea mays l.)” En el cantón Loreto, Provincia de Orellana. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- ecuador
- SISSON, G.C. (2009) “Intensive Agric Sustainability: Afarming System: Sustainability and the Environment, Vancouver, Canada.
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-radovic, B., y Jovanovic, Z. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (Chenopodium quinoa Willd .) as an ingredient in bread formulations. Journal of Cereal Science, 55(2), 132–138. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010
- Stauffer, C. (2007). *Principles of Dough Formation*. En Cauvain, S.
- Torres E. 2014. Elaboración de fideos enriquecida con harina de frijol de palo (Cajanus cajan Linneo) pigmentado con harina de zapallo (Cucúrbita máxima) Tingo María. Peru
- Vasquez J. 2019. Caracterización de los aspectos morfológicos de híbridos de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en suelos de restinga. Pucallpa, Perú.
- United States Department of Agriculture (2022). United States Department of Agriculture
- Urango M (2018) *Componentes del maíz en la nutrición humana*. Univer**r**sidad de Antioquia
- Vivanco C., Martínez M, Farías G, Martínez F, Zaragocín A, Mackliff J, Sánchez (2018) Cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo y almidón de frutipan (*Artocarpus altilis*) artículo científico en Revista de Investigación Talentos Volumen V(2) 12-16 Vista de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo y almidón de frutipan (Artocarpus altilis) | Revista de Investigación Talentos (ueb.edu.ec)
- Young, L. (2009) *Technology of Breadmaking*, (pp. 299-332). New York, USA: Springer.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Formato de análisis sensorial por escala hedónica

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Nombre……

Fecha: ……/……/ 2023

Buen día Estimado participante. Usted está recibiendo 14 muestras de **Pastas tipo Fettucine**. Favor, califique a su criterio el color, aroma, sabor y textura de las muestras dadas, usando la siguiente escala:

Tabla 39.

Escala hedónica de evaluación sensorial para pastas

PUNTAJE	CATEGORÍA
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Me disgusta poco
4	Ni me gusta, ni me disgusta
5	Me gusta poco
6	Me gusta
7	Me gusta mucho

Tabla 40.

Tabla de calificación para cada atributo de las pastas

CODIGO DE MUESTRA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
T0				
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				
T6				
T7				
T8				
T9				
T10				
T11				
T12				
T13				

¿Qué código de muestra comprarías?

_____

Observaciones/ Sugerencias:

_____

_____

¡Gracias por tu participación!

Figura 67.

Área de degustación de la Planta Piloto para pastas

Figura 68.

Panelistas semi-entrenados en la degustación de pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y maíz

Anexo 2. Medición de colorimetría de las pastas alimenticias

Procedimiento:

- Calibrar el colorímetro con el blanco.
- Determinar la luminosidad descrita por *L. El color negro representa una luminosidad de O mientras que el blanco representa una luminosidad de 100. Los parámetros de a* y b* se utilizan para evaluar la cromaticidad y el ángulo de tonalidad. Para el cálculo se utiliza las siguientes ecuaciones:

  Cromaticidad = (a*2 b*2)1/2

  Ángulo de tonalidad = arctg (b*/a*)

- Seleccionar el espacio de color en el cual se va realizar la lectura.
- Tomar una muestra y colocarlo en Colorímetro.
- Limpiar el objetivo del colorímetro después de realizada cada una de las lecturas.
- Anotar los valores de los parámetros L*, a*, b*.

Figura 69.

Medición colorimétrica para las materias primas y las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y maíz

Anexo 3. Medición colorimétrica de los tratamientos de las pastas alimenticias

Tabla 41.

Medición colorimétrica de los tratamientos de las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y maíz

Tratamientos	Colorimetría					Apariencia de color
	L*	a*	b*	C*	T*	
T0	87.35 ± 0.46	1.20 ± 0.47	28.14 ± 0.63	28.17 ± 0.62	87.54 ± 0.98	
T1	76.99 ± 0.84	10.98 ± 0.27	54.98 ± 1.08	56.07 ± 1.00	78.70 ± 0.48	
T2	74.20 ± 0.38	11.63 ± 0.31	55.22 ± 1.08	56.43 ± 1.09	78.10 ± 0.29	
T3	68.08 ± 1.37	14.64 ± 1.37	61.32 ± 0.79	63.05 ± 0.73	76.57 ± 1.27	
T4	72.21 ± 0.92	14.64 ± 1.37	62.02 ± 0.34	63.74 ± 0.50	76.72 ± 1.18	
T5	71.14 ± 0.45	13.79 ± 0.49	62.32 ± 0.57	63.83 ± 0.46	77.52 ± 0.54	
T6	72.24 ± 0.40	12.54 ± 0.79	63.94 ± 0.31	65.16 ± 0.18	78.90 ± 0.73	
T7	76.18 ± 0.33	11.77 ± 0.78	51.64 ± 0.90	52.97 ± 0.85	77.16 ± 0.90	
T8	70.10 ± 1.85	12.90 ± 0.24	58.37 ± 0.95	59.78 ± 0.91	77.53 ± 0.35	
T9	75.18 ± 0.91	10.24 ± 0.77	57.90 ± 0.72	58.80 ± 0.79	79.97 ± 0.68	
T10	75.17 ± 0.72	10.27 ± 0.25	57.93 ± 0.85	58.83 ± 0.80	79.94 ± 0.37	
T11	75.16 ± 0.87	10.27 ± 1.06	57.91 ± 0.06	58.82 ± 0.13	79.95 ± 1.03	

Figura 70.

Pastas tipo fettucine con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca roja y maíz

Anexo 4. Determinación de la humedad en las harinas

Procedimiento

- Esterilizar la placa petri por 40 minutos, a fin de eliminar el mayor contenido de humedad, luego enfriar dentro de una campana de desecación
- Pesar 5 gramos de la muestra, con aproximación de 0,0001 g, en la placa petri, de manera rápida a fin de evitar toda alteración en el contenido de humedad. Registrar este peso.
- Colocar la placa petri destapado con la muestra en la estufa a 105 °C durante 3 horas, después que la estufa alcanza los 105 °C.
- Sacar la muestra de la estufa y luego enfriar en una campana de desecación durante 15 minutos.
- Retirar del desecador una vez frio y pesar. Registrar este dato.
- Calcular y expresar los resultados de humedad, expresado como pérdida de masa referida a 100 gramos de muestra original.

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

Dónde:

- M= Masa de la muestra original (gramos)
- M_1= Masa de la muestra húmeda (gramos)
- M_2= Masa de la muestra seca (gramos)

Figura 71.

Determinación de humedad para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja

Anexo 5. Determinación de grasa en las harinas y pastas

Procedimiento

- Se pesan de 3 a 5 g de muestra seca, empaquetándolo en papel filtro y se coloca en la cámara de extracción del equipo Soxhlet. Agregar hexano hasta una parte del mismo sea sifoneado hacia el balón (125ml).
- Seguidamente se conecta a la fuente de calor. Al calentarse el solvente se evapora y asciende a la parte superior del equipo, allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al balón por sifoneado arrastrando consigo el extracto etéreo. El ciclo es cerrado, la velocidad de goteo del hexano debe ser 45 a 60 gotas por minutos. El proceso dura de 2 a 4 horas dependiendo del contenido graso de la muestra y de la muestra en sí.
- El hexano se recibe en el balón previamente secado y tarado.
- Retirar el balón con el extracto etéreo cuando ya no contenga hexano. Evaporar el solvente permanente en el balón, con una estufa (30 minutos por 105°C), enfriar en una campana de desecación por un espacio de 30 minutos y pesar:

  Cálculos:

$$\%Grasa = \frac{A_2 - A_1}{m} x100$$

  Dónde:

- A2 = peso del balón con el hexano etéreo (g)
- A1= peso del balón vacío (g)
- M = peso de la muestra (g)

Figura 72.

Determinación de grasa para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja

Anexo 06. Determinación de cenizas en las harinas y pastas

Procedimiento

- Pesar el crisol seco previamente tarado y deshumedecido. Registrar este dato.
- Pesar 3 - 5 gramos de la muestra, con aproximación de 0,0001 g, en un crisol previamente pre secado y tarado. Registrar su dato.
- Se Pre incinera la muestra en una cocina eléctrica.
- Colocar la muestra en una mufla para su calcinación a una temperatura entre 525 ºC, hasta masa constante aproximadamente 4 horas.
- Retirar el crisol de la mufla y enfriar en un desecador.
- Retirar del desecador una vez frío y pesar.
- Calcular y expresar los resultados de cenizas en porcentaje de masa seca de la muestra mediante la siguiente formula:

$$\%Cenizas = \frac{P_1 - P_2}{P} x100$$

Dónde:

P = Masa de la muestra, en gramos

P_1 = Masa del crisol con cenizas, en gramos

P_2 = Masa del crisol vacío, en gramos

Figura 73.

Determinación de ceniza para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja

Anexo 7. Determinación de proteínas en las harinas y pastas

Procedimiento

- Pesar **1 gramo** de la muestra antes preparada con precisión de 0,1 mg, sobre un trozo de papel sin cenizas y colocar con cuidado en el balón de digestión Kjeldalhl (evitar que la muestra se derrame por el cuello del balón).
- Agregar 10 gramos de la mezcla catalizadora (Sulfato de Potasio (K2SO4) - Sulfato de Cobre (CuSO4 .5H2O), y **30 ml de Ácido Sulfúrico** concentrado.

✓ **Digestión**

- Colocar el balón en el aparato de digestión y calentar la mezcla de digestión a temperatura baja hasta que cese la formación de espuma
- Continuar calentando hasta obtener una solución transparente (o hasta que alcance un color azul –verde claro) libre de partículas de carbón y continuar con el calentamiento por 30 minutos más.
- Enfriar el balón a temperatura ambiente (aprox. 25 min) tapado con un tapón de jebe de neopreno y después agregar 200 ml de agua destilada, y agitar con movimientos giratorios para mezclar.

✓ **Destilación**

- Preparar un matraz Erlenmeyer de 300 ml, que contenga 50 ml de Ácido Sulfúrico al 0.1 N, añadir indicador (Rojo de Metilo) 3 a 4 gotas al matraz Erlenmeyer (en el cual se va a recoger el NH3 destilado) y colocarlo a la salida del refrigerante cuidando que el extremo de la pipeta colectora quede sumergido en la solución.
- En el balón de destilación agregar los agentes activantes, 70 ml de solución de NaOH al 50% a la muestra digestada diluida que se encuentra a temperatura ambiente, por la pared lateral del balón de destilación, agitar vigorosamente con movimientos giratorios el balón para mezclar completamente el contenido y empezar el proceso de destilación.

- Destilar hasta el momento que todo el amoniaco haya pasado a la solución, logrando destilar una cantidad mayor o igual a 150 ml de destilado (tener cuidado que al final de la destilación los balones empiezan a sobresaltarse), bajar el matraz Erlenmeyer de 300 ml del receptor y dejar drenar el líquido por la punta de la pipeta colectora de destilado, enjuagando los extremos con agua destilada. Apagar las hornillas calentadoras de destilación.

✓ **Titulación**

- La solución de Ácido Sulfúrico a 0.1 N del matraz destilado, se titula con solución estándar de NaOH 0.1 N, hasta lograr un cambio de color de rosado violeta a amarillo que indica el punto final. Registrar el gasto. El cálculo del contenido de proteínas totales expresada en la siguiente formula:

$$P = \frac{0.0014(V_b f_b - v_a f_a) x F x 1000}{Pm(100 - H)}$$

Dónde:

P = Contenido de proteína por 100 gr de muestra seca.

Vb = Volumen de la solución de ácido sulfúrico 0.1 N en ml.

fb= Factor de la solución acida

Va= Volumen de la solución alcalina 0.1 N en ml.

fa= Factor de la solución alcalina

Pm= Masa de la muestra en gramos

H = Contenido de humedad de la muestra en por ciento en masa, determinado según el Instructivo correspondiente.

F= Factor de conversión de porcentaje de nitrógeno o porcentaje de proteínas, cuyo valor es 5.70 para el trigo y 6.25 para el maíz y la mayoría de cereales.

Figura 74.

Determinación de proteínas para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja

Anexo 8. Determinación de fibras en las harinas y pastas

Procedimiento:

Preparación de la muestra y extracción

a) Homogeneizar, secar y moler la muestra en un homogenizador.
b) Pasar por un tamiz de malla de 0,3 - 0,5 mm.
c) Extraer con éter de petróleo sí el contenido de grasa es superior al 10 %, tres veces con porciones de 25 mL / g de muestra.
d) Anotar la pérdida de peso por la remoción de la grasa y considerarlo en el cálculo final.

Determinación

e) Pesar los crisoles transparentes, y agregar 0.5 g de célite (precisión de 0.0001 g), llevar a la estufa por 3 horas a 130°C, enfriar y anotar peso.
f) Pesar en duplicado alrededor de 1 g de muestra en un vaso de precipitados de 400 mL. El peso de las muestras no debe diferir en más de 20 mg. Registrar m .
g) Agregar 50 mL de tampón fosfato pH 6,0 a cada vaso.
h) Controlar el pH y ajustar a pH 6 ± 0,2 si fuese necesario.
i) Adicionar 0,5 uL de la solución de a amilasa. Cubrir el matraz con papel aluminio, colocarlo en un baño de agua y hervir durante 30 minutos. Agitar a intervalos de 5 minutos. El contenido debe llegar a 80 ºC.
j) Enfriar la solución a temperatura ambiente.
k) Ajustar pH a 7,5 ±0,2 con aproximadamente 15 mL NaOH 0,275 N.
l) Adicionar 100 uL de proteasa. Cubrir el matraz con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60 ºC con agitación continua.
m) Enfriar y añadir 27 mL de HCl 0,325N.
n) Medir el pH y agregar gotas de ácido sí fuese necesario. El pH final debe ser 4,0 - 4,6. Añadir 200 uL amiloglucosidasa, cubrir con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60 ºC con agitación continua.
o) Adicionar 280 mL de etanol al 96 % precalentado a 60 ºC.
p) Dejar precipitar a temperatura ambiente por 60 minutos.
q) Pesar el crisol que contiene celite, humedecerlo y redistribuir el celite en el crisol usando etanol al 78 % y aplicar succión.
r) Mantener la succión y transferir cuantitativamente el precipitado al crisol.

s) Lavar el residuo sucesivamente con tres porciones de 20 mL de etanol al 78 %, dos porciones de 10 mL de etanol al 96 % y dos porciones de 10 mL de acetona. Se puede formar goma con algunas muestras, atrapando el líquido. Sí así fuera, rompa la película de la superficie con espátula para mejorar el filtrado. El tiempo de filtración y lavado variará de 0,1 a 6 horas, con un promedio de 1 1/2 hora por muestra. Se pueden evitar tiempos largos de filtración, mediante una succión intermitente y cuidadosa.

t) Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en estufa de aire a 105 ºC.

u) Enfriar en desecador y pesar. Restar el peso del crisol y del celite para determinar el peso del residuo. Registrar mg

v) Calcinar el residuo de la segunda muestra del duplicado durante 5 horas a 525 ºC. Enfriar en desecador y pesar.

w) Restar el peso del crisol y del celite para determinar cenizas. Registrar peso

x) Efectuar la determinación del blanco en duplicado y en las mismas condiciones descritas en el procedimiento para el análisis de muestras.

y) Reportar resultados

$$FDT\% = \frac{Peso\ Residuo - Peso\ (\ Ceniza)}{Peso\ Muestra} x100$$

Figura 75.

Determinación de fibra para las materias primas y tratamiento de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja

Anexo 9. Determinación del cómputo químico de las formulaciones

Procedimiento:

$$S_x = \frac{(T)(\%MT) + (TA)(\%MTA) + (AA)(\%MA)}{F}$$

S_x = Score Químico de cada Aminoácido presente en la mezcla (X).

T = Aminoácido del Trigo presente en la mezcla (X).

%MT = Porcentaje de participación del trigo en la mezcla (X).

AM = Aminoácido de la Harina de Maca Roja presente en la mezcla (X).

%MAD = Porcentaje de participación de la Harina de Maca Roja en la mezcla (X).

AA = Aminoácido del Maíz presente en la mezcla (X).

%MA= Porcentaje de participación de la Harina de Maíz en la mezcla (X).

F = Aminoácido patrón de la FAO de la mezcla (X).

Tabla 42.

Perfil de Aminoácidos de las Harina de Trigo, Harina de Maca Roja y Harina de Maíz

Aminoácidos Esenciales	Composición de Aminoácidos (mg/g proteína)			Patrón FAO aminoácidos (mg/g proteínas)
	Trigo	Maíz	Maca Roja	
Isoleucina	35	40	47	30
Leusina	71	125	91	59
Lisina	31	29	54	45
Metionina + Cistina	43	40	28	22
Fenilalanina + Cistina	80	86	31	38
Treonina	31	38	33	23
Triptofano	12	7	0	6
Valina	47	50	79	39
Histidina	35	27	47	15

Tabla 43.

Score Químico de las Harina de Trigo, Harina de Maca Roja y Harina de Maíz

Aminoácidos Esenciales	Composición de Aminoácidos (mg/g proteína)			Patrón FAO aminoácidos (mg/g proteínas)
	Trigo	Maíz	Maca Roja	
Isoleucina	116.67	133.33	156.67	30
Leusina	120.34	211.86	154.24	59
Lisina	68.89	64.44	120.00	45
Metionina + Cistina	195.45	181.82	127.27	22
Fenilalanina + Cistina	210.53	226.32	81.58	38
Treonina	134.78	165.22	143.48	23
Triptofano	200.00	116.67	0.00	6
Valina	120.51	128.21	202.56	39
Histidina	233.33	180.00	313.33	15

Anexo 10. Determinación del tiempo de cocción

- Pesar 10gr de pasta
- Agregar 140ml de agua destilada en un vaso de precipitación
- Calentar el vaso de precipitación hasta lograr la ebullición del agua.
- Agregar la pasta y dejar en cocción.
- Cada 30 segundos ir tomando muestras y colocar muestra entre dos portaobjetos de vidrio hasta que desaparezca el eje central.

Figura 76.

Determinación del tiempo de cocción para los tratamientos de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja

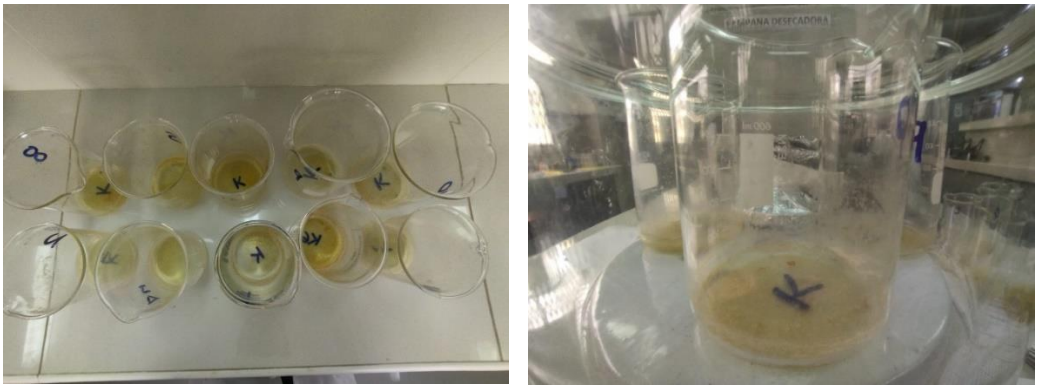
Anexo 11. Determinación del aumento de masa

- Pesar 10 gr de muestra pasta seca
- Agregar 140ml de agua destilada en un vaso de precipitación
- Calentar el vaso de precipitación hasta lograr la ebullición del agua.
- Agregar la pasta y dejar en cocción.
- Darle el tiempo de cocción ideal determinado anteriormente
- Volver a pesar esa muestra de la pasta
- Aplicar la siguiente formula:

$$Aumento\ de\ masa(\%) = \frac{Masa\ de\ muestra\ de\ la\ pasta\ cocida}{Masa\ de\ muestra\ de\ la\ pasta\ seca(10gr)}$$

Figura 77.

Determinación del aumento de masa para los tratamientos de las pastas tipo fetuccini con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja



Anexo 12. Determinación de Pérdida de solidos

- Pesar 10 gr de muestra pasta seca.
- Agregar 140ml de agua destilada en un vaso de precipitación.
- Calentar el vaso de precipitación hasta lograr la ebullición del agua.
- Agregar la pasta y dejar en cocción.
- Darle el tiempo de cocción ideal determinado anteriormente.
- Retirar la muestra de pasta cocida del vaso de precipitación.
- Colocar el vaso de precipitación con el agua de cocción en estufa a 105°C hasta obtener peso constante.

$$Perdida\ de\ solidos(\%) = \frac{Peso\ del\ residuo\ en\ vaso\ de\ precipitacion}{Peso\ de\ la\ agua\ en\ vaso\ de\ precipitacion)} x100$$

Figura 78.

Determinación de la perdida de solidos para los tratamientos de las pastas tipo fettucine con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja

Anexo 13. Análisis de textura para las pastas alimenticias

- Se colocó cada formulación de Pastas Alimenticias sobre el texturómetro Texture Analyzer del Laboratorio de Análisis y Composición de Alimentos.
- Para ello se utilizó una sonda #11: TA 41 Cylinder, 6 mm de diámetro y 35 mm de longitud
- Se procedió a tomar datos, que eran reportados mediante un software en una laptop.

Figura 79.

Determinación de la textura (firmeza) para los tratamientos de las pastas tipo fettucine con sustitución parcial de Harina de Maíz y Maca Roja

Anexo 14. Uso del equipo para elaboración de pastas Italvisa Pastaia 2

- Colocar la harina en la tina, colocar el interruptor de la llave en BAT, y presionar el botón de encendido. En este punto, se debe observar si el batido gira en el sentido de las agujas del reloj. Con la maquina en funcionamiento, agregar gradualmente la porción neta de la receta. Dejar batir hasta que se alcance el punto de masa (granulado). Este punto debe alcanzarse entre los 10 a 15 minutos de amasado.
- Nota. Se debe observar con atención la punta de la masa para que no se seque excesivamente y porque que se atasque a la salida del cabezal, ni excesivamente húmeda lo que la masa se pegue a la batidora y dañe el reductor.
- Una vez obtenido el punto de masa, colocar el interrupto de llave en la posición 0 (cero) durante 3 segundos. Después de este tiempo, cambie al interruptor de llave a la posición EXT, y presione el botón de encendido.
- Para quitar el tráfila de la maquina luego del uso que se le da, coloque el interruptor de llave en BAT, durante unos segundos, para que se reduzca la presión sobe la tráfila, facilitando la extracción de la pieza. Si tiene dificultades para quitar la varilla de alambre de esta manera, retire la tuerca de fijación de la varilla de alambre, coloque el interruptor de llave en la posición EXT, y presione el botón de inicio hasta que la tráfila deje su posición. Después de quitar la varilla de alambra, apague la máquina.

Figura 80.

Equipo Pastaia 2 Marca Italvisa y accesorios

Anexo 15. Procedimiento para el uso del farinografo

Principios de operación (Manual: Instrucción de uso de equipos) LACPA-IUE Versión 1

- Conectar el equipo a una corriente de 220 v
- Encender el farinografo presionando el botón ubicado en el costado derecho del equipo
- Conectar la computadora vía cable usb, comprobar la sincronización entre ambos equipos
- Iniciar el software del equipo, llenar las variables que solicita el programa (muestra, humedad)
- Calibrar el sistema del equipo a las condiciones del método (T=30°C)
- Calibrar el sistema de pesado interno del equipo BRABENDER (dosificador de agua)
- Medir humedad de la muestra para ser ingresado al momento de hacer la programación en el software
- Pesar 300 gramos de harina, colocar en el mixer
- La mezcla se realizará automáticamente
- El dosificador de agua se realizará y calculará por medio del software del equipo, lo cual se nos indicará en el ordenador, el agua a dosificar estará a una temperatura de 30°C
- Apagar el farinografo y desconectar la fuente de energía

Figura 81.

Farinografo Brabender

Anexo 16. Procedimiento para el uso del amilógrafo

- Conectar el equipo a una corriente de 220v, encender el amilógrafo presionando el botón ubicado en el frente del equipo y conectar la computadora vía cable USB, comprobar la sincronización entre ambos equipos
- Inicial el software del equipo, llenar las variables que solicita el programa (muestra, humedad)
- Medir 450 ml de agua destilada mediante una bureta graduada
- Determinar la humedad de la muestra de harina a usar
- Pesar 80 gramos de la muestra de harina
- Colocar la harina dentro de un matraz y verter agua de la bureta gradualmente y agitar constantemente hasta solubilizar (evitar la formación de grumos) y obtener una masa homogénea. Dejar una porción de agua en la bureta
- Una vez obtenida la solución homogénea, incorporar al cilindro de calentamiento y el sobrenadante en el matraz realizar un enjuage con la porción de agua sobrante en la bureta e incorporar todo al cilindro, introducir el agitador dentro del cilindro e indicar el proceso calentamiento
- Condiciones iniciales del proceso: Temperatura: 30°C, Velocidad de calentamiento: 1.5°C/min Al finalizar la prueba se registra una curva y la tabla de los resultados del proceso: Unidades Brabender (UA), Temperatura (°C) y Tiempo (min)
- Apagar el amilógrafo y desconectar de la fuente de energía

Figura 82.

Amilógrafo Brabender

Anexo 17. Procedimiento para el uso del extensógrafo

a. Conectar el equipo a una corriente de 220 v
b. Encender el extensógrafo presionando el botón ubicado en el costado derecho del equipo
c. Conectar la computadora vía cable usb, comprobar la sincronización entre ambos equipos
d. Iniciar el software del equipo, llenar las variables que solicita el programa (muestra, humedad)
e. Calibrar el sistema del equipo a las condiciones del método (T=30°C)
f. Prepara una salmuera del 2% de 300 g. Con una cantidad de agua del 56% de 200 g
g. Pesar 300 gramos de harina y colocar en el mixer
h. Airear la muestra por 1 minuto en el mixer
i. Luego mezclar por 5 minutos dosificando de a pocos la solución de salmuera al 2%
j. Una vez obtenido la masa retirar del mixer y pesar 150 g
k. Bolear y dar forma de un cilindro
l. Colocar la masa moldeada en los ganchos de seguridad
m. La muestra será estirada en 3 tiempos 30, 60 y 90 minutos
n. Colocar la muestra en el fermentador por 30 minutos. Luego colocar en el gancho del equipo para su primer estiramiento, Reconstruir la misma pasa, repetir el paso k y l.
o. Registro de los resultados en el ordenador
p. Apagar el extensógrafo y desconectar de la fuente de energía.

Figura 83.

Extensógrafo Brabender

Anexo 18. Determinación granulométrica

- ✓ Pesar en la balanza 100g de producto a analizar
- ✓ Transferir la muestra al tamiz que debe estar colocando sobre el recolector y tapar
- ✓ Colocar la columna de tamices y fijar ajustando las llaves en el Equipo
- ✓ Encender el equipo enchufando en el tomacorriente que tiene cronometrado el tiempo o tomar el tiempo en el cronómetro (15 minuto).
- ✓ Una vez concluido el tiempo suspender el movimiento del equipo y retirar la columna.
- ✓ Desintegrar los aglomerados pasando suavemente el pincel contra la malla.
- ✓ Pasar la fracción de muestra retenida en el tamiz a una hoja de papel y pesar.
- ✓ Leer y anotar el resultado obtenido en % en la hoja de registro.

Figura 84.

Tamizador eléctrico

Anexo 19. Análisis de Varianza y Coeficiente de regresión para las variables dependientes.

Tabla 44.

Análisis de varianza para proteínas en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	0.036273	1	0.036273	38.3019	0.001606
Harina de Maíz (Q1)	0.000008	1	0.000008	0.0088	0.928998
Harina de Maca Roja (L2)	0.501334	1	0.501334	529.3758	0.000003
Harina de Maca Roja (Q2)	0.005434	1	0.005434	5.7384	0.061965
L1 x L2	0.003025	1	0.003025	3.1942	0.133941
Error	0.004735	5	0.000947		
Total SS	0.551218	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% ($p<0.05$) en la variable proteína para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 45.

Coeficientes de regresión para proteínas en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	**Coeficientes de Regresión**	**Desviación Estándar**	**T(5)**	**p-valor***
Media	12.21937	0.017765	687.8395	0.000000
Harina de Maíz (L1)	-0.13399	0.021650	-6.1889	0.001606
Harina de Maíz (Q1)	0.00239	0.025545	0.0937	0.928998
Harina de Maca Roja (L2)	0.49813	0.021650	23.0082	0.000003
Harina de Maca Roja (Q2)	0.06119	0.025545	2.3955	0.061965
L1 x L2	0.05500	0.030774	1.7872	0.133941

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% ($p<0.05$) en la variable proteína para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 46.

Análisis de varianza para fibra en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	0.878529	1	0.878529	13181.36	0.000001
Harina de Maíz (Q1)	0.054832	1	0.054832	822.70	0.000001
Harina de Maca Roja (L2)	0.389597	1	0.389597	5845.48	0.000001
Harina de Maca Roja (Q2)	0.049087	1	0.049087	736.49	0.000001
L1 x L2	0.000036	1	0.000036	0.54	0.496599
Error	0.000333	5	0.000067		
Total SS	1.348296	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5%($p<0.05$) en la variable fibra para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 47.

Coeficientes de regresión para fibra en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	**Coeficientes de Regresión**	**Desviación Estándar**	**t(5)**	**p-valor***
Media	2.846944	0.004713	604.0887	0.000001
Harina de Maíz (L1)	0.659414	0.005744	114.8101	0.000001
Harina de Maíz (Q1)	-0.194377	0.006777	-28.6827	0.000001
Harina de Maca Roja (L2)	0.439125	0.005744	76.4558	0.000001
Harina de Maca Roja (Q2)	-0.183911	0.006777	-27.1384	0.000001
L1 x L2	0.005982	0.008164	0.7328	0.496599

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% ($p<0.05$) en la variable fibra para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 48.

Análisis de varianza para luminosidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	1.048850	1	1.048850	4.99	0.075853
Harina de Maíz (Q1)	15.046120	1	15.046120	71.5473	0.000379
Harina de Maca Roja (L2)	47.465680	1	47.465680	225.7	0.000024
Harina de Maca Roja (Q2)	4.696210	1	4.696210	22.3314	0.005216
L1 x L2	11.971600	1	11.971600	56.9273	0.000648
Error	1.051480	5	0.210300		
Total SS	77.665960	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5%($p<0.05$) en la variable luminosidad para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 49.

Coeficientes de regresión para luminosidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Coeficientes de Regresión	Desviación Estándar	t(5)	p-valor*
Media	75.175440	0.264726	283.9749	0.000000
Harina de Maíz (L1)	0.720510	0.322624	2.2333	0.075853
Harina de Maíz (Q1)	-3.219870	0.380664	-8.4586	0.000379
Harina de Maca Roja (L2)	-4.846970	0.322624	-15.0236	0.000024
Harina de Maca Roja (Q2)	-1.798870	0.380664	-4.7256	0.005216
L1 x L2	3.460000	0.458581	7.5450	0.000648

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5%($p<0.05$) en la variable luminosidad para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 50.

Análisis de varianza para cromaticidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	1.07680	1	1.076820	1.48	0.277382
Harina de Maíz (Q1)	40.5874	1	40.587360	55.9634	0.000674
Harina de Maca Roja (L2)	71.3831	1	71.383070	98.4	0.000178
Harina de Maca Roja (Q2)	10.3400	1	10.339990	14.2572	0.012945
L1 x L2	0.02720	1	0.027230	0.0375	0.853997
Error	3.62620	5	0.725250		
Total SS	145.86770	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5%($p<0.05$) en la variable cromaticidad para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 51.

Coeficientes de regresión para cromaticidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	**Coeficientes de Regresión**	**Desviación Estándar**	**t(5)**	**p-valor***
Media	58.808780	0.491613	119.6241	0.000000
Harina de Maíz (L1)	0.730050	0.599134	1.2185	0.277382
Harina de Maíz (Q1)	5.288370	0.706919	7.4809	0.000674
Harina de Maca Roja (L2)	5.943990	0.599134	9.9210	0.000178
Harina de Maca Roja (Q2)	-2.669230	0.706919	-3.7759	0.012945
L1 x L2	0.165000	0.851615	0.1937	0.853997

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% ($p<0.05$) en la variable cromaticidad para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 52.

Análisis de varianza para el Ángulo de tonalidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	0.286420	1	0.286420	0.49	0.516828
Harina de Maíz (Q1)	4.970680	1	4.970680	8.4328	0.033637
Harina de Maca Roja (L2)	1.099890	1	1.099890	1.9	0.230171
Harina de Maca Roja (Q2)	10.567140	1	10.567140	17.9272	0.008216
L1 x L2	0.140630	1	0.140630	0.2386	0.645907
Error	2.947230	5	0.589450		
Total SS	16.745960	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% (p<0.05) en la variable Ángulo de tonalidad para los Términos Lineales(L) y Términos Cuadráticos(Q)

Tabla 53.

Coeficientes de regresión para el Ángulo de tonalidad en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	**Coeficientes de Regresión**	**Desviación Estándar**	**t(5)**	**p-valor***
Media	79.949270	0.443203	180.3899	0.000000
Harina de Maíz (L1)	0.376520	0.540135	0.6971	0.516828
Harina de Maíz (Q1)	-1.850690	0.637306	-2.9039	0.033637
Harina de Maca Roja (L2)	-0.737830	0.540135	-1.3660	0.230171
Harina de Maca Roja (Q2)	-2.698390	0.637306	-4.2341	0.008216
L1 x L2	0.375000	0.767754	0.4884	0.645907

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% (p<0.05) en la variable Angulo de tonalidad para los Términos Lineales(L) y Términos Cuadráticos(Q)

Tabla 54.

Análisis de varianza para tiempo de cocción en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	0.34568	1	0.345682	1.65326	0.254842
Harina de Maíz (Q1)	4.35648	1	4.356475	20.83527	0.006032
Harina de Maca Roja (L2)	4.24495	1	4.244949	20.30188	0.006366
Harina de Maca Roja (Q2)	1.66492	1	1.664920	7.96264	0.037029
L1 x L2	0.06250	1	0.062500	0.29891	0.608069
Error	1.04546	5	0.209091		
Total SS	10.53136	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5%($p<0.05$) en la variable tiempo de cocción para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 55.

Coeficientes de regresión para el tiempo de cocción en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	**Coeficientes de Regresión**	**Desviación Estándar**	**t(5)**	**p-valor***
Media	8.99810	0.263966	34.08807	0.000000
Harina de Maíz (L1)	0.41364	0.321698	1.28579	0.254842
Harina de Maíz (Q1)	-1.73258	0.379572	-4.56457	0.006032
Harina de Maca Roja (L2)	1.44949	0.321698	4.50576	0.006366
Harina de Maca Roja (Q2)	-1.07108	0.379572	-2.82182	0.037029
L1 x L2	0.25000	0.457265	0.54673	0.608069

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5%($p<0.05$) en la variable tiempo de cocción para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 56.

Análisis de varianza para el aumento de masa en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	0.074457	1	0.074457	0.299694	0.607614
Harina de Maíz (Q1)	0.515185	1	0.515185	2.073653	0.209408
Harina de Maca Roja (L2)	0.140911	1	0.140911	0.567178	0.485310
Harina de Maca Roja (Q2)	0.001090	1	0.001090	0.004389	0.949748
L1 x L2	0.000625	1	0.000625	0.002516	0.961940
Error	1.242215	5	0.248443		
Total SS	2.010891	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente no significativos al 5% (p>0.05) en la variable aumento de masa para los Términos Lineales(L) y Términos Cuadráticos(Q)

Tabla 57.

Análisis de varianza para la pérdida de solidos en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	**Suma de Cuadrados**	**Grados de Libertad**	**Cuadrados Medios**	**F**	**P***
Harina de Maíz (L1)	0.042141	1	0.042141	0.800594	0.411913
Harina de Maíz (Q1)	0.068235	1	0.068235	1.296337	0.306478
Harina de Maca Roja (L2)	0.006250	1	0.006250	0.118739	0.744427
Harina de Maca Roja (Q2)	0.006534	1	0.006534	0.124138	0.738953
L1 x L2	0.107865	1	0.107865	2.049228	0.211701
Error	0.263185	5	0.052637		
Total SS	0.515870	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente no significativos al 5% (p>0.05) en la variable pérdida de solidos para los Términos Lineales(L) y Términos Cuadráticos(Q)

Tabla 58.

Análisis de varianza para la textura instrumental en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	1.347500	1	1.347500	3.79	0.109129
Harina de Maíz (Q1)	0.372515	1	0.372515	1.0477	0.352992
Harina de Maca Roja (L2)	0.778671	1	0.778671	2.2	0.198989
Harina de Maca Roja (Q2)	0.140042	1	0.140042	0.3939	0.557825
L1 x L2	0.036100	1	0.036100	0.1015	0.762885
Error	1.777857	5	0.355571		
Total SS	4.352073	10			

Nota. Esta tabla muestra que no hay valores estadísticamente significativos al 5% ($p>0.05$) en la variable textura instrumental para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 59.

Análisis de varianza para el color sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	1.34284	1	1.342837	15.90139	0.010451
Harina de Maíz (Q1)	4.35728	1	4.357277	51.59727	0.000814
Harina de Maca Roja (L2)	4.14205	1	4.142045	49.04858	0.000915
Harina de Maca Roja (Q2)	4.70912	1	4.709120	55.76366	0.000680
L1 x L2	0.32490	1	0.324900	3.84735	0.107087
Error	0.42224	5	0.084448		
Total SS	13.19185	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% ($p<0.05$) en la variable color sensorial para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 60.

Coeficientes de regresión para el color sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Coeficientes de Regresión	Desviación Estándar	t(5)	p-valor*
Media	5.32187	0.167755	31.72414	0.000001
Harina de Maíz (L1)	0.81525	0.204444	3.98765	0.010451
Harina de Maíz (Q1)	-1.73274	0.241224	-7.18312	0.000814
Harina de Maca Roja (L2)	-1.43182	0.204444	-7.00347	0.000915
Harina de Maca Roja (Q2)	-1.80134	0.241224	-7.46751	0.000680
L1 x L2	-0.57000	0.290599	-1.96147	0.107087

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% ($p<0.05$) en la variable color sensorial para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 61.

Análisis de varianza para el olor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	0.775130	1	0.775127	0.63	0.462885
Harina de Maíz (Q1)	2.462400	1	2.462397	2.0057	0.215881
Harina de Maca Roja (L2)	0.034200	1	0.034198	0.0	0.873989
Harina de Maca Roja (Q2)	2.967630	1	2.967625	2.4172	0.180726
L1 x L2	1.345600	1	1.345600	1.0960	0.343085
Error	6.138500	5	1.227701		
Total SS	12.468290	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente no significativos al 5% ($p>0.05$) en la variable olor sensorial para los Términos Lineales(L) y Términos Cuadráticos(Q)

Tabla 62.

Análisis de varianza para el sabor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	0.208198	1	0.208198	4.3031	0.092720
Harina de Maíz (Q1)	5.555483	1	5.555483	114.8233	0.000123
Harina de Maca Roja (L2)	0.373398	1	0.373398	7.7176	0.038992
Harina de Maca Roja (Q2)	0.463171	1	0.463171	9.5730	0.027036
L1 x L2	0.144400	1	0.144400	2.9845	0.144642
Error	0.241915	5	0.048383		
Total SS	6.524655	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% ($p<0.05$) en la variable sabor sensorial para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 63.

Coeficientes de regresión para el sabor sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	**Coeficientes de Regresión**	**Desviación Estándar**	**t(5)**	**p-valor***
Media	5.24262	0.126977	41.2878	0.000000
Harina de Maíz (L1)	0.32101	0.154748	2.0744	0.092720
Harina de Maíz (Q1)	-1.95653	0.182588	-10.7156	0.000123
Harina de Maca Roja (L2)	-0.42990	0.154748	-2.7780	0.038992
Harina de Maca Roja (Q2)	-0.56493	0.182588	-3.0940	0.027036
L1 x L2	0.38000	0.219961	1.7276	0.144642

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente significativos al 5% ($p<0.05$) en la variable sabor sensorial para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Tabla 64.

Análisis de varianza para la textura sensorial en las pastas alimenticias con sustitución parcial de harina de Maca Roja y harina de Maíz

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Harina de Maíz (L1)	0.544198	1	0.544198	1.54	0.269042
Harina de Maíz (Q1)	0.863859	1	0.863859	2.4518	0.178164
Harina de Maca Roja (L2)	0.682509	1	0.682509	1.9	0.222722
Harina de Maca Roja (Q2)	0.977072	1	0.977072	2.7732	0.156737
L1 x L2	0.774400	1	0.774400	2.1979	0.198298
Error	1.761654	5	0.352331		
Total SS	5.176655	10			

Nota. Esta tabla muestra los valores estadísticamente no significativos al 5% ($p>0.05$) en la variable textura sensorial para los Términos Lineales (L) y Términos Cuadráticos (Q)

Anexo 22. Prueba de múltiples rangos, significancia y grafico de medias entre la pasta control con la pasta optima

Tabla 65.

Pruebas de Múltiple Rangos para la Humedad de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Control	3	11.35	A	
Pasta Optima	3	10.69		B

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias de la pasta óptima con la pasta control referente a la humedad.

Tabla 66.

Pruebas de Significancia para la Humedad de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Control (u=11.35)	Pasta Optima (u=10.69)
Pasta Control		0.000371
Pasta Optima	0.000371	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas de los grupos entre la pasta óptima con la pasta control referente a la humedad.

Figura 85.

Gráfica de medias para la Humedad de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

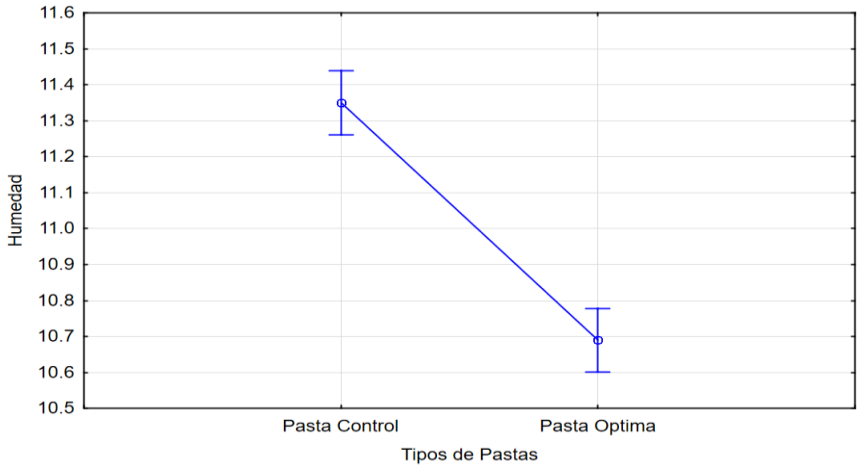


Tabla 67.

Pruebas de Múltiple Rangos para la Proteína de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Control	3	11.00	A	
Pasta Optima	3	12.23		B

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias de la pasta óptima con la pasta control referente a la proteína.

Tabla 68.

Pruebas de Significancia para la Proteína de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Control (u=11.00)	Pasta Optima (u=12.23)
Pasta Control		0.000291
Pasta Optima	0.000291	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas de los grupos entre la pasta óptima con la pasta control referente a la proteína.

Figura 86.

Gráfica de medias para la Proteína de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

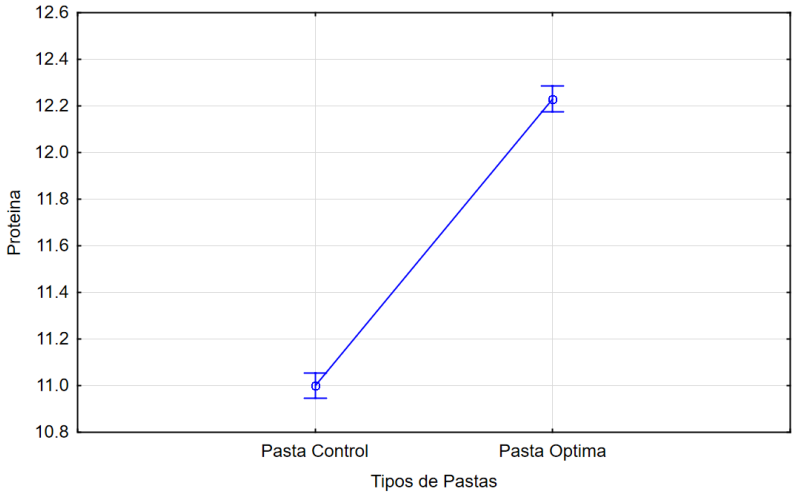


Tabla 69.

Pruebas de Múltiple Rangos para la Ceniza de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Control	3	2.51	A	
Pasta Optima	3	2.42		B

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias de la pasta óptima con la pasta control referente a la ceniza.

Tabla 70.

Pruebas de Significancia para la Ceniza de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Control (u=2.51)	Pasta Optima (u=2.42)
Pasta Control		0.016781
Pasta Optima	0.016781	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas de los grupos entre la pasta óptima con la pasta control referente a la ceniza.

Figura 87.

Gráfica de medias para la Ceniza de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

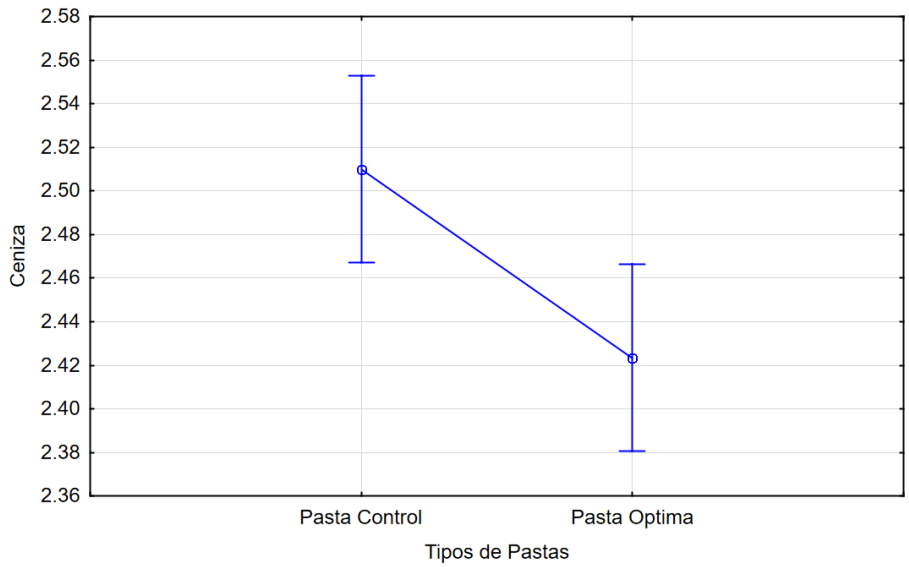


Tabla 71.

Pruebas de Múltiple Rangos para la Fibra de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Control	3	0.81	A	
Pasta Optima	3	2.85		B

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias de la pasta óptima con la pasta control referente a la fibra.

Tabla 72.

Pruebas de Significancia para la Fibra de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Control (u=0.81)	Pasta Optima (u=2.85)
Pasta Control		0.000291
Pasta Optima	0.000291	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas de los grupos entre la pasta óptima con la pasta control referente a la fibra.

Figura 88.

Gráfica de medias para la Fibra de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

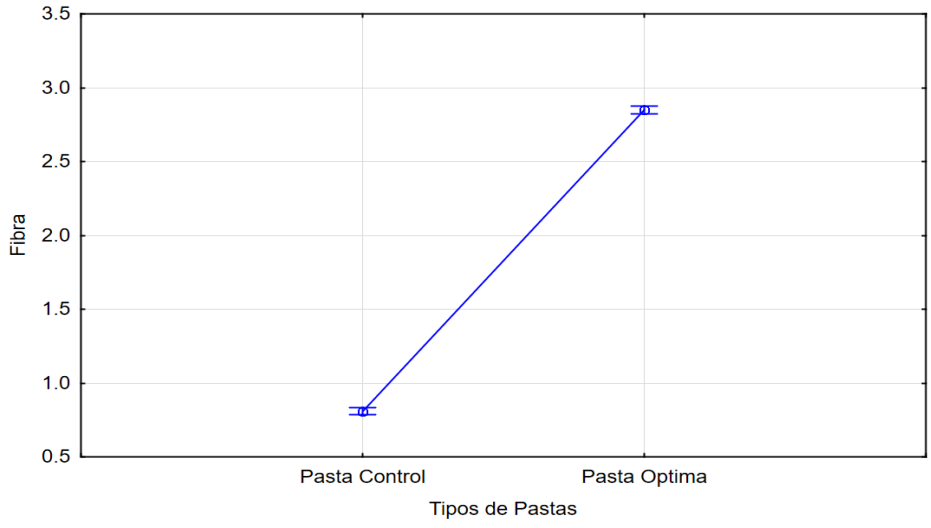


Tabla 73.

Pruebas de Múltiple Rangos para la Grasa de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Control	3	1.98	A	
Pasta Optima	3	1.42		B

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias de la pasta óptima con la pasta control referente a la grasa.

Tabla 74.

Pruebas de Significancia para la Grasa de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Control (u=1.98)	Pasta Optima (u=1.42)
Pasta Control		0.000291
Pasta Optima	0.000291	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas de los grupos entre la pasta óptima con la pasta control referente a la grasa.

Figura 89.

Grafica de medias para la Grasa de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

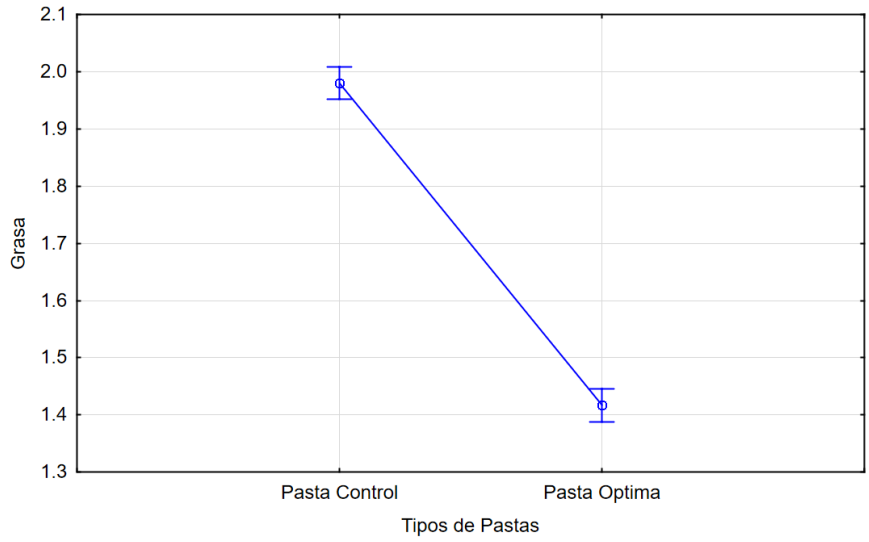


Tabla 75.

Pruebas de Múltiple Rangos para los Carbohidratos de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Control	3	72.35	A	
Pasta Optima	3	70.39		B

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias de la pasta óptima con la pasta control referente a los carbohidratos.

Tabla 76.

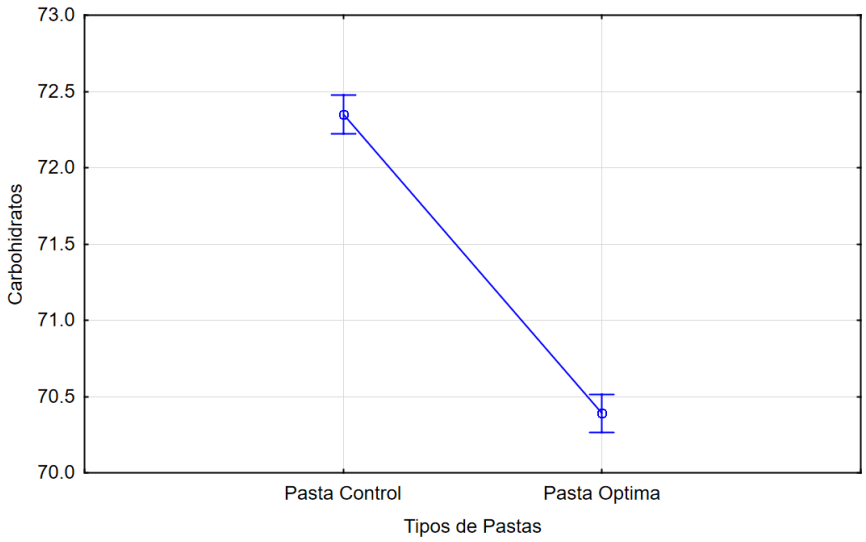
Pruebas de Significancia para los Carbohidratos de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Control (u=72.35)	Pasta Optima (u=70.39)
Pasta Control		0.000292
Pasta Optima	0.000292	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas de los grupos entre la pasta óptima con la pasta control referente a los carbohidratos.

Figura 90.

Grafica de medias para los Carbohidratos de la comparación entre la pasta óptima con la pasta control (Alfa=0.05 Tukey HSD)



Anexo 21. Análisis de varianza en la evaluación comparativa sensorial de la pasta óptima con pastas comerciales

Tabla 77.

Análisis de varianza para el Indicador COLOR de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Pastas	8.013	2	4.007	3.868	0.023054
Error	152.260	147	1.036		
Total	160.273	149			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.023) menor a 0.05 expresa que existe diferencia significativa entre las pastas evaluadas con un nivel de confianza de 95%; es decir al menos uno de las pastas produce efectos sobre la aceptabilidad sensorial del color.

Tabla 78.

Pruebas de Múltiple Rangos para Color de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Óptima	50	5.140000	A	
Pasta Comercial 1	50	5.160000	A	
Pasta Comercial 2	50	5.640000		B

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias del análisis sensorial de color de la pasta óptima con las pastas comerciales.

Tabla 79.

Pruebas de Significancia para Color de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Óptima (u=5.14)	Pasta Comercial 1 (u=5.64)	Pasta Comercial 2 (u=5.16)
Pasta Óptima		0.037350	0.994695
Pasta Comercial 1	0.037350		0.048202
Pasta Comercial 2	0.994695	0.048202	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas los grupos entre la pasta óptima con las pastas comerciales del análisis sensorial de color

Tabla 80.

Análisis de varianza para el Indicador OLOR de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Pastas	22.120	2	11.060	12.313	0.000011
Error	132.040	147	0.898		
Total	154.160	149			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.000011) menor a 0.05 expresa que existe diferencia significativa entre las pastas evaluadas con un nivel de confianza de 95%; es decir al menos uno de las pastas produce efectos sobre la aceptabilidad sensorial del olor.

Tabla 81.

Pruebas de Múltiple Rangos para Olor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Óptima	50	5.180000	A	
Pasta Comercial 1	50	4.680000		B
Pasta Comercial 2	50	5.620000	A	

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias del análisis sensorial del olor de la pasta óptima con las pastas comerciales.

Tabla 82.

Pruebas de Significancia para Olor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Óptima (u=5.18)	Pasta Comercial 1 (u=5.62)	Pasta Comercial 2 (u=4.68)
Pasta Óptima		0.052910	0.022724
Pasta Comercial 1	0.052910		0.000024
Pasta Comercial 2	0.022724	0.000024	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas los grupos entre la pasta óptima con las pastas comerciales del análisis sensorial del olor

Tabla 83.

Análisis de varianza para el Indicador SABOR de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Pastas	24.413	2	12.207	14.629	0.000002
Error	122.660	147	0.834		
Total	147.073	149			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.000002) menor a 0.05 expresa que existe diferencia significativa entre las pastas evaluadas con un nivel de confianza de 95%; es decir al menos uno de las pastas produce efectos sobre la aceptabilidad sensorial del Sabor.

Tabla 84.

Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Óptima	50	4.960000	A	
Pasta Comercial 1	50	4.360000		B
Pasta Comercial 2	50	5.340000	A	

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias del análisis sensorial del sabor de la pasta óptima con las pastas comerciales.

Tabla 85.

Pruebas de Significancia para Sabor de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Óptima (u=4.96)	Pasta Comercial 1 (u=5.34)	Pasta Comercial 2 (u=4.36)
Pasta Óptima		0.093987	0.002946
Pasta Comercial 1	0.093987		0.000022
Pasta Comercial 2	0.002946	0.000022	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas los grupos entre la pasta óptima con las pastas comerciales del análisis sensorial del sabor.

Tabla 86.

Análisis de varianza para el Indicador TEXTURA de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales

Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	P*
Pastas	31.360	2	15.680	17.089	0.000001
Error	134.880	147	0.918		
Total	166.240	149			

Nota. En la tabla el Valor-P (0.000000) menor a 0.05 expresa que existe diferencia significativa entre las pastas evaluadas con un nivel de confianza de 95%; es decir al menos uno de las pastas produce efectos sobre la aceptabilidad sensorial del Textura.

Tabla 87.

Pruebas de Múltiple Rangos para Textura de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	n	Media	Grupos Homogéneos	
Pasta Óptima	50	5.040000	A	
Pasta Comercial 1	50	4.880000	A	
Pasta Comercial 2	50	5.920000		B

Nota. La tabla expresa los grupos homogéneos entre las medias del análisis sensorial de la textura de la pasta óptima con las pastas comerciales.

Tabla 88.

Pruebas de Significancia para Textura de la comparación entre la pasta óptima con pastas comerciales (Alfa=0.05 Tukey HSD)

Pastas	Pasta Óptima (u=5.04)	Pasta Comercial 1 (u=5.92)	Pasta Comercial 2 (u=4.88)
Pasta Óptima		0.000034	0.681141
Pasta Comercial 1	0.000034		0.000022
Pasta Comercial 2	0.681141	0.000022	

Nota. La tabla expresa las diferencias significativas los grupos entre la pasta óptima con las pastas comerciales del análisis sensorial de la textura.

INFORME FINAL PASTAS TIPO FETTUCINE CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR MACA ROJA Y MAIZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	20%	3%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	14%
2	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.ipb.pt Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
9	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	

		<1 %
10	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Systems Link Trabajo del estudiante	<1 %
12	dokumen.site Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
17	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %

20	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
21	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
24	agris.fao.org Fuente de Internet	<1 %
25	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
26	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
27	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
28	arbre-mobieu.eu Fuente de Internet	<1 %
29	MARÍA ESTELA MATOS SEGURA. "Formulación y desarrollo de productos horneados libres de gluten a base de harina de arroz enriquecidos con proteínas.", Universitat Politecnica de Valencia, 2013 Publicación	<1 %

30	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unia.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.utelesup.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Universidad Nacional de Educacion Enrique Guzman y Valle Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		