

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Elaboración de cookies con chips de cushuro (*Nostoc Sphaericum*) fortificada con harinas de soya y cáscara de piña”

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTORAS: Bach. Diaz Paucar, Blanca Azucena
Bach. Espinoza Ramos, Iris Soledad

ASESORA: Dra. Paucar Menacho, Luz María

Nuevo Chimbote – Perú

2022-12-14



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

El presente trabajo de tesis titulado “**ELABORACIÓN DE COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO (*Nostoc Sphaericum*) FORTIFICADA CON HARINAS DE SOYA Y CÁSCARA DE PIÑA**”. Para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por **Bach., DIAZ PAUCAR Blanca Azucena** y **Bach. ESPINOZA RAMOS Iris Soledad**, ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de Asesor. Designado por resolución Decanal N° 346-2019-UNS-FI.

Dra. Luz Maria Paucar Menacho
Asesora

N° DNI: 08099817

Código ORCID: 0000-0001-5349-6167



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado “**ELABORACIÓN DE COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO (*Nostoc Sphaericum*) FORTIFICADA CON HARINAS DE SOYA Y CÁSCARA DE PIÑA**”. Para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por **Bach., DIAZ PAUCAR Blanca Azucena** y **Bach. ESPINOZA RAMOS Iris Soledad**, que tienen como Asesora a la docente Dra. **LUZ MARÍA PAUCAR MENACHO** designado por resolución Decanal N° 346-2019-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 14 de diciembre del 2022 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante T/Resolución N° 524-2022-UNS-CFI.

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

Dr. César Moreno Rojo
SECRETARIO
N° DNI: 32907242
Código ORCID: 0000-0002-7143-4450

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

E.A.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

Siendo las 10:00 horas del día catorce de diciembre del dos mil veintidós, se instalaron en el aula AG4 de la EPIA – 2do piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 524-2022-UNS-CFI, con fecha 14 de diciembre del 2022, integrado por los docentes:

- **M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara** (Presidente)
- **Dr. Cesar Moreno Rojo** (Secretario)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Integrante)
- **Ms. Williams Esteward Castillo Martinez** (Accesitario)

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

“ELABORACIÓN DE COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO (*Nostoc Sphaericum*) FORTIFICADA CON HARINAS DE SOYA Y CÁSCARA DE PIÑA”, elaborado por las bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **DIAZ PAUCAR BLANCA AZUCENA**
- **ESPINOZA RAMOS IRIS SOLEDAD**

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

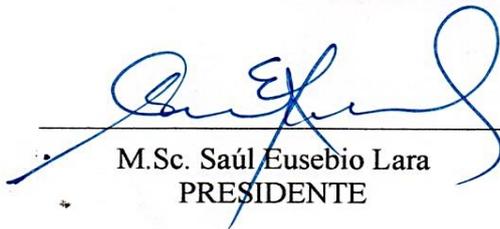
Finalizada la sustentación, las Tesisas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 107° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
DIAZ PAUCAR BLANCA AZUCENA	20	EXCELENTE

Siendo las 11:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 14 de diciembre del 2022.


M.Sc. Saúl Eusebio Lara
PRESIDENTE



Dr. César Moreno Rojo
SECRETARIO



Dra. Luz Paucar Menacho
INTEGRANTE



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

Siendo las 10:00 horas del día catorce de diciembre del dos mil veintidós, se instalaron en el aula AG4 de la EPIA – 2do piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 524-2022-UNS-CFI, con fecha 14 de diciembre del 2022, integrado por los docentes:

- **M.Sc. Saúl Marco Eusebio Lara** (Presidente)
- **Dr. Cesar Moreno Rojo** (Secretario)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Integrante)
- **Ms. Williams Esteward Castillo Martinez** (Accesitario)

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

“ELABORACIÓN DE COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO (*Nostoc Sphaericum*) FORTIFICADA CON HARINAS DE SOYA Y CÁSCARA DE PIÑA”, elaborado por las bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **DIAZ PAUCAR BLANCA AZUCENA**
- **ESPINOZA RAMOS IRIS SOLEDAD**

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

Finalizada la sustentación, las Tesisas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 107° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ESPINOZA RAMOS IRIS SOLEDAD	20	EXCELENTE

Siendo las 11:30 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 14 de diciembre del 2022.


M.Sc. Saúl Eusebio Lara
PRESIDENTE



Dr. César Moreno Rojo
SECRETARIO



Dra. Luz Paucar Menacho
INTEGRANTE

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, quien día a día nos brinda la vida y fuerza para seguir adelante y así cumplir con nuestras metas y objetivos, gracias por permitirme llegar hasta este momento con salud, y por concretar una de mis metas más anheladas.

A mis padres Eugenia, Julio y a mis adorados abuelitos, quienes me enseñaron a luchar por mis sueños y metas, gracias por su inmenso amor y cariño.

A mí querida hermanita Shelsy, por su gran apoyo y ternura al hacerme sonreír en aquellos momentos en el que me sentía cansada y triste. Gracias por ser mi compañera y cómplice, porque tu llegada alegra mi vida. Siempre te cuidaré y protegeré.

Además, agradecer de una manera especial a mis queridos amigos Iris, Carito, Yuliana, Antonella, Brayan, Naisha, Ing. Lenin y Srta. Silvia por su gran amistad incondicional.

Blanca Díaz Paucar

A Dios, por brindarme salud y permitirnos vencer todos los obstáculos que se presentaron durante el desarrollo de este informe, porque que sin su bendición no sería posible culminar satisfactoriamente este trabajo.

A mi Mamá Charo Ramos Blas, por ser mi mejor ejemplo de perseverancia y optimismo, por su amor, confianza y apoyo incondicional que me impulsaron a seguir adelante, a tener esperanzas de un mejor futuro. Gracias por ser la mejor mamá y amiga.

A mi Papá Walter Espinoza Correa, por permitirme desarrollar una carrera profesional como sustento para mi futuro, ya que su respaldo y confianza es relevante para mi desarrollo personal y profesional.

A mi Hermano Ruddy, por ser mi guía de ética y responsabilidad, porque sus enseñanzas y consejos me han ayudado a mejorar a nivel personal y profesional. Gracias por ser un buen hermano, ya que siempre te preocupas por mis necesidades y me brindas tu apoyo incondicional, porque sé que siempre podré contar contigo.

A mis Maestros y Amigos, por compartir experiencias y conocimientos que han complementado en mi desarrollo profesional.

Iris Espinoza Ramos

AGRADECIMIENTO

A Dios, que día a día nos brinda la vida y fortaleza para seguir adelante y así cumplir con nuestras metas y objetivos.

A nuestras familias, amigos y a cada una de las personas que contribuyeron en la ejecución de este trabajo de manera directa e indirecta, ya que, sin cada una de sus enseñanzas, aportes, consejos, ánimos, etc. no hubiera sido posible la culminación de esta investigación.

A nuestra asesora, Dra. Luz María Paucar Menacho por su acompañamiento, apoyo incondicional y recomendaciones en la ejecución de este proyecto.

A nuestros docentes que contribuyeron en nuestra formación profesional y personal, permitiendo que nuestra estadía en la escuela de Agroindustria sea enriquecedora y motivadora.

A los ingenieros Lenin Palacios, John Gonzales, Pedro Ayala, Korey Paredes, Janet Muñoz, William López y Soledad Quezada quienes contribuyeron en este proyecto, con su disposición, consejos, apoyo, paciencia y tiempo. Asimismo, agradecer de manera especial a la Srta. Silvia, quien nos brindó su apoyo y amistad incondicional en el ámbito académico y personal.

Blanca e Irís

INDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	29
II. MARCO TEÓRICO	32
2.1. Cushuro (<i>Nostoc Sphaericum</i>).....	32
2.1.1. Hábitat	32
2.1.2. Taxonomía	33
2.1.3. Composición Química	33
2.1.4. Principales Componentes del Cushuro	35
2.1.5. Beneficios en la salud	37
2.1.6. Aplicaciones en la Industria	37
2.2. Soya	38
2.2.1. Origen y Taxonomía	38
2.2.2. Producción Nacional y Mundial de Soya	39
2.2.3. Composición Química	39
2.2.4. Harina de Soya.....	41
2.3. Piña	44
2.3.1. Origen	44
2.3.2. Taxonomía	44
2.3.3. Variedades de piña.....	45
2.3.4. Composición nutricional.....	46
2.3.5. Producción nacional de la piña	47
2.3.6. Beneficios en la salud	48
2.3.7. Cáscara de piña	48
2.4. Fibra dietética	50
2.4.1. Propiedades fundamentales de la Fibra dietética.....	50
2.4.2. Propiedades Técnico-Funcionales de la Fibra dietética	52
2.4.3. Tipos de Fibra dietética	53
2.4.4. Fuentes de fibra dietética	54
2.4.5. Fibra dietética en la piña.....	54
2.4.6. Recomendaciones de consumo	55
2.4.7. Efectos fisiológicos.....	56

2.5. Mezclas Alimenticias.....	57
2.5.1. Enriquecimiento de Harina	57
2.5.2. Fortificación de Harina	57
2.5.3. Computo químico	57
2.6. Control de Calidad de las Harinas	58
2.6.1. Contenido de Humedad	58
2.6.2. Contenido de Proteína	58
2.6.3. Color y contenido de Ceniza	58
2.6.4. Granulometría.....	59
2.7. Galletas	59
2.7.1. Galleta cookie	59
2.7.2. Ingredientes principales de las galletas.....	60
III. MATERIALES Y METODOS.....	63
3.1. Lugar de ejecucion.....	63
3.2. Materiales y equipos	64
3.2.1. Materia prima	64
3.2.2. Insumos.....	64
3.2.3. Equipos	65
3.2.4. Reactivos	66
3.2.5. Materiales de vidrio y otros	68
3.3. Metodología de analisis	69
3.3.1. Diagrama de flujo Experimental del Proceso de Obtención de Harinas	69
3.3.2. Proceso de Obtención de galleta tipo cookie con chips de cushuro	71
3.3.3. Descripción de las etapas del proceso de obtención de harinas.....	72
3.3.4. Descripción de las etapas del proceso de elaboración de galleta tipo cookie75	
3.3.5. Métodos de caracterización de materia prima	76
3.3.6. Diseño Experimental	80
3.3.7. Métodos de caracterización del producto final.....	82
3.3.8. Elección de la Formulación Óptima	85
3.3.9. Caracterización de la composición químico proximal de la formulación óptima	85
3.3.10. Vida útil de la formulación óptima y control.....	86
3.3.11. Análisis Microbiológico	87

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	88
4.1. Determinación de la composición química proximal del cushuro (<i>nostoc sphaericum</i>)	88
4.2. Determinación de la composición química proximal de las harinas de trigo, soya y cáscara de piña	90
4.2.1. Harina de Trigo.....	90
4.2.2. Harina de Soya.....	98
4.2.3. Harina de Cáscara de piña	105
4.3. Cálculo del computo químico de las formulaciones.....	114
4.4. Evaluación de las Cookies con chips de cushuro	116
4.4.1. Evaluación Funcional de las Cookies con chips de cushuro	116
4.4.2. Evaluación Tecnológica de las Cookies con chips de cushuro.....	138
4.4.3. Análisis Sensorial de las Cookies	197
4.5. Elección de la formulación óptima	223
4.6. Caracterización de la composición química proximal y microbiológica de la formulación óptima.....	226
4.6.1. Composición químico-proximal de formulación optima.....	226
4.6.2. Propiedades funcionales de la fibra dietética de la formulación óptima. ..	229
4.6.3. Análisis de Hierro y Calcio de la formulación óptima.	231
4.6.4. Caracterización Microbiológica de Mohos y Levaduras de la formulación óptima.....	233
4.7. Vida útil de la formulación óptima y control.....	235
4.7.1. Determinación de Vida útil de cookies con chips de cushuro mediante pruebas aceleradas	235
4.7.2. Evaluación de %Acidez de cookies con chips de cushuro durante almacenamiento.....	241
4.7.3. Evaluación de Textura de cookies con chips de cushuro durante almacenamiento.....	242
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	245
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	248
VII. ANEXOS.....	271

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición nutricional por cada 100 g de Cushuro deshidratado	34
Tabla 2. Composición proximal de macronutrientes del Cushuro (deshidratado) comparado con otros alimentos	35
Tabla 3. Aminoácidos esenciales presentes en el cushuro comparado a la ingesta diaria recomendada.....	36
Tabla 4. Clasificación Taxonómica de la Soya	39
Tabla 5. Composición de la Soya y de sus partes en base seca (g/100g)	40
Tabla 6. Composición de la harina de soya sin desgrasar y desgrasada.....	41
Tabla 7. Aminoácidos Esenciales y Computo Químico de la Harina de Soya.....	43
Tabla 8. Tabla de composición nutricional de la piña.....	47
Tabla 9. Producción de piña, 2011 -2017 (miles de toneladas métricas)	48
Tabla 10. Composición química de harina de cascara de piña.....	49
Tabla 11. Principales constituyentes de la fibra dietética.....	54
Tabla 12. Efectos Fisiológicos de la fibra dietética.....	56
Tabla 13. Composición química de cookie con chips de chocolate en base a 100gr	60
Tabla 14. Patrones de puntuación de aminoácidos para niños, adolescentes y adultos (valores corregidos del informe WHO/FAO/UNU de 2007).....	79
Tabla 15. Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2 ² , incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.....	80
Tabla 16. Variables dependientes del delineamiento experimental (DCCR) 2 ²	81
Tabla 17. Matriz Experimental del Diseño Central Compuesto Rotacional (DCCR) 2 ²	82
Tabla 18. Composición química proximal de cushuro fresco (Base húmeda)	88
Tabla 19. Composición química proximal de cushuro deshidratado (Base seca)	88
Tabla 20. Composición químico – proximal de la harina de trigo	90
Tabla 21. Determinación colorimétrica de la harina de trigo	93
Tabla 22. Determinación de Aw, acidez y pH de la harina de trigo.....	95
Tabla 23. Parámetros granulométricos de la harina de trigo	96
Tabla 24. Composición químico – proximal de la harina de soya	98
Tabla 25. Determinación colorimétrica de la harina de soya.	100
Tabla 26. Determinación de Aw, acidez y pH de la harina de soya.....	102

Tabla 27. Parámetros granulométricos de la harina de soya	103
Tabla 28. Composición química proximal de la harina de cáscara de piña.....	105
Tabla 29. Propiedades funcionales de la fibra dietética (CRA, CRAc y CH) de la harina de cáscara de piña	107
Tabla 30. Parámetros de color de la harina de cáscara de piña	109
Tabla 31. Actividad de agua (Aw), Acidez y pH de la harina de cáscara de piña	111
Tabla 32. Parámetros granulométricos de la harina de cáscara de piña	112
Tabla 33. Cómputo químico de las 11 formulaciones de cookies con chips de cushuro fortificada con harinas de soya y cáscara de piña	115
Tabla 34. % Proteína de cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña..	116
Tabla 35. Análisis de varianza para % Proteína de Cookies con Chips de Cushuro....	120
Tabla 36. Coeficientes de Regresión para % de Proteína de las Cookies con chips de Cushuro	123
Tabla 37. Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.....	125
Tabla 38. % de Fibra Dietética Total de las cookies a base de las harinas de trigo, soya y cáscara de piña	126
Tabla 39. Análisis de varianza para el contenido en Fibra Dietética (%) de Cookies con Chips de Cushuro	130
Tabla 40. Coeficientes de Regresión para Fibra Dietética de las Cookies con chips de Cushuro	133
Tabla 41. Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.....	135
Tabla 42. Dureza (N) y Fracturabilidad (N) de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña	139
Tabla 43. Análisis de varianza para el parámetro Textural Dureza de Cookies con Chips de Cushuro	143
Tabla 44. Coeficientes de Regresión para el parámetro Textural Dureza de las Cookies con chips de Cushuro	147
Tabla 45. Niveles óptimos de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña para los tres controles de galletas.....	151
Tabla 46. Análisis de varianza para el parámetro Textural Fracturabilidad de Cookies con Chips de Cushuro	155
Tabla 47. Coeficientes de Regresión para el parámetro Textural Fracturabilidad de las Cookies con chips de Cushuro	159

Tabla 48. Niveles óptimos de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña para los tres controles de galletas.....	162
Tabla 49. Color instrumental de las cookies a base de las harinas de trigo, soya y cáscara de piña.....	164
Tabla 50. Valores de Luminosidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.....	165
Tabla 51. Análisis de varianza para los valores de Luminosidad de Cookies con Chips de Cushuro.....	169
Tabla 52. Coeficientes de Regresión para Luminosidad de las Cookies con chips de Cushuro.....	172
Tabla 53. Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.....	174
Tabla 54. Cromaticidad de cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.....	175
Tabla 55. Análisis de varianza para el valor de Cromaticidad de Cookies con Chips de Cushuro.....	178
Tabla 56. Coeficientes de Regresión para Cromaticidad de las Cookies con chips de Cushuro.....	180
Tabla 57. Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.....	183
Tabla 58. Ángulo de tonalidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.....	183
Tabla 59. Análisis de varianza para los valores de Ángulo de tonalidad de Cookies con Chips de Cushuro.....	186
Tabla 60. Coeficientes de Regresión para Ángulo de tonalidad de las Cookies con chips de Cushuro.....	189
Tabla 61. Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.....	191
Tabla 62. Volúmen Específico (cm ³ /g) de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.....	193
Tabla 63. Análisis de varianza para el Volúmen específico (cm ³ /g) de Cookies con Chips de Cushuro.....	195
Tabla 64. Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de color de superficie.....	199
Tabla 65. Análisis de varianza para el atributo sensorial Color de Cookies con Chips de Cushuro.....	199
Tabla 66. Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial Color de Cookies con Chips de Cushuro.....	201

Tabla 67. Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de olor	203
Tabla 68. Análisis de varianza para el atributo sensorial Olor de Cookies con Chips de Cushuro	204
Tabla 69. Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial Olor de Cookies con Chips de Cushuro	205
Tabla 70. Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de sabor	207
Tabla 71. Análisis de varianza para el atributo sensorial Sabor de Cookies con Chips de Cushuro	207
Tabla 72. Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial Sabor de Cookies con Chips de Cushuro	209
Tabla 73. Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de textura	212
Tabla 74. Análisis de varianza para el atributo sensorial Textura de Cookies con Chips de Cushuro	212
Tabla 75. Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial Textura de Cookies con Chips de Cushuro	213
Tabla 76. Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de aceptación general de cookies.....	215
Tabla 77. Análisis de varianza para el atributo de Aceptabilidad General de Cookies con Chips de Cushuro	216
Tabla 78. Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial de Aceptabilidad General de Cookies con Chips de Cushuro	217
Tabla 79. Valores de puntuación promedio para la Intención de compra de cookies ..	219
Tabla 80. Análisis de varianza para la Intención de compra de Cookies con Chips de Cushuro	220
Tabla 81. Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para Intención de compra de Cookies con Chips de Cushuro	221
Tabla 82. Deseabilidad baja, alta y Criterios de optimización de múltiple respuesta para la elección de la formulación óptima de la cookie con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña	223
Tabla 83. Deseabilidad Prevista y Observada para cada formulación de acuerdo a los criterios de optimización de cada variable de respuesta	224
Tabla 84. Niveles bajo, alto y óptimo de las harinas de soya y cáscara de piña para la optimización de la función deseabilidad	225
Tabla 85. Composición químico – proximal de Cookies óptimas y Control	226

Tabla 86. Propiedades funcionales de la fibra dietética (CRA, CRAc y CH) de la formulación óptima	229
Tabla 87. Análisis de Hierro y Calcio de la formulación óptima	231
Tabla 88. Análisis microbiológico de la Cookies con formulación óptima	233
Tabla 89. Especificaciones microbiológicas para galletas de la NTP 206.001	234
Tabla 90. Constantes de velocidad de ganancia de humedad (k) para 30, 40 y 50°C de las galleta control y cookies con Chips de Cushuro óptima.....	237
Tabla 91. Parámetros de la ecuación de Arrhenius k0, Ea/R y k25 de las galletas control y cookies con Chips de Cushuro óptima.....	238
Tabla 92. Tiempo de vida útil de las cookies control y de Chips de Cushuro óptima .	239
Tabla 93. Factores de conversión de proteína usados para convertir nitrógeno a proteína, entre diferentes ingredientes alimenticios.....	286

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Cushuro (<i>nostoc sphaericum</i>).....	32
Figura 2: La soya	38
Figura 3: Piña variedad Golden sweet.....	45
Figura 4: Diagrama de flujo del proceso de obtención de harina de soya.....	69
Figura 5: Diagrama de Flujo del Proceso de Obtención de Harina de Cascara de piña.	70
Figura 6: Diagrama de Flujo del Proceso de Obtención de cookies con chips de cushuro.	71
Figura 7: Ficha de Evaluación sensorial.....	84
Figura 8: Perfil granulométrico de la harina de trigo respecto al % de producto cernido y % de producto rechazado acumulado vs el diámetro.	97
Figura 9: Perfil granulométrico de la harina de soya respecto al % de producto cernido y % de producto rechazado acumulado vs el diámetro.	104
Figura 10: Color de la harina de cáscara de piña.....	109
Figura 11: Perfil granulométrico de la harina de cáscara de piña respecto al % de producto cernido y % de producto rechazado acumulado vs el diámetro.	112
Figura 12: % de Proteína de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.	117
Figura 13: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Proteína de la Cookie con Chips de Cushuro.....	119
Figura 14: Grafica de Efectos Principales para Proteína (%) de Cookies con chips de cushuro.	122
Figura 15: Grafica de Interacción para Proteína (%) de Cookies con chips de cushuro.	122
Figura 16: Gráfico de Superficie de Respuesta para el contenido de proteína de las Cookies con chips de Cushuro.	124
Figura 17: Gráfico de contornos de Superficie Respuesta de proteína de las Cookies con chips de Cushuro.	124
Figura 18: % Fibra Dietética Total de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.	127
Figura 19: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Fibra Dietética de la Cookie con Chips de Cushuro.	129

Figura 20: Grafica de Efectos Principales para Fibra Dietética (%) de Cookies con chips de cushuro.....	131
Figura 21: Gráfica de Interacción para Fibra Dietética (%) de Cookies con chips de cushuro.	132
Figura 22: Gráfico de Contornos para el contenido de Fibra dietética de las Cookies con chips de Cushuro.	134
Figura 23: Gráfico de Superficie de Respuesta para el contenido de Fibra dietética de las Cookies con chips de Cushuro.	134
Figura 24: Parámetro Textural Dureza de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.....	140
Figura 25: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes para el parámetro Textural Dureza de la Cookie con Chips de Cushuro.	141
Figura 26: Grafica de Efectos Principales para el parámetro Textural Dureza de Cookies con chips de cushuro.	144
Figura 27: Grafica de Interacción para el parámetro Textural Dureza de Cookies con chips de cushuro.....	146
Figura 28: Gráfico de Superficie de Respuesta para el parámetro textural de Dureza de las Cookies con chips de Cushuro.	149
Figura 29: Gráfico de Contornos para el parámetro textural de Dureza de las Cookies con chips de Cushuro.	149
Figura 30: Parámetro Textural Fracturabilidad de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.....	153
Figura 31: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes para el parámetro Textural Fracturabilidad de la Cookie con Chips de Cushuro.....	154
Figura 32: Grafica de Efectos Principales para el parámetro Textural Fracturabilidad de Cookies con chips de cushuro.	157
Figura 33: Grafica de Interacción para el parámetro Textural Fracturabilidad de Cookies con chips de cushuro.	158
Figura 34: Gráfico de Superficie de Respuesta para el parámetro textural de Fracturabilidad de las Cookies con chips de Cushuro.....	160
Figura 35: Gráfico de Contornos para el parámetro textural de Fracturabilidad de las Cookies con chips de Cushuro.	161
Figura 36: Luminosidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.	166

Figura 37: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el los valores de Luminosidad de la Cookie con Chips de Cushuro.....	168
Figura 38: Grafica de Efectos Principales para Luminosidad de Cookies con chips de cushuro.	171
Figura 39: Grafica de Interacción de Luminosidad de Cookies con chips de cushuro.	171
Figura 40: Gráfico de Superficie de Respuesta para Luminosidad de las Cookies con chips de Cushuro.....	173
Figura 41: Gráfico de contornos de la superficie de Respuesta para Luminosidad de las Cookies con chips de Cushuro.	173
Figura 42: Cromaticidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.	176
Figura 43: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en los valores de cromaticidad de las Cookies con Chips de Cushuro.....	177
Figura 44: Grafica de Efectos Principales para Cromaticidad de Cookies con chips de cushuro.	179
Figura 45: Grafica de Interacción para Cromaticidad de Cookies con chips de cushuro.	180
Figura 46: Gráfico de Superficie de Respuesta para los valores de Cromaticidad de las Cookies con chips de Cushuro. de las Cookies con chips de Cushuro.....	182
Figura 47: Gráfico de Contornos de la Superficie de Respuesta para el valor de Cromaticidad	182
Figura 48: Ángulo de tonalidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.	184
Figura 49: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Ángulo de tonalidad de la Cookie con Chips de Cushuro.....	185
Figura 50: Grafica de Efectos Principales para Ángulo de tonalidad de Cookies con chips de cushuro.....	188
Figura 51:Gráfica de Interacción para Ángulo de tonalidad de Cookies con chips de cushuro.	188
Figura 52: Gráfico de Superficie de Respuesta para el valor de ángulo de tonalidad de las Cookies con chips de Cushuro.	190
Figura 53: Gráfico de Contornos de la superficie respuesta para los valores de ángulo de tonalidad de las Cookies con chips de Cushuro.	191

Figura 54: Volumen Específico (cm ³ /g) de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.....	193
Figura 55: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el Volumen Especifico de la Cookie con Chips de Cushuro.	194
Figura 56: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial color de Cookies con Chips de Cushuro.....	202
Figura 57: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial Olor de Cookies con Chips de Cushuro.	205
Figura 58: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial Sabor de Cookies con Chips de Cushuro.....	209
Figura 59: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial Textura de Cookies con Chips de Cushuro.....	213
Figura 60: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial de Aceptabilidad General de Cookies con Chips de Cushuro.	218
Figura 61: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial de Intención de compra de Cookies con Chips de Cushuro.....	221
Figura 62: Variación del %Humedad en la galleta control para las temperaturas de 30, 40 y 50°C.....	236
Figura 63: Variación del %Humedad en cookies con chips de cushuro óptima para las temperaturas de 30, 40 y 50°C.	236
Figura 64: Variación del %Acidez en cookies con chips de cushuro óptima y galleta control durante 105 días de almacenamiento a T° Ambiente.....	241
Figura 65: Variación de la Dureza Instrumental (N) en cookies con chips de cushuro óptima y galleta control durante 105 días de almacenamiento a T° Ambiente.	243
Figura 66: Variación de la Fracturabilidad Instrumental (N) en cookies con chips de cushuro óptima y galleta control durante 105 días de almacenamiento a T° Ambiente.	244
Figura 67: Diagrama de flujo del balance de materia para la obtención de harina de soya.	271
Figura 68: Diagrama de flujo del balance de materia para la obtención de harina de cáscara de piña.	272
Figura 69: Diagrama de flujo del balance de materia para la obtención de cookies con chips de cushuro.	273
Figura 70: Recepción de granos de soya.	274

Figura 71: Lavado de granos de soya.	274
Figura 72: Descascarado de granos de soya y su posterior pesado.	274
Figura 73: Deshidratado de granos de soya en secador de bandejas.	275
Figura 74: Molienda de granos de soya deshidratados.	275
Figura 75: Envasado de harina de soya.	275
Figura 76: Tamizado de harina de soya.	275
Figura 77: Recepción y pesado de piñas.	276
Figura 78: Pelado y descorazonado.	276
Figura 79: Cortado de cáscaras de piñas.	276
Figura 80: Obtención y pesado de cáscaras de piñas.	276
Figura 81: Lavado y desinfección de cáscaras de piñas.	277
Figura 82: Deshidratado de cáscaras de piñas en secador de bandejas.	277
Figura 83: Pre molienda y molienda de cáscaras de piñas deshidratadas.	278
Figura 84: Tamizado de harina de cáscara de piña.	278
Figura 85: Envasado de harina de cáscara de piña.	278
Figura 86: Recepción de ingredientes y utensilios.	279
Figura 87: Pesado de ingredientes.	279
Figura 88: Luego de incorpora a la mezcla lecitina de soya, bicarbonato de amonio, esencia de vainilla, cushuro y agua. Se bate x 5min.	279
Figura 89: Mezclado de azúcar y mantequilla.	279
Figura 90: Amasado de los ingredientes.	279
Figura 91: En un recipiente aparte se ciernen las harinas, polvo de hornear y bicarbonato de sodio.	279
Figura 92: Formado de las cookies, a partir de bolitas de 10gr cada una.	280
Figura 93: Horneado de las bolitas de masa a 150°C x 11min.	280
Figura 94: Enfriamiento de las cookies a 20°C-25°C x 15min.	280
Figura 95: Envasado de las cookies en bolsas de polipropileno.	280
Figura 96: Almacenamiento de las cookies.	280
Figura 97: Diagrama de Flujo de la Determinación de Humedad.	281
Figura 98: Deshidratado en estufa a 110 °C por 2 h.	282
Figura 99: Pesado de 5 g de muestra.	282
Figura 100: Pesado de muestra deshidratada.	282
Figura 101: Enfriado en campana desecadora durante 5 min.	282

Figura 102: Diagrama de Flujo de la Etapa de Digestión para la Determinación de Proteínas.	283
Figura 103: Diagrama de Flujo de la Etapa de Destilación para la Determinación de Proteínas.	284
Figura 104: Diagrama de Flujo de la Etapa de Titulación para la Determinación de Proteínas.	285
Figura 105: Digestión a 400°C por 1 hr, previa adición de 2 pastillas de catalizador y 12 ml de H ₂ SO ₄	287
Figura 106: Introducido de 1 g de muestra en el tubo de mineralización.	287
Figura 107: Destilación con NaOH al 40%, agua destilada y vapor.	287
Figura 108: Titulación con HCl 0.01 N hasta coloración rosa intenso.....	287
Figura 109: Diagrama de Flujo de la Determinación de Grasas.....	289
Figura 110: Equipo Soxhlet donde se llevó a cabo la extracción del aceite de cada muestra utilizando como solvente éter de petróleo.	289
Figura 111: Vasos con contenido de aceite al término del proceso de extracción.	289
Figura 112: Diagrama de Flujo de la Determinación de Cenizas.....	290
Figura 113: Pesado de crisol más cenizas.	291
Figura 114: Quemado de muestras previo pesado de 4 g.....	291
Figura 115: Incineración de muestras en mufla a 550 °C por 4 hr.....	291
Figura 116: Diagrama de Flujo de la Determinación de Fibra Dietética Total.	292
Figura 117: Diagrama de Flujo de la Determinación de Fibra Dietética Insoluble.....	293
Figura 118: Pesado de crisoles más adición de 0.5 g de celite, luego del secado en estufa a 130°C por 3 h pesar nuevamente.	295
Figura 119: Adición de 50 ml de buffer fosfato pH=6 a cada frasco.	295
Figura 120: Pesado de 1 g de muestra desgrasada en placa de proceso.	295
Figura 121: Incubación a baño maría a 80°C por 30 min.....	295
Figura 122: Incorporación de 50 µl de enzima α-amilasa a cada frasco.	295
Figura 123: Medición y ajuste de pH a 7.5 con NaOH 0.275 N.	296
Figura 124: Enfriado con agua destilada.	296
Figura 125 : Incubación a baño maría a 60°C por 30 min.....	296
Figura 126: Adición de 100 µl de enzima proteasa a cada frasco.....	296
Figura 127: Medición y ajuste de pH de 4 – 4.6 con HCl 0.325 N	296
Figura 128: Enfriado con agua destilada.	296
Figura 129: Incorporación de 200 µl de enzima amiloglucosidosa.	297

Figura 130: Incubación a baño maría de las muestras a 60°C por 30 min junto con el alcohol de 96° (usado para FDT).....	297
Figura 131: Adición de 280 ml de alcohol a 60 °C y reposo por 1 h (Solo para FDT)	297
Figura 132: Humedecer el célite con alcohol de 78° para FDT y con agua destilada para FDI previo al montaje de crisol con célite y frascos de reacción para el proceso de filtración.	297
Figura 133: Lavado del residuo con Alcohol de 78° y 96° (FDT), y con agua destilada (FDI).....	298
Figura 134: Para el proceso de filtración es necesario la aplicación de presión y succión.	298
Figura 135: Los crisoles conteniendo los residuos son secados en estufa a 105°C por 12 h.	298
Figura 136: Lavado de residuo con acetona (FDT y FDI).	298
Figura 137: Enfriado en el desecador para proceder a pesar el residuo seco.	298
Figura 138: Incineración de residuo seco a 550°C por 4 h, luego se realizó el pesado de las cenizas para el cálculo de FDT y FDI.	298
Figura 139: Diagrama de Flujo de la Determinación de Capacidad de Retención de Agua (CRA).	299
Figura 140: Agitación a 2000 rpm por 1 min.	300
Figura 141: Adición de 10 ml de agua destilada.	300
Figura 142: Pesado de 1 g de muestra.	300
Figura 143: Decantado del líquido sobrenadante.	300
Figura 144: Centrifugación a 3000 rpm por 20 min.	300
Figura 145: Reposo durante 24 h.....	300
Figura 146: Pesado del residuo sólido.....	300
Figura 147: Diagrama de Flujo de la Determinación de Capacidad de Retención de Aceite (CRAc).	301
Figura 148: Pesado de 1 g de muestra	302
Figura 149: Adición de 10 ml de aceite de soya.....	302
Figura 150: Agitación a 2000 rpm por 1 min.	302
Figura 151: Reposo durante 24 h.....	302
Figura 152: Centrifugación a 3000 rpm por 20 min.	302
Figura 153: Decantado del líquido sobrenadante.	302
Figura 154: Pesado del residuo sólido.....	302

Figura 155: Diagrama de Flujo de la Determinación de Capacidad de Hinchamiento (CH).	303
Figura 156: Pesado de 0.5 g de muestra.	304
Figura 157: Medición del volumen ocupado por la muestra en el tubo graduado.	304
Figura 158: Agitación a 2000 rpm por 1 min.	304
Figura 159: Adición de 5 ml de agua destilada.	304
Figura 160: Reposo durante 24 h.....	304
Figura 161: Medición del volumen final de la muestra.....	304
Figura 162: Diagrama de Flujo de la Determinación de Color.	305
Figura 163: Diagrama de Flujo de la Determinación de Actividad de Agua.	306
Figura 164: Espera hasta estabilidad térmica para la obtención de la actividad de agua (Aw.).....	306
Figura 165: Adición de la muestra sobre la cubeta del equipo.....	306
Figura 166: Diagrama de Flujo de la Determinación de Acidez.	307
Figura 167: Adición de 100 ml de H ₂ O destilada.....	308
Figura 168: Pesado de 10 g de harina.....	308
Figura 169: Filtrado hasta obtener un volumen mayor a 50 ml.	308
Figura 170: Agitado cada 10 min durante 1 h.	308
Figura 171: Adición de 20 gotas de fenolftaleína al 1%.	308
Figura 172: Titulación con NaOH 0.1 N hasta coloración rosa.	308
Figura 173: Diagrama de Flujo de la Determinación de pH.....	309
Figura 174: Adición de 100 ml H ₂ O destilada.	309
Figura 175: Agitación constante.....	309
Figura 176: Pesado de 10 g de harina.....	309
Figura 177: Medición en ph-metro.....	309
Figura 178: Filtrado.....	309
Figura 179: Diagrama de Flujo de la Determinación de Granulometría.	310
Figura 180: Pesado de 50 gr de harina.	310
Figura 181: Tamizado de 50 gr de harina por 15 min y posterior pesado de tamices con harina retenida.	310
Figura 182: Pesado de tamices N° 30, 45, 60, 80 y tapa.	310
Figura 183: Diagrama de Flujo de la Determinación de textura de las cookies.....	311
Figura 184: Diagrama de Flujo de la Determinación de textura de las cookies.....	312
Figura 185: Vaciado del alpiste hasta 500 ml.....	313

Figura 186 :Aforado en una probeta de 1 L con alpiste.	313
Figura 187: Pesado de la galleta.	313
Figura 188: Medición del volumen en exceso de alpiste.	313
Figura 189: Adición de la galleta en forma horizontal.	313
Figura 190: Aforado con el alpiste anteriormente retirado.	313
Figura 191: Ejecución del análisis sensorial.	321
Figura 192: Explicación de la ficha sensorial al panelista.	321
Figura 193: Cumplimiento de medidas de bioseguridad durante el análisis sensorial.	321
Figura 194: Presentación y codificación de las formulaciones.	321
Figura 195: Cookies con chips de Cushuro.	322

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Balance de materia para la obtención de harina de soya.	271
ANEXO 2. Balance de materia para la obtención de harina de cáscara de piña.	272
ANEXO 3. Balance de Materia para la obtención de cookies con chips de cushuro.	273
ANEXO 4. Etapas del proceso de obtención de harina de soya.....	274
ANEXO 5. Etapas del proceso de obtención de harina de cáscara de piña.....	276
ANEXO 6. Etapas del proceso de elaboración de cookies con chips de cushuro. ...	279
ANEXO 7. Determinación del Contenido de Humedad (Método de la estufa, A.O.A.C., 1990) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro*(Método de la estufa, A.O.A.C 2012.925.10) y cookies.	281
ANEXO 8. Determinación del Contenido de Proteína (Método Kjeldahl, A.O.A.C., 2001.11, 2012) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro (Método Kjeldahl, A.O.A.C. 2012.920.87) y cookies.	283
ANEXO 9. Determinación del Contenido de Grasa (Método Soxhlet, A.O.A.C., 963.15, 2005) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro (Método Soxhlet, A.O.A.C. 2012.922.06) y cookies.....	288
ANEXO 10. Determinación del Contenido de Cenizas (Técnica cenizas en seco, NTP 205.038, 1975 (Rev. 2016)) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro (A.O.A.C. 2012.923.03) y cookies.....	290
ANEXO 11. Determinación de la Fibra dietética (Método enzimático-gravimétrico, A.O.A.C. 985.29, 2016) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro y cookies.....	292
ANEXO 12. Determinación de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) para harina de cáscara de piña y cookies (formulación óptima).....	299
ANEXO 13. Determinación de la Capacidad de Retención de Aceite (CRAc) para harina de cáscara de piña y cookies (formulación óptima).....	301
ANEXO 14. Determinación de la Capacidad de Retención de Hinchamiento (CH) para harina de cáscara de piña y cookies (formulación óptima).....	303
ANEXO 15. Determinación de Color para harinas (trigo, soya y cáscara de piña) y cookies.	305

ANEXO 16. Determinación de la Actividad de Agua (Método A.O.A.C. 978.18, 2000) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña).	306
ANEXO 17. Determinación de la Acidez (N.T.P. 205.039, 1975) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña).	307
ANEXO 18. Determinación de pH (Método A.A.C.C. 02-52) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña).	309
ANEXO 19. Determinación de Granulometría (Método A.O.A.C. 965.22, 1982) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña)	310
ANEXO 20. Determinación de textura de las cookies.	311
ANEXO 21. Determinación de volumen específico de las cookies.	312
ANEXO 22. Reporte de laboratorio de COLECBI del análisis de proteínas a las 11 formulaciones.	314
ANEXO 23. Reporte de laboratorio de COLPEX del análisis de proteínas a la formulación óptima y controles.	316
ANEXO 24. Reporte de laboratorio de COLECBI del análisis microbiológico, hierro y calcio de la cookie óptima.	317
ANEXO 25. Etiqueta de información nutricional de galletas tipo cookie comerciales, marca Chips de Costa y TRIKIS,	319
ANEXO 26. Análisis Sensorial de las 11 formulaciones de cookies.	321

RESUMEN

El objetivo fue determinar las concentraciones (%p/p) óptimas de las harinas de soya (HS) y cáscara de piña (HCP) para obtener cookies con chips de cushuro fortificadas en características funcionales, tecnológicas y sensorialmente aceptable. Se empleó un diseño Superficie Respuesta de tipo DCCR 2², con niveles de HS de 8-20% y HCP de 2-10%. Las características funcionales de las cookies resultaron significativas ($p < 0.05$), la F6 con 13.3% obtuvo mayor % de proteína, mientras que la F8 con 11.2% en fibra dietética. Se determinó características tecnológicas como textura, color instrumental y volumen específico, este último sin efecto significativo en las harinas. En el análisis sensorial, la F6 fue la de mayor puntaje promedio en todos los atributos. La optimización de múltiples respuestas determinó que la formulación óptima está dada por 19.9397% de HS y 5.5898% de HCP.

Palabras claves: Cookies, cushuro, harina de soya, harina de cáscara de piña, proteína y fibra dietética.

ABSTRACT

The objective was to determine the optimal concentrations (%w/w) of soy flour (HS) and pineapple peel flour (HCP) to obtain cookies with cushuro chips fortified in functional, technological and sensorially acceptable characteristics. A DCCR 2² type Response Surface design was used, with HS levels of 8-20% and HCP of 2-10%. The functional characteristics of the cookies were significant ($p < 0.05$), the F6 with 13.3% obtained a higher percentage of protein, while the F8 with 11.2% in dietary fiber. Technological characteristics such as textura, instrumental color and specific volume were determined, the latter without a significant effect on the flours. In the sensory analysis, F6 had the highest average score in all attributes. Multiple response optimization determined that the optimal formulation is given by 19.9397% HS and 5.5898% HCP.

Keywords: Cookies, cushuro, soybean meal, pineapple peel meal, protein and dietary fiber.

I. INTRODUCCION

La fortificación de las galletas con la sustitución parcial de la harina de trigo representa hoy en día un punto de partida para obtener galletas con mayor aporte nutricional. Y es que las galletas y/o cookies forman parte de los productos más versátiles catalogados como de “consumo masivo”. Están presentes dentro de la alimentación diaria, tanto para niños como para adultos, y es en ocasiones el sustituto oportuno del desayuno, puesto que es accesible en cualquier lugar de venta (Vitónica, 2018).

Un tema que sin duda se presenta en la región Ancash es la desnutrición crónica, tanto en niños como en adultos y ancianos. El promedio nacional de desnutrición crónica principalmente infantil es 18% y en Ancash esta sobre el 19% (Elías, 2017). Asimismo, un último estudio revela que el 48.82% de menores padece de anemia (Ibañez, 2018).

La desnutrición se manifiesta también en sobrepeso y obesidad. Los problemas de salud se ven reflejados de igual manera en adolescentes y adultos, donde el sobrepeso y obesidad afectan a este grupo, es así que en el informe titulado “Estado nutricional en el Perú” desarrollado por el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición en el (2017) revela que el 33.4% de jóvenes entre 20 y 29 años sufren problemas de sobrepeso. La mala nutrición es ocasionada por una dieta inapropiada, y es así por ejemplo que consumir productos que se elaboran a partir de harinas refinadas (galletas, panes, dulces, etc.) resulta ser el principal factor, puesto que se ha vuelto habitual reemplazar el desayuno por productos envasados como jugos y galletas, siendo el tiempo y dinero el causante. Este tipo de productos son de consumo masivo y son comercializados en diferentes lugares; sin embargo, su bajo aporte nutricional desencadena problemas de salud como la malnutrición en la población (niños, adolescentes, adultos y ancianos).

No cabe duda que, un objetivo interesante y necesario para disminuir los niveles de desnutrición en nuestra región y país, es la fortificación de productos alimenticios que a menudo consumimos, mediante la incorporación de alimentos nativos de nuestro Perú, como la soya y el cushuro, y porque no el aprovechamiento de residuos agroindustriales, como la cáscara de piña.

Las cookies son elaboradas a base de harina de trigo, lamentablemente este cereal presenta un bajo contenido de proteína (11,4 %), en comparación con otros granos, además su perfil de aminoácidos esenciales presenta deficiencias de lisina (2,4 %) y treonina (1,7 %), lo que determina una calidad proteínica relativamente baja (Hossney,

1994). A ello se le suma su bajo aporte en fibra siendo de 1.5% (Centro Nacional de alimentación y Nutrición, 2009).

La problemática de las galletas y/o cookies radica en su bajo aporte nutricional puesto que presenta cantidades reducidas de proteínas y fibra dietética principalmente, y es que no se evidencia en el mercado de las galletas industriales la venta de una galleta fortificada. Frente a la problemática de no contar con cookies de buena calidad nutricional se presenta la propuesta novedosa de las cookies con chips de cushuro fortificado con las harinas de soya y cascara de piña. Las concentraciones adecuadas de las harinas proporcionarían mayor contenido de proteína y fibra dietética, así como la aceptación sensorial del producto en comparación a una cookie convencional.

En consecuencia, es necesario realizar una investigación que cumpla con el objetivo de determinar las concentraciones (%p/p) óptimas de harinas de soya y cáscara de piña para obtener cookies con chips de cushuro fortificadas en características funcionales (proteína y fibra dietética) y sensorialmente aceptable.

Para llevar a cabo este objetivo, se programaron objetivos específicos de acuerdo al siguiente orden, obtener y evaluar la composición química proximal y fisicoquímica de las harinas de trigo, soya y cáscara de piña, posteriormente determinar la composición química proximal (humedad, proteínas, grasas, cenizas, fibra dietética y carbohidratos) del cushuro, realizar el cómputo químico de aminoácidos de las formulaciones establecidas para verificar que los niveles de aminoácidos esenciales cubran la demanda recomendada por la WHO, FAO, UNU (2007), elaborar y evaluar las características tecnológicas (volumen específico, textura y color instrumental) y funcionales (proteínas, fibra dietética) de cookies con chips de cushuro obtenidos, evaluar la aceptabilidad de las cookies con chips de cushuro fortificadas mediante un análisis sensorial de escala hedónica verbal y finalmente evaluar la caracterización químico-proximal de la mejor formulación.

Las investigaciones previas y/o similares a este proyecto permiten formular la hipótesis de que las concentraciones óptimas de 8-20% p/p harina de soya y 2-10% p/p harina de cáscara de piña fortifica una cookie con chips de cushuro por encima de una galleta convencional que contiene 12.69 ± 0.12 % proteína y 2.43 ± 0.07 % fibra dietética, y logra a la vez características sensoriales aceptables.

Diversas investigaciones como la realizada por Crivelenti, Brites, Paucar, Schmiele, y Chang, (2012), afirma que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de soya germinada puede ser adicionada hasta la concentración máxima de 10% puesto que no altera significativamente su calidad sensorial, elevando a la vez su contenido en proteínas de 12.69 ± 0.12 a 15.00 ± 0.86 %, mejorando también su perfil de aminoácidos esenciales.

En la investigación realizada por las autoras Salvatierra, Azorza, y Paucar (2019) cuyo proyecto se titula “Evaluación y optimización de galletas enriquecidas con chía (salvia hispánica) y aceite extraído de tarwi (*Lupinus Mutabilis*)” desarrollaron cookies cuya formulación control (100% harina de trigo) tenía como composición 1.55 ± 0.20 % proteína y 1.34 ± 0.40 % fibra dietética. Cabe destacar que el proceso de elaboración de las cookies de las mencionadas autoras fue considerado como base para la investigación.

El aprovechamiento de un subproducto rico en fibra representa una opción factible. Investigaciones en donde se ha incorpora por ejemplo harina de cascara de piña a productos de panificación como las galletas, resulta de gran interés puesto que es una alternativa de procesamiento e industrialización para este residuo, el cual también es valorado como fuente de fibra dietética. Cedeño y Zambrano (2014) en su investigación evalúan el efecto de la incorporación de 4, 8 y 12% de cáscara de piña deshidratada a la harina de trigo para la elaboración de galletas, obteniendo que respecto al grado de aceptabilidad de los tratamientos, la mejor formulación es la incorporación de 8% de harina de cáscara de piña a la harina de trigo para la producción de galletas, asimismo se destacó su contenido en fibra dietética total, siendo de la muestra testigo y de la mejor formulación, 2.43 ± 0.07 % y 5.31 ± 0.31 % respectivamente.

El cushuro es un alga de gran aporte nutricional, su incorporación en un producto de panificación fortificaría e incrementaría los beneficios de dicho producto. Defilippi, Hurtado, Mendoza, Morales y Negrini (2019), desarrollaron una galleta de avena con cushuro. El equipo de investigación utilizó para la elaboración de las galletas cushuro fresco, que posteriormente pasa por el proceso de horneado lo que genera su deshidratación, por ello, las propiedades del cushuro no se pierden por el contrario enriquecen el producto. Se incorporó 22% de cushuro fresco (cantidad fija) durante la mezcla del huevo y la esencia de vainilla, obteniendo así galletas con un contenido de 17% de proteínas, 1.48% de fibra, 5.9% de lípidos, 0.08% de calcio y 0.021% de hierro.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. CUSHURO (NOSTOC SPHAERICUM)

Cushuro o caviar andino, es sin duda un alimento con un gran potencial nutritivo, numerosos son los beneficios que esta cianobacteria nos puede brindar, es por ello la gran importancia de conocer más acerca de él.



Figura 1: *Cushuro (nostoc sphaericum)*

Conocida en la sierra peruana como cushuro, murmunta, llullucha o crespito, esta alga está conformada por células vegetativas de forma esféricas cilíndricas, discoidales dispuestas en filamentos sencillos, flexibles, arrosariados, que miden entre 1 a 5 cm; a simple vista se avizora su aspecto de masa gelatinosa globulosa con variaciones entre color verde azulado a amarillo violáceo. (González, 2006)

La variación de colores en esta cianobacteria se debe a su composición en ciertos pigmentos naturales tal como la clorofila, que le da una coloración verde, mientras que el color azul se debe a la presencia de ficocianina, relacionado con la fotosíntesis. Se han observado también cushuros con coloración marrón, siendo responsable la ficoeritrina, un pigmento rojo que al mezclarse con los otros pigmentos mencionados da como resultado esta coloración. (Ponce, 2014).

2.1.1. HÁBITAT

Al ser un alga cosmopolita, se adapta fácilmente a inhóspitos hábitats por encima de 3 000 msnm, se pueden encontrar en diversos ambientes acuáticos, sobre rocas húmedas, suelos húmedos, donde existen lagunas de aguas cristalinas y puras, que son ricas en nitrógeno lo cual mejora el crecimiento de la cianobacteria, siendo la época de lluvias donde su crecimiento es mayor,

las colonias gelatinosas y esféricas formadas que flotan libremente por el borde de superficies de lagos, lagunas y ambientes muy húmedos alto andino como en los departamentos de: Ancash, Junín, Cajamarca Huánuco, Cusco y Puno (González, 2006).

Asimismo, Reháková, Johansen, Casamatta, Xuesong y Vincent (como se citó en Ponce, 2014) mencionan que esta alga suele vivir en climas extremos, con temperaturas bajo cero, prosperando en alturas sobre 3000 msnm, reportándose su supervivencia hasta en 5000 m en atmósferas pobres en oxígeno. A la vez son resistentes a radiación ultravioleta, favoreciendo su fotosíntesis. Un aspecto asombroso es que pueden permanecer en estado latente durante años, hasta que las lluvias las rehidratan. Es por ello que son consideradas especies primitivas que se han mantenido desde hace millones de años, con una sorprendente capacidad de supervivencia, existiendo desde zonas semidesérticas hasta en glaciares antárticos.

2.1.2. TAXONOMÍA

Según la página National Center for Biotechnology Information (NCBI, 2014), su clasificación taxonómica es:

- **Reino:** Bacteria, Planctae (clasificados en dos reinos distintos como Bacterias y Cushurus; Filum: Cyanobacteria;
- **Orden:** Nostocales;
- **Familia:** Nostocaceae;
- **Género:** Nostoc;
- **Especies:** N. calcicola, N. commune, N. cycadae, N. desertorum, N. edaphicum, N. elliposporum, N. entophytum, N. flagelliforme, N. indistinguenda, N. lichenoides, N. linckia, N. muscorum, N. paludosum, N. piscinale, N. punctiforme, N. sphaericum, N. trichormus.

2.1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

El cushuro es considerado un súper alimento es así que Gantar (2008) manifiesta que es un alimento de digestión rápida además se atribuye un gran valor nutritivo debido primordialmente a su contenido en proteínas, y vitaminas, a la vez aporta cerca de 50% en carbohidratos.

Estas investigaciones evidencian la calidad nutritiva de esta alga, puesto que su consumo no solo aumenta el nivel proteico de diversos platos andinos, sino que además se añade calcio (mejora y protege huesos y dientes), fósforo, hierro y vitamina A, entre otros nutrientes (Ponce, 2014).

Leiva y Guerra (2018) mencionan que la humedad del cushuro fresco es de 98.5%, reafirmando que el mayor contenido de esta alga es el agua.

Tabla 1: *Composición nutricional (100 g) de Cushuro deshidratado.*

Componente	*	**
Energía (kcal)	242.00	-
Proteína (g)	29.00	25.4
Grasa total (g)	0.50	0.8
Carbohidratos (g)	46.9	62.4
Agua (g)	15.10	6.3
Calcio (mg)	147.00	1.076
Fósforo (mg)	64.00	258
Hierro (mg)	83.60	19.6
Tiamina (mg)	0.20	-
Riboflavina (mg)	0.41	-

FUENTE: *Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, 2009

**Gantar M., 2008.

Estudios muestran que la digestibilidad del cushuro es hasta del 49.53%, sin reportes de problemas tras el consumo directo, con un valor biológico de hasta de 77.79% (Chili y Terrazas, 2010).

Gantar M. (2008) menciona la composición nutricional por cada 100 g de cushuro desecado: “25,4 g de proteínas, 62,4 g de glúcidos, 0,80 g de lípidos, 6,30 g de agua, 5,10 g de ceniza, 258 mg de fósforo, 1,076 g de calcio, 19,6 mg de hierro y 10 de vitamina A”.

Augusto Aldave Pajares, algólogo peruano, exploró gran parte de las lagunas altoandinas del Perú y ha descrito sus experiencias, durante más de 50 años. Es así, que en su libro “Algas toda una vida”, comparte el valor nutricional del Cushuro en masa seca mencionando, que contiene el doble de proteínas (30%) que la quinua y la kiwicha (15%), mayor contenido de aminoácidos

esenciales, el cual lo convierte en un alimento que fácilmente supera a la carne. Su contenido de calcio (145/mg) es superior al de la leche (20/mg) y el hierro (83.6/mg) supera a la lenteja (7.6/mg) (Aldave, 2016).

En la tabla 2, se puede observar los macronutrientes (%) que contiene la masa seca del cushuro, comparada a otros alimentos potencialmente nutritivos consumidos frecuentemente en la alimentación de la población peruana, según tabla de composición de alimentos.

Tabla 2: *Composición proximal de macronutrientes del Cushuro (deshidratado) comparado con otros alimentos.*

Alimento	Agua %	Proteína %	Carbohidrato %	Grasas %
Quinoa, harina	13	9 – 10	72	2 – 3
Leche en polvo	4	27	36	26
Soja	12	28	36	19
Nostoc	15	29	47	0.5

FUENTE: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, 2009.

2.1.4. PRINCIPALES COMPONENTES DEL CUSHURO

a. Carbohidratos

Algunos azúcares de contenido abundante tienen revestimientos gruesos o carbohidratos mucilaginosos, principalmente en los Nostocales, como las hexosas, glucosa, galactosa, estas, forman la capa protectora, actúan también, como barrera ante la presencia de agentes externos amenazantes, las cuales varían según la especie y ambiente de crecimiento (Chavez, 2014) (Moncayo, 2017).

b. Proteínas

Su contenido de proteínas es aproximadamente de 30%, siendo su contenido en aminoácidos muy relevante, ya que el 44% son aminoácidos esenciales para el ser humano.

En la tabla 3, se visualiza el contenido en Aminoácidos Esenciales (AAE) y la ingesta diaria recomendada por la WHO/FAO/UNU, (2007).

Tabla 3: *Aminoácidos esenciales presentes en el cushuro comparado a la ingesta diaria recomendada.*

Aminoácidos Esenciales	Contenido en el Cushuro (mg/g proteína) *	Recomendación (mg/g proteína) *
Histidina	1.3	15
Isoleucina	19.2	30
Leucina	26.4	59
Lisina	26.5	45
Metionina + Cisteína	27.4	22
Fenilalanina + Tirosina	11.4	38
Triptófano	ND	6
Treonina	0.07	23
Valina	35.1	39
Total de aminoácidos	147	277

FUENTE: *Valor calculado en base al 30% de proteínas contenidas en el cushuro deshidratado. Galetovic, Araya y Gomez, 2017; WHO/FAO/UNU, 2007.

ND: no define.

c. Grasas

Contiene ácidos grasos poliinsaturados, algunas especies contienen más ácido linoleico, así también, ácidos grasos monoinsaturados y saturados. Destaca la presencia de ácidos grasos como el mirístico, palmítico, esteárico, palmitoleico, oleico, linoleico. Las cantidades fluctúan dependiendo el tipo de especie y el ambiente donde se reproducen (Moncayo, 2017) (Gonzales, 1976).

2.1.5. BENEFICIOS EN LA SALUD

Rasmussen et al. (2009) afirma que se han encontrado propiedades curativas en el nostoc, ello se complementa con lo que aseveran Becher, Beuchat, Gademann, y Jüttner (2005) mencionando que el cushuro inhibe la formación de colesterol merced a su principio activo, la nostocarbolina, siendo esta una de las cualidades medicinales de esta alga.

Varios estudios in vitro ejecutados en animales, reportan que el consumo de lípidos, fibra y esteroides contenidos en el extracto de cushuro, disminuyen el colesterol total y triglicéridos en plasma (Rasmussen et al., 2009).

Gracias a su contenido en calcio y fósforo, al interactuar forman y fortalecen el sistema óseo con lo cual se previene la osteoporosis, su riqueza en vitaminas B1, B2, B5 y B8 permite estabilizar el sistema nervioso, su considerable contenido en proteínas fortifican los músculos, ayudando a un correcto funcionamiento del corazón y los nervios (Palomino, 2016).

2.1.6. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

El hecho de ser cultivada de manera natural y económica, además de su alto rendimiento como viscosante o estabilizante, permite su consideración como aditivo en la industria alimentaria y mejora en la disponibilidad y accesibilidad a la población en general (Jurado, et al., 2014).

Cabe resaltar, que químicamente presenta polisacáridos con hasta 10 tipos de monosacáridos, que pueden ser complejos en número y tipos de enlaces. Tienen variedades de metabolitos como enzimas, vitaminas como la E y B, β -caroteno, pigmentos y xantofilas como la clorofila, utilizada en la formulación de caramelos, chicles, enjuagues bucales, entre otros (Mendoza, 2015).

2.2. SOYA

La soya (*Glycine max*), pertenece a la subfamilia de las Faboideae, morfológicamente la planta puede alcanzar una altura entre 80 a 100 cm, con respecto a sus semillas (pequeñas o grandes, alargadas, redondas u ovales) crecen en vainas que se desarrollan entre 3 a 5 cm (León y Rosell, 2007).



Figura 2: *La soya*

FUENTE: Adaptado de *La Soya* [Fotografía], por Calvo, D. (2003). Equilibrio alimentario en los escolares. (http://www.diodora.com/documentos/nutricion_soja.htm)

2.2.1. ORIGEN Y TAXONOMÍA

Esta leguminosa es una de las más antiguas cultivadas por el hombre, aproximadamente entre 2838 – 2883 a.c., no obstante, es hasta después de la segunda guerra mundial donde su consumo tiene relevancia (León y Rosell, 2007).

No cabe duda que la soya es considerada la oleaginosa más cultivada, ello se debe a los diversos usos que se le pueden dar, no solo por ser un alimento nutritivo básico en la dieta de numerosos consumidores, sino por su aplicación industrial, ya que se puede extraer su popular aceite, así como de lecitina y fitoesteroles, a la vez se pueden fabricar harinas (Badui, 2012).

En cuanto a su clasificación taxonómica dentro del reino vegetal se describe en la siguiente tabla.

Tabla 4: *Clasificación Taxonómica de la Soya.*

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae (Leguminosa)</i>
Sub-familia	<i>Faboideae</i>
Género	<i>Glycine</i>
Especie	<i>Glycine Max</i>

FUENTE: Armas, 2012.

2.2.2. PRODUCCIÓN NACIONAL Y MUNDIAL DE SOYA

Con 35% de la producción mundial de soya, Estados Unidos es el actual principal productor, no obstante, en los últimos años América del sur ha evidenciado un notable aumento, ya que países como Brasil, Argentina, Uruguay, Bolivia y Perú tienen el 50% de la producción mundial con grandes expectativas de crecimiento puesto que disponen de tierras para extenderse de manera significativa en sus cultivos. Cabe mencionar que los ocho principales países productores de soya en el mundo son, en orden descendente, Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, India, Paraguay, Canadá y Bolivia. En cuanto a Perú la soya es cultivada en tres regiones, Ayacucho, Huancayo y Amazonas, sin embargo, apenas se produce el 6% de la producción mundial, a favor se tiene que la soya peruana no tiene modificación genética a diferencia de otros países del mundo, además de caracterizarse por ser de granos relativamente más grandes que las importadas (Armas, 2012).

2.2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Su contenido en nutrientes es variante ya que es afectado por diversos factores, algunos de ellos son la variedad de la semilla, el tipo de suelo, la irrigación, la fertilización y la temperatura ambiental, un ejemplo claro de ello es que se han encontrado algunas variedades de soya cuyo nivel proteínico es superior, mientras que las grasas, carbohidratos y el rendimiento por hectárea son menores (Badui, 2012).

Si hablamos de la soya como un súper alimento, es sin duda por su contenido proteínico elevado con un 36% en promedio, siendo superior incluso a las proteínas de la carne casi duplicándola, a ello se le atribuye el hecho de contar con niveles altos en aminoácidos esenciales, pese a ser algo deficiente en metionina. En cuanto a su valioso contenido en aceite de 20%, proporciona 63% de ácidos grasos poliinsaturados linoleico y linolénico, 23% del monoinsaturado oleico y 14% del saturado palmítico.

Los carbohidratos que contienen esta leguminosa, celulosa y oligosacáridos productores de flatulencia, son generalmente disminuidos en procesos de germinación y fermentación. Cabe resaltar que la soya es valorada por su contenido en proteínas y grasas, ya que con ello proporcionan 32% y 40% de calorías respectivamente superando lo recomendable, ello se equipara con al consumir la soya conjuntamente con alimentos ricos en almidones. Está compuesta a la vez por sustancias nutricionales como la lecitina (2%) y tocoferoles antioxidantes, mientras que los compuestos anti nutricionales de la soya son destruidos en procesos térmicos (Badui, 2012).

En la tabla 5, se muestra una composición promedio de las tres partes que constituyen la semilla.

Tabla 5: *Composición de la Soya y de sus partes en base seca (g/100g).*

	Proteína (%)	Grasas (%)	Hidratos de carbono (%)	Cenizas (%)	Constituyente de la semilla (%)
Soya total	40	21	34	4.9	100
Cotiledón	43	23	29	5.0	90
Cascarilla	9	1	86	4.4	8
Hipocotilo	41	11	43	4.3	2

FUENTE: Badui, 2012.

2.2.4. HARINA DE SOYA

a. Definición

Producto menos refinado con 40% de proteínas como mínimo, su forma de presentación puede ser sin desgrasar, semidesgrasada o desgrasada, en hojuelas, gránulos a polvo (Badui, 2012).

b. Obtención de la Harina de Soya

Consiste en colocar la soya en un secador con vapor que trabaja a presión a una velocidad constante, quitando la cascarilla, para luego molerlo a una finura de malla US 100 o mayor, obteniendo así harina sin desgrasar comercial (Badui, 2012).

c. Composición química

Su composición química no presenta cambios significativos con respecto al cotiledón; asimismo la eficiencia del descascarado se mide por la cantidad de fibra cruda residual (Smallwood, 2000).

Tabla 6: *Composición de la harina de soya (100gr) sin desgrasar y desgrasada.*

Componente	Sin desgrasar*	Desgrasada*	**
Proteína	41.5	53.0	46.53
Grasas	21.0	1.0	6.70
Humedad	5.0	5.0	2.70
Fibra cruda	2.1	2.9	10.20 ^a
Ceniza	5.2	6.0	6.09

FUENTE: *Badui, 2012

** Menchú, Méndez, y INCAP, 2007

^a Fibra dietética

d. Principales Componentes de la Harina de soya

- Proteínas

Compuesta mayoritariamente por globulinas entre 60 a 75%, y por albuminas, constituyendo una mezcla heterogénea con diversos pesos moleculares, solubles en soluciones salinas y en agua, precipitando entre 4.2 a 4.8 (punto isoeléctrico). Su composición en aminoácidos

esenciales representa un aporte valioso para la nutrición, pues es rica en lisina, treonina, isoleucina, leucina, fenilalanina y valina; no obstante, es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) (Badui, 2012).

Su contenido proteico es afectado por procesos térmicos, debido a la sensibilidad de la proteína al calor desnaturalizándose con facilidad, para ello se emplean los índices de solubilidad de nitrógeno (ISN) y el de dispersabilidad de proteína (IDP) (Badui, 2012).

- **Lípidos**

El contenido en lípidos se destaca principalmente por su elevado porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados indispensables, ácido linoleico y linolénico, con aproximadamente 62% y 3% respectivamente. No obstante, al ser estos ácidos grasos menos estables son más propensos a reacciones de oxidación generando pérdidas en las cualidades sensorial y nutricional. Pese a ello existen procesos industriales de molido que no dañan los esferosomas donde está el aceite, reduciendo notablemente las reacciones de oxidación; asimismo su composición en lecitina y tocoferoles con función antioxidante, ayudan parcialmente a estabilizar el aceite evitando alteraciones inapropiadas en la harina (Badui, 2012).

e. **Usos de la harina de Soya**

Usos alimenticios: Sin duda, la soya tiene una amplia gama de usos, se utiliza como ingrediente en pastas, cervezas, para panificación, productos dietéticos, o no convencionales como “leche hipoalérgica”, embutidos, en alimentos balanceados para animales, etc. (Ridner, 2006).

f. **Propiedades de la harina de soya en la panificación**

Criscout (2006), menciona las siguientes propiedades:

- No contiene gluten.
- Mejora la estabilidad de las vitaminas.
- Compensa aminoácidos deficientes de la harina de trigo.
- Realza y mejora el balance biológico del producto final.
- Evita el uso de grandes cantidades de huevo.

g. **Computo químico de la harina de Soya**

La soya es considerada como un alimento proteínico completo, puesto que sus niveles en aminoácidos esenciales, principalmente en lisina, están por encima del patrón de puntuación recomendado por la WHO/FAO/UNU, (2007). Si bien es cierto la soya es deficiente en aminoácidos azufrados (Metionina + Cisteína), al ser complementada con cereales como la harina de trigo, sus niveles alcanzan lo recomendado obteniendo así una mezcla fortificada.

En la tabla 7 se observa los aminoácidos esenciales y el cómputo químico de la harina de soya.

Tabla 7: *Aminoácidos Esenciales y Computo Químico de la Harina de Soya.*

Harina de Soya		
Aminoácido esencial (AAE)	Aminoácidos Esenciales* (mg/g proteína)	Computo Químico (%)
Isoleucina	53.0	176.7
Leucina	77.0	126.2
Lisina	63.0	131.3
Metionina + Cisteína	32.0	139.1
Fenilalanina + Tirosina	82.0	200.0
Treonina	40.0	160.0
Triptófano	14.0	212.1
Valina	52.0	130.0
Total de AAE sin Histidina	413.0	1275.4

FUENTE: *Toledo, 2016.

2.3. PIÑA

La piña es un fruto que pertenece al grupo de las bromelias. La *Ananas Comosus*, es de ellas la especie con mayor interés y uso comercial, esta además se agrupa dentro del género de las Ananas (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 2015).

Esta fruta es no climatérica y su forma, color y apariencia varía dependiendo de la variedad; por ejemplo, podemos encontrar cilíndricas y piramidales además de poseer cascara amarillenta, parda o rojiza.

Su sabor agridulce, aroma sin igual y una deliciosa pulpa succulenta hacen de la piña una fruta especial, es por ello que su consumo es variado, ya que no solo se puede consumir fresca, sino que también puede servirse con platos salados, en sándwiches y ensaladas tropicales (Alvarado y Blanco, 2008).

2.3.1. ORIGEN

La piña es procedente de América del Sur, siendo probablemente oriunda de Brasil o de Paraguay; los españoles al arribar a nuestro imperio hallaron una piña ya domesticada y cultivada por los nativos, al observar ellos que la forma de este fruto les recordaba la fruta del pino, decidieron nombrarla Piña; no obstante, *Ananá* es el nombre original en guaraní y de donde viene su nombre científico (Sanchez, 2012)

2.3.2. TAXONOMÍA

Nombre común	: <i>Piña</i>
Nombre científico	: <i>Ananas comosus</i>
Reino	: <i>Vegetal</i>
División	: Monocotiledóneas
Clase	: <i>Liliopsida</i>
Orden	: <i>Bromeliaceae</i>
Género	: <i>Ananas</i>
Especie	: <i>Comosus</i> (Sanchez, 2012)



Figura 3: *Piña variedad Golden sweet.*

2.3.3. VARIEDADES DE PIÑA

La piña se agrupa en tres variedades, el Queen, cuyos frutos son de carne blanco - amarillenta o amarilla, el Spanish, con frutos de carne blanca, y el Cayenne, de carne amarilla. La variedad del tercer grupo, la Smooth Cayenne es la más importante comercialmente. Durante todo el año se produce en todo el Perú frutos de gran calidad y tamaño (Dirección de Información Agraria, 2000).

- **Variedades del Grupo Spanish:** Roja Española, Blood, Puerto Rico, Real Mauriteno, Criolla Trujillo, Criolla Pucallpa y Mauriteno Yellow.
- **Variedades del Grupo Cayena:** Champaka F-153, Costa Rica 74 C, Guatemala, Hawaiiiana y Colombia, Euville, Hilo, Rothfield.
- **Variedades del Grupo Queen:** Riplay Queen, Abaxi, Elentera, Ploaxa, Perla, Natal Queen, Golden, Pernanbuco y Black Riplay.

La diferenciación que se realiza en Perú es por piñas blancas y rojas. Por un lado, las piñas blancas se caracterizan por ser plantas vigorosas y tener pulpa de textura suave y deliciosa, dentro de las más comercializadas están la

ecuatoriana espinosa, Blanca de Chanchamayo y Miel de Abeja de Pucallpa. Por otro lado, las piñas rojas poseen una pulpa con textura más áspera y de calidad ligeramente inferior a las blancas, entre estas se encuentran Roja Trujillana, Rosada de Chanchamayo, Pucallpina y Zamba de Chanchamayo (Dirección de Información Agraria, 2000).

Entre las piñas blancas y rojas las más comerciales son la “Zamba de Chanchamayo” y la “Roja Trujillana” (Dirección de Información Agraria, 2000).

a. Variedad Golden Sweet

La variedad Golden se caracteriza principalmente por presentar una forma cilíndrica, además de una pulpa amarillenta clara, fibrosa, además de ello posee un alto contenido de °Brix (15-17°Brix) lo cual lo hace dulce, ácido ascórbico, su contenido de acidez total es inferior al de la Cayena Lisa (Bartholomew y Rohrbach, 2002).

La variedad de esta piña ha reportado un contenido de 1.02% de grasa, 4.87% de proteína, 16.2% de fibra dietética y 6.32% de cenizas, (todos estos en base seca) de acuerdo a la investigación de Cortez y Morales (2018).

2.3.4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

La piña está compuesta principalmente por carbohidratos con niveles bajos de grasas y proteínas, su contenido en fibra es alrededor de 14% de materia seca, esto hace a la piña un alimento ideal para una dieta baja en colesterol. En cuanto a su aporte en vitamina C es aproximadamente la mitad que el de los cítricos y el contenido de carotenoides provitamina A es bajo. Está compuesta por azúcares solubles (sacarosa, glucosa y fructuosa), ácidos cítrico y málico, en forma de citratos y malatos de potasio, minerales como el magnesio, originando un sabor algo picante (Alvarado y Blanco, 2008).

Tabla 8: *Tabla de composición nutricional de la piña.*

Composición en 100 g de alimentos	
Energía	38kcal
Agua	89.3 g
Proteínas	0.4 g
Grasa total	0.2 g
Carbohidratos totales	9.8 g
Fibra cruda	0.5 g
Fibra dietaría	1.4 g
Calcio	10 mg
Hierro	0.6 mg
Vitamina A	3 µg
Vitamina C	19.9 mg

FUENTE: Centro Nacional de alimentación y Nutrición, 2009.

2.3.5. PRODUCCIÓN NACIONAL DE LA PIÑA

La piña es un producto agrícola de gran producción a nivel nacional, sus diferentes variedades la hacen accesible a diferentes tipos de terrenos y zonas geográficas de nuestro país. La variedad Golden es una de las más producidas en la selva peruana y a su vez es la más requerida en el mercado internacional, tanto por su aroma, sabor y propiedades nutricionales.

El aumento de la producción y comercialización de este fruto ha provocado a su vez un elevado incremento de subproductos generados tras la industrialización de la piña, pues la elaboración de néctar, pulpa concentrada, etc. deja como principal residuo las cascara de este fruto, y en muchos de estos casos son desechas sin haberseles dado un valor agregado. (Fernández y Suyón, 2018)

Tabla 9: Producción de piña, 2011 -2017 (miles de toneladas métricas)

Año	Miles de TN métricas
2011	400.4
2012	436.8
2013	448.9
2014	455.3
2015	450.6
2016	461.3
2017	494.6

FUENTE: Instituto nacional de estadística e informática, 2018.

2.3.6. BENEFICIOS EN LA SALUD

Es considerada como una fruta ideal para facilitar la digestión de los demás alimentos aliviando la pesadez de estómago a causa de una digestión lenta. A la piña se le atribuye un efecto saciante cuando es consumida antes de las comidas es por ello un complemento idóneo en las dietas adelgazantes, asimismo es diurético. Numerosas investigaciones han demostrado que esta fruta es un potente inhibidor de la formación de nitrosaminas (acción cancerígena), su formación se localiza en el estómago, producto de una reacción química entre los nitritos y ciertas proteínas contenidas en los alimentos que consumimos (Pamplona, 2013).

2.3.7. CÁSCARA DE PIÑA

Sibaja, Moya, Durán, Pereira, y Madrigal, (1988) señala en su investigación que la cáscara de la piña forma parte del 19% de la fruta fresca, además de ello el autor menciona que este subproducto está compuesto por lignina, celulosa y hemicelulosa, polímeros naturales de materiales vegetales.

Por otro lado, otras investigaciones han reportado que el contenido de fibra en la piña es de 20%, y en las cáscaras de piña se ha obtenido reportes de fibra dietética de hasta 70,6%, el cual básicamente está relacionado al elevado contenido de su antioxidante (miricetina) hallado en este subproducto (Ramírez y Pacheco de Delahaye, 2009)

Además, se ha reportado también valores de fibra dietética total de 62.54% en cáscaras de piña (Chávez, Cruz, Gracia de Caza, Diaz, y Pérez, 2009).

Ello comprueba lo que varios autores manifiestan indicando que los subproductos de la piña tal como la cáscara, son una considerable fuente de fibra dietética, pues contiene >20% de fibra dietética total, además de tener un elevado grado de fibra dietética insoluble, lo cual combinado con su agradable sabor y su color neutro, hacen de la cascara de piña un ingrediente ideal para suplementar en fibra dietética diversos productos, mejorando a la vez su aceptabilidad (Cañas, Restrepo, y Cortés, 2011).

a. Harina de cascara de piña

La composición de la harina producida a partir de las cáscaras de piña está siendo investigado con el fin de ser utilizado como ingrediente en la fortificación de alimentos y reemplazo del gluten. Esta fibra se compone de celulosa (presente en granos de cereales, parte de la pared celular vegetal), hemicelulosa y sustancias pépticas (presente en las cáscaras de varios frutos); donde la cáscara de piña presenta un contenido de fibra dietética de 70.6%, puesto que el elemento más destacado en la harina de cascara de piña es la fibra que posee (Cedeño y Zambrano, 2014).

Tabla 10: *Composición química de harina de cascara de piña.*

Componente	Composición química (%)
Humedad	9.84
Proteína	3.51
Grasa	0.47
Cenizas	4.11
Fibra dietética	37.90
Carbohidratos	44.16

FUENTE: Cedeño y Zambrano, 2014.

2.4. FIBRA DIETÉTICA

La definición que se atribuye a fibra dietética ha ido cambiando con el transcurso del tiempo, es así que en un principio era considerada como sinónimo de fibra vegetal determinándose como “los constituyentes de la pared de la célula vegetal (celulosa, hemicelulosa y lignina), resistentes a las enzimas del tracto digestivo humano”. Nuevas investigaciones han permitido que, en el 2001, la *American Association of Cereal Chemist* definió a la fibra dietética como “la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso” (Aguilera et. al., 2007).

2.4.1. PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LA FIBRA DIETÉTICA

a. Solubilidad

La solubilidad de la fibra en agua depende de su estructura molecular, es decir si esta conformada por grupos hidroxilo permitiendo que la fibra sea mas soluble, pues forma puentes de hidrogeno con las moléculas de agua, así como la presencia de grupos carboxílicos logra interacciones iónicas mas fuertes como resultado de su unión con iones metálicos y de éstos con el agua. De igual forma es importante señalar que la acumulación del agua en la matriz de la fibra depende de la estructura tridimensional de los polímeros que la conforman (Aguilera et. al., 2007).

Cabe señalar que esta propiedad permite que la fibra pueda clasificarse en fibra soluble e insoluble.

b. Viscosidad

La fibra compuestas por polisacáridos, al combinarse con una solución como el agua, tiene la capacidad de formar redes tipo gel, lo cual se evidencia en un aumento de la viscosidad de la matriz. Esta propiedad permite modificar propiedades de textura así como favorecer la estabilidad de emulsiones en productos que se desarrollan.

Numerosos estudios han logrado establecer una relación entre la viscosidad de la fibra dietética con la regulación del apetito (Kristensen y Jensen, 2011).

c. Capacidad de fermentación

Esta propiedad de la fibra dietética depende del tipo de fibra, teniendo la fibra soluble mayor capacidad de fermentación que la insoluble, en términos generales todos los tipos de fibra pueden ser fermentadas por las bacterias intestinales con excepción de la lignina. Con ello se establece un porcentaje superior de fermentación en las pectinas, gomas o mucílagos alrededor de 80 y el 95%, a comparación de la celulosa que esta entre 15 – 50 % (Aguilera et. al., 2007).

Cabe señalar que la importancia del proceso de fermentación radica en permitir el mantenimiento y desarrollo de la flora bacteriana y de las celulares epiteliales, así como de la producción de ácidos grasos de cadena corta tales como el acético, propiónico y butírico, gases como el hidrógeno, metano y dióxido de carbono, ácido láctico, aminos, fenoles y otros compuestos de gran utilidad metabólica. A los beneficios mencionados que con lleva la fermentación de la fibra se debe sumar la producción de energía que es aprovechada por las mismas bacterias (Menéndez, 2013).

A partir de esta propiedad las fibras se pueden dividir en:

- Fibras no fermentables (< 10%).- Se encuentran la lignina (fibra insoluble) así como la caragenina y la metilcelulosa (fibras solubles).
- Fibras parcialmente fermentables (10-70%).- Esta conformada por fibras insolubles ricas en celulosa y por otras solubles como el agar.
- Fibras fermentables (> 70%).- Compuesta solo por fibras solubles ricas en hemicelulosa o en ácidos glucurónicos (pectinas).

Es importante mencionar que la capacidad de fermentación propia de la fibra dietética, ha permitido que sea considerada como un probiótico, mejorando la salud del consumidor al estimular de forma selectiva el desarrollo y/o la actividad de un número de bacterias en el colon (Aguilera et. al., 2007).

2.4.2. PROPIEDADES TÉCNICO-FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETÉTICA

a. Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Su importancia radica en el efecto que tiene sobre la textura de un nuevo producto, limitando el nivel máximo de incorporación de fibra en dicho producto (Lajolo, Saura, Wittig y Wenzel, 2001).

Cabe señalar que esta propiedad es aprovechada en la industria de productos horneados, ya que la fibra prolonga la frescura y mejora la digestión (Ayala, Vega, Rosas, Palafox y Villa, 2011).

Su método se fundamenta en colocar la fibra a un exceso de agua en condiciones controladas de temperatura y tiempo, hasta alcanzar el equilibrio, para luego ser sometida a fuerzas externas controladas (centrifugación), permitiendo su cálculo mediante la relación entre la masa final de la fibra hidratada y la masa inicial seca (Mayorga, 2013).

b. Capacidad de Retención de Aceite (CRAc)

El método se basa en colocar la fibra en un exceso de aceite para luego dejar reposar a una temperatura y un tiempo determinado hasta alcanzar el equilibrio, para luego ser sometida a una fuerza externa constante como es la centrifugación, el resultado expresa la cantidad de aceite retinido por la fibra (Elleuch, Bedigian, Roiseux, Besbes, Blecker y Attia, 2011).

A diferencia de lo que ocurre en la capacidad de retención de agua, en esta propiedad las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de aceite que las fibras solubles, asimismo la composición química, el tamaño y área superficial de las partículas de fibra influyen en esta propiedad (Ramírez y Pacheco, 2009).

Su aplicación es de suma importancia en la industria alimenticia, en productos como las galletas, con ello se aconseja el uso de harinas a partir de frutas ricas en fibra insoluble, puesto que tiene un efecto sobre la textura del producto, así como la disolución de sabores y aromas, y la estabilidad del producto (Ramírez y Pacheco, 2009).

c. Capacidad de Hinchamiento (CH)

La metodología a seguir es igual al método de capacidad de retención de agua, a diferencia que el resultado de esta propiedad expresa el volumen de la cama de fibra hinchada.

Factores como la composición química de la fibra, así como de características estructurales como la porosidad y la cristalinidad influyen en esta propiedad (Raghavendra et. al., 2006; Yalegama, Karunaratne, Sivakanesan y Chithrangani, 2013).

Al igual que las anteriores propiedades (CRA y CRAc), la capacidad de hinchamiento es útil para proporcionar información en el desarrollo de productos horneados. Es importante señalar que las fibras solubles tienen mayor capacidad de hinchamiento para la formación de soluciones viscosas que las fibras insolubles (Lecumberri, Mateos, Izquierdo, Goya, y Bravo, 2007).

2.4.3. TIPOS DE FIBRA DIETÉTICA

a. Fibra dietética soluble

Su comportamiento frente a soluciones enzimáticas acuosas origina un retículo donde la solución queda atrapada con ello se forma una mezcla de gran viscosidad, además de la retención de agua (propiedad característica a este tipo de fibra). Se encuentran dentro de este grupo las pectinas, algunas hemicelulosas, gomas, mucílagos y polisacáridos procedentes de algas, los cuales se pueden encontrar en alimentos como las frutas, vegetales foliáceos, hortalizas y legumbres (Menéndez, 2013).

b. Fibra dietética insoluble

A diferencia de la fibra dietética soluble, este tipo de fibra es insoluble en soluciones acuosas enzimáticas, así como su capacidad de retención de agua es inferior a la soluble. Esta compuesta por la celulosa y sus derivados, algunas fracciones de hemicelulosas, lignina y almidón resistente, encontrándose principalmente en hortalizas, verduras, leguminosas frescas y en los granos de cereales (Menéndez, 2013).

2.4.4. FUENTES DE FIBRA DIETÉTICA

Los elementos fundamentales que constituyen la fibra dietética son:

Tabla 11: Principales constituyentes de la fibra dietética.

Polisacáridos	Oligosacáridos	Análogos de hidratos de carbono	No derivados de hidratos de carbono
Celulosa	Inulina	Dextrinas no digeribles	Ligninas
Hemicelulosa	Fructooligosacáridos	Maltodextrinas no digeribles	Ceras
Pectina	Galactooligosacáridos	Polidextrosa	Filatos
Gomas		Metilcelulosa	Cutinas y suberinas
Mucílagos		Hidroxipropilmetilcelulosa	Compuestos polifenólicos (taninos)
Polifruktosas		Hidratos de carbono sintético	

FUENTE: Menéndez, 2013.

Cabe resaltar que estos constituyentes se encuentran en distintos alimentos, es así que la celulosa se encuentra principalmente en la cubierta de los granos de cereales y en los tegumentos de las legumbres, mientras que en las verduras y hortalizas como las acelgas, col, zanahoria y lechuga su concentración es menor. Al igual que la celulosa, la hemicelulosa se encuentran en los mismos alimentos además de diversas frutas. En verduras, hortalizas y frutas como la piña se encuentra la lignina (parte mas fibrosa). Mientras que las pectinas destacan en frutas como manzanas, naranjas y limones. Las gomas y mucílagos se encuentran en frutas, legumbres, en la cebada y la avena (Martínez, et. al., 2003).

2.4.5. FIBRA DIETÉTICA EN LA PIÑA

Larrauri y Saura (1997) han señalado de que la fibra dietética de la piña posee actividad antioxidante, además de ello mencionan que propiedades como sabor y color neutro, permiten mejorar la aceptabilidad de un producto elaborado con la adición de la fibra dietética de la cascara de piña, lo cual lo hace un excelente complemento en la elaboración de productos panificados.

Se ha encontrado en otras investigaciones el contenido de fibra en algunas frutas tales como la piña el cual reporta un valor de 20%, guanábana (23,61%)

y guayaba (45,22%), sin embargo; estos son valores de la pulpa del fruto, por lo que de acuerdo a lo antes señalado se puede identificar que la mayor cantidad de la fibra dietética se encuentra en la cascara (Ramulu y Udayasekhara, 2003).

Diferentes subproductos, procedentes del procesamiento de frutas, han sido catalogados como fuentes directas de fibra. Y es así que cáscara de piña se ha encontrado valores de fibra dietética de 70,6%, el cual está relacionado elevado contenido de miricetina, polifenol autor de la actividad antioxidante encontrada en este subproducto (Larrauri y Saura, 1997).

Al hablar de la fibra que se obtiene a través de las cáscaras de piña, hablamos de un alto nivel de fibra dietética soluble e insoluble, aportando beneficios para la salud, es utilizada para elaborar subproductos, y en la alimentación de animales, en la obtención de polímeros, biodegradables, abono orgánico (Cedeño y Zambrano, 2014).

2.4.6. RECOMENDACIONES DE CONSUMO

La American Dietetic Association (1996), recomienda una ingesta de fibra en adultos alrededor de 25 a 30 g/día o de 10 a 13 g/ 1000 Kcal, con una relación insoluble/soluble de 3/1 (Martínez, et. al., 2003). Asimismo el Instituto Nacional para el Cáncer (EE.UU) recomienda entre 20 y 40 g de Fibra/día. Cabe señalar que estas recomendaciones son para adultos sanos, siendo menores para niños y ancianos (Moreno, 2000).

Martínez, et.al., (2003) manifiesta, para niños (mayores de 2 años) es recomendable una cantidad igual o superior a su edad más 5 g de fibra/día. Cabe resaltar que esta dieta debe basarse en fuentes variadas de frutas (3 piezas diarias), verduras (dos o más platos diarios), legumbres (2 o 3 veces por semana), cereales integrales, lácteos y probióticos, además de beber de 1.5 a 2 litros diarios de agua, esta dieta se complementa con realizar actividad física diariamente.

2.4.7. EFECTOS FISIOLÓGICOS

Existen muchas evidencias que demuestran la relación existente entre el consumo de fibra dietética con respecto a los efectos fisiológicos, principalmente en lo que respecta al tracto gastrointestinal, en la tabla 12, se resumen los efectos fisiológicos de la fibra dietética.

Tabla 12: *Efectos Fisiológicos de la fibra dietética.*

	Fibra soluble	Fibra insoluble	Efecto fibra total
Estómago	↓ Vaciamiento gástrico		↑ Sensación de saciedad
	↑ Distensión gástrica		
Intestino delgado	↓ Tiempo de tránsito Forma soluciones viscosas (geles)	Efecto esponja	↓ Absorción de nutriente (glucosa, lípidos)
			↓ Reabsorción de ácidos biliares
Colon proximal	↑ Fermentación bacteriana	Absorción de cancerígenos	Efecto prebiótico
	↑ AGCC		↓ Absorción de Na ⁺ , H ₂ O
	↑ Gases		↑ Proliferación celular normal
Colon distal	-	↑ Fermentación bacteriana	↓ pH luz intestinal
		↑ AGCC	↓ Proliferación de células tumorales
		↓ Tipo tránsito	↑ Volumen contenido intestinal (laxante)

FUENTE: Menéndez, 2013.

2.5. MEZCLAS ALIMENTICIAS

La finalidad de las mezclas alimenticias es sin duda la creación de un producto de alta calidad nutricional, para cubrir las carencias nutricionales de las personas principalmente de comunidades con desnutrición, siendo los niños menores de 3 años los principales afectados por este problema. Asimismo, mediante la adecuada combinación entre cereales, cultivos andinos, leguminosas, leche, entre otros alimentos, se mejora el balance de AA esenciales que proporcionaría cada alimento por separado. (Jimenez y Duque, 2018).

2.5.1. ENRIQUECIMIENTO DE HARINA

Se basa en el aumento del contenido de vitaminas y minerales en determinado alimento, con el objeto de contribuir en la mejora nutricional de éste, siendo de gran beneficio para toda la comunidad (Arista y Ramírez, 2018).

2.5.2. FORTIFICACIÓN DE HARINA

Se entiende como la adición de una o varias vitaminas, minerales o proteínas que normalmente no contiene el producto de forma natural con el fin de proveer beneficios a la salud (Alvarado F. , 2016).

2.5.3. COMPUTO QUÍMICO

Propuesto por Mitchell y Block en 1946, el score químico se basa en calcular el porcentaje de presencia de aminoácidos esenciales de un determinado alimento, con respecto a su patrón de referencia generalmente para niños mayores de un año y adultos g/100g. (FAO, OMS, y ONU, 2001).

El aminoácido limitante es denominado score químico (SQ), y expresa el aminoácido esencial con menor concentración en una proteína con respecto a los demás, es así que si una proteína es carente en algún aminoácido esencial su SQ es cero, mientras cuando no hay carencia de ningún aminoácido esencial el SQ equivale a 100%, siendo una proteína ideal o de referencia, puesto que permiten una ideal síntesis de proteínas por lo que se usan como modelos, referenciales o mezclas aminoacídicas deseables (De la Cruz, 2009).

$$\text{Cómputo químico} = \frac{g. AAE. Alimento o mezcla}{g. AAE. Proteína patrón}$$

Las proteínas cumplen diversas funciones vitales para mantener nuestro organismo saludable, constantemente se producen procesos de construcción y destrucción de componentes nitrogenados. Asimismo, para la obtención de energía a través de la síntesis proteica es necesario la ingestión de alimentos ricos en proteínas compuestos por aminoácidos esenciales, los cuales no pueden ser producidos por nuestro organismo por lo que es necesario su ingestión en la dieta, siendo necesario una adecuada complementación de alimentos proteínicos para cubrir la demanda en aminoácidos esenciales que requiere nuestro organismo (De la Cruz, 2009).

2.6. CONTROL DE CALIDAD DE LAS HARINAS

2.6.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Para un almacenamiento confiable es necesario un control en el contenido de humedad de la harina, es así que según la norma del ITINTEC, la harina no debe tener más del 15% de humedad (Repo-Carrasco, 2002).

2.6.2. CONTENIDO DE PROTEÍNA

Al evaluar el contenido proteínico de una harina es importante conjuntamente la cantidad como la calidad, de ello dependerá el uso que se le dé a la harina. Al determinar la proteína cruda de una harina mediante métodos fisicoquímicos se determina primero el nitrógeno total, el cual al multiplicarse por un factor que depende del tipo de alimento se obtendrá finalmente el contenido de proteína de dicho alimento (Repo-Carrasco, 1998).

2.6.3. COLOR Y CONTENIDO DE CENIZA

La determinación de color en la harina resulta ser un aliado para tener una idea del contenido mineral de la misma, ya que si la harina es más oscura es probable que contenga más contenido mineral que lo normal, debido a que tendrá más partículas de afrecho que el estándar. Asimismo, es importante mencionar que los consumidores comúnmente son los que determinan las limitantes en el contenido de cenizas que requieren para sus productos.

Para medir el grado de extracción de la harina, se emplea la determinación del contenido de cenizas, ya que el endospermo puro está compuesto por muy pocas cenizas, mientras el salvado, capa aleurona y germen contienen mucho más. Este método consiste en incinerar la harina en una mufla entre 400 –

600°C por el lapso de 6 horas. Finalizado el tiempo se procede a pesar y por último expresar el resultado como porcentaje de materia original. (Repo-Carrasco, 2002).

2.6.4. GRANULOMETRÍA

Se emplea para determinar el tamaño de las partículas que constituyen la harina, este análisis puede ser realizado manualmente (apreciación al tacto), o bien por el uso de un tamiz, con lo cual se podrá detectar y diferenciar las harinas granuladas de las harinas finas.

Para la harina de trigo el 98% o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (N° 70) de 212 micras (CODEX STAN 152, 1985).

2.7. GALLETAS

Las galletas son obtenidas tras el horneado, gracias a la masa formada por la mezcla de harina de trigo y otros ingredientes que conjuntamente favorecen la obtención de este producto (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2005).

Están hechos principalmente por una mezcla de harina, mantequilla y agua, adicionada en su mayoría de azúcares y otros insumos alimenticios, los cuales son amasados y luego de ello son llevados a un tratamiento térmico, originando así un producto delicioso al paladar e identificado principalmente por su bajo contenido de agua (Gil, 2010).

Las galletas son una gran fuente de energía pues están compuestas por hidratos de carbono, proteínas y grasas. Se ha observado que hoy en día existen galletas con muy bajo contenido de fibra, pues su contenido en azúcares y grasas saturadas lidera su composición.

La fibra en la galleta origina un efecto de llenura en el organismo, además de sus propiedades intestinales.

2.7.1. GALLETA COOKIE

En los diferentes establecimientos comerciales como supermercados, tiendas, etc. tenemos disponibles una gran variedad de galletas, entre ellas las de relleno, las saladas, las de sin rellenos, etc. Así mismo dentro de esta gama de variedades encontramos las galletas cookie. Este tipo de galletas cookies son procedentes de las galletas americanas, siendo su principal característica el

ser grande, irregularmente circular, con chispas de chocolate, pasas, maní, pecanas o nueves, etc. Las galletas cookie se componen básicamente de carbohidratos puesto que 100 g. de este producto poseen 64,30 g. de carbohidratos y una humedad de 3-5% (Gil, 2010).

Tabla 13: *Composición química de galletas tipo cookie con chips de chocolate en base a 100gr.*

Componente	Composición química
Calorías	49 kcal
Proteína	0.55 g
Carbohidratos	6.41g
Grasa	2.47g
Grasa saturada	0.76g
Grasa poliinsaturada	0.13g
Grasa monoinsaturada	0.13g
Fibra cruda	0.3g

FUENTE: Salvatierra, Azorza, y Paucar, 2019.

La masa de las cookies admite muchas variaciones, por ejemplo, sustituir la harina de trigo por harina con mayor contenido de fibra y los copos de chocolate por frutos secos e inclusive algas como el cushuro.

2.7.2. INGREDIENTES PRINCIPALES DE LAS GALLETAS

a. Harina

Para la elaboración de las galletas cookies se emplea harina floja o harina suave. La harina que presenta menor contenido de proteínas produce en menor medida gluten, originando que este tenga una textura más suave, siendo este un factor importante para este tipo de producto, como las galletas (Barriga, 2015).

Al añadir agua a la harina se forma una masa a medida que se van hidratando las proteínas del gluten. Parte del agua es retenida por los gránulos rotos de almidón. Cuando se mezcla y se amasa la harina hidratada, las proteínas del gluten se orientan, se alinean y se despliegan parcialmente. Se establece así una red proteica tridimensional,

viscoelástica, al transformarse las partículas de gluten iniciales en membranas delgadas que retienen los gránulos de almidón y el resto de los componentes de la harina (Owen, 1996).

b. Agua

El agua, aproximadamente, constituye una tercera parte de la cantidad de harina que se emplea en la elaboración de galletas (Calaveras, 2004).

Se considera aditivo porque no es una sustancia nutritiva, aunque el agua es un ingrediente esencial en la formación de masa para la solubilización de otros ingredientes, en la hidratación de proteínas y carbohidratos y para la creación de la red de gluten (Owen, 1996).

c. Mantequilla

La acción de la mantequilla en los productos de panificación es el de brindar blandura, sabor y textura. Además de ello permite prolongar el tiempo de duración del producto puesto que logra inhibir la pérdida de agua y sustancias volátiles. La grasa favorece a la aireación, durante la formación de la masa, puesto que la formación de orificios y burbujas, conservan el vapor de agua y dióxido de carbono, originando así un mayor volumen al producto (Bayas, 2010).

d. Lecitina

La lecitina es un agente emulsionante cuyo componente eficaz son los fosfolípidos, los cuales poseen fuertes afinidades polares. Presentan una parte hidrófoba que se disuelve bien en la fase no acuosa y otra parte hidrofílica que se disuelve bien en el agua. Además, ayuda a la masa dándole más extensibilidad y facilita la absorción del agua por la masa. Un aumento de la temperatura actúa negativamente sobre la estabilidad de las emulsiones (Dieter y Grosch, 1997).

e. Azúcar

Los azúcares en su estado cristalino contribuyen sobre el aspecto y la textura de las galletas. Además, los jarabes de los azúcares reductores también van a controlar la textura de las galletas. La fijación de agua por los azúcares y polisacáridos tiene una contribución decisiva sobre las

propiedades de las galletas. La adición de azúcar a la receta reduce la viscosidad de la masa y el tiempo de relajación. Promueve la longitud de las galletas y reduce su grosor y peso (Maache y Bouvier, 1989).

f. Levadura

Está compuesto principalmente por dos sustancias reactivas, cuando se mezcla con los demás ingredientes, por efecto de la humedad y el calor que se produce durante la cocción, se producen pequeñas burbujas de aire que dan volumen y ligereza a las galletas (Barriga, 2015).

g. Bicarbonatos

Los bicarbonatos son agentes gasificantes que presentan un elemento alcalino. Su función principal es la de generar gas para aumentar el volumen final de la pieza antes de terminar la cocción con la desnaturalización de las proteínas (Calaveras, 2004).

- Bicarbonato sódico: En presencia de humedad, el bicarbonato sódico reacciona con cualquier sustancia ácida, produciendo anhídrido carbónico. En ausencia de sustancias ácidas el bicarbonato sódico libera algo de dióxido de carbono y permanecerá como carbonato sódico. También se utiliza para ajustar el pH de la masa y de las piezas resultantes (Duncan, 1989)
- Bicarbonato amónico: Extraordinariamente útil en galletería, puesto que se descompone completamente por el calor desprendiendo anhídrido carbónico, amoníaco gaseoso y agua. Se disuelve muy rápidamente, pero es muy alcalina, produciendo masas muy blandas (Duncan, 1989).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCION

La presente investigación fue realizada en las instalaciones de la Universidad Nacional del Santa, las cuales son:

- Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales de la E.A.P. de Agroindustria de la Universidad Nacional del Santa.
 - Obtención de harinas: Molienda y Tamizado.
 - Composición química proximal: Proteína y Grasas.
 - Composición fisicoquímica de harinas: Actividad de agua, Granulometría.
 - Caracterización Tecnológica: Textura Instrumental.
- Planta Piloto Agroindustrial.
 - Elaboración de cookies
 - Análisis sensorial
- Laboratorio de Control de Calidad del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA).
 - Composición química proximal: Humedad y Grasas.
 - Caracterización Funcional: Fibra dietética, propiedades funcionales de la fibra dietética (CRA, CRAc y CH).
- Laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA).
 - Obtención de harinas: Secado.
- Laboratorio de Diseño y Formulación de nuevos productos del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA).
 - Composición fisicoquímica de harinas: Color instrumental, Acidez y pH.
 - Caracterización Tecnológica: Volumen específico y Color instrumental

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIA PRIMA

a. Harina de Trigo Galletera

Se adquirió un total de 10 kg de harina, procedente de la Comercializadora Pirámide ubicado en José Carlos Mariátegui Mz. T3 - Lt 3 Nvo Chimbote.

b. Harina de Soya

La harina de soya se obtuvo a partir del grano de soya, el cual fue adquirido del Mercado La Perla ubicado en Chimbote 02804 procedente de Bagua, siendo 5 kg la cantidad requerida.

c. Harina de Cáscara de Piña

La materia prima para obtener la harina de cáscara de piña necesaria, fueron 15 piñas Golden procedentes de Chanchamayo comercializadas en el mercado la Perla.

d. Cushuro

Se obtuvo a través la Familia Paucar proveniente de la laguna Roma Tambo (Distrito Catac – Provincia de Recuay) requiriéndose 5 kg para satisfacer la demanda.

3.2.2. INSUMOS

- a. Mantequilla
- b. Azúcar
- c. Bicarbonato de sodio
- d. Bicarbonato de amonio
- e. Lecitina de soya
- f. Polvo de hornear
- g. Esencia de vainilla
- h. Agua

Los insumos para la elaboración de los cookies fueron obtenidos de la Comercializadora Pirámide.

3.2.3. EQUIPOS

a. Obtención de Harinas de Soya y Cáscara de Piña.

- Secador de Bandejas: Marca TORRH, Modelo SBT-10XL. Perú.
- Molino Universal: Marca IKA, Modelo M20.
- Molino Ultracentrífugo: Marca RETSCH, Modelo ZM200.
- Tamiz Magnético: Marca RETSCH, Modelo AS 200 basic. EE.UU.

b. Elaboración de Cookies.

- Batidora: Marca NOVA. Modelo 30L. Serie 0549026, País: Perú
- Horno Rotatorio por convección: Marca Nova. Modelo: MAX 1000. Serie: 0501028. País: Perú
- Mesa de acero inoxidable
- Utensilios de acero inoxidable

c. Análisis Química Proximal del Cushuro, Harinas y Cookies formuladas.

- Humedad

- Estufa: Marca POL-EKO-APARATURA SP.J. Modelo SLW 115 TOP+, Serie SWITF 121018

- Proteína

- Equipo de Kjeldahl
- Digestor: Marca FOSS, Modelo DT 208 Digestor 230V, Serie 91759820
- Destilador: Marca: FOSS Modelo Kjeltec 8100, Serie 91758484

- Grasa

- Equipo de Soxhlet: Marca FOSS, Modelo Basic Unit 2046 Soxtec Control Unit 230V, Serie 204600047

Incluye:

- Sistema refrigerante
- Baño termorregulador
- Sistema de filtración con vacío y de extracción Soxhlet
- Rotavapor

- Estufa 103 ± 25 °C
- **Ceniza**
 - Mufla: Marca Thermolyne, Modelo FB131OM-26. Alemania.
- **Fibra Dietética Total**
 - Determinador de Fibra: Marca FOSS, Modelo FIBERTEC 1023. Dinamarca.
 - Baño María: Marca COLE PARMER, Modelo 8892. EE.UU.
 - Estufa: Marca BLUE-M, modelo SW-17TC-1. EE.UU.

d. Análisis Fisicoquímico de las Harinas y Galletas formuladas.

- **Color**
 - Colorímetro: Marca Konica Minolta, Modelo CR-400.
- **Actividad de Agua**
 - Equipo Actividad de Agua: Marca ROTRONIC, Modelo Hydrolab2. Perú.
- **pH**
 - pH-metro: Marca Thermo Scientific, Modelo ORION S.A21. EE.UU.
- **Granulometría**
 - Tamiz Magnético: Marca RETSCH, Modelo AS 200 basic. EE.UU.

e. Otros Equipos

- Balanza analítica 0.0001mg: Marca: Precisa
- Balanza analítica 0.0001mg: Marca: Precisa

3.2.4. REACTIVOS

a. Análisis Química Proximal de las Harinas y Galletas formuladas

- **Proteína**
 - Solución de ácido sulfúrico concentrado
 - Pastillas de catalizadores: Sulfato de cobre pentahidratado, sulfato de potasio anhidro
 - Solución de hidróxido de sodio al 40%
 - Ácido bórico al 4% p/v

- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N
- Indicador de Tashiro: rojo de metilo al 0.1 % y azul de metileno al 0.1 %
- Na_2CO_3
- Solución indicadora de rojo de metilo
- Etanol 95%
- **Grasa**
 - Éter de petróleo (40-60°C)
- **Fibra Dietética Total**
 - Kit Enzimático:
 - Proteasa: Actividad Enzimática, 8 U/mg enzima; pH, 5.5 – 10.0; Temperatura, 60°C.
 - α -amilasa: Actividad Enzimática, 3000 U/ml; pH, 5.5 – 10.0; Temperatura, 90°C.
 - Amiloglucosidasa: Actividad Enzimática, 3300 U/ml; pH, 5.5 – 10.0; Temperatura, 60°C.
 - Buffer Fosfato 0.05 N, pH 6
 - NaOH 0.275 N
 - HCl 0.325 N
 - Etanol 95%
 - Etanol 78%
 - Acetona
 - Célite

b. Análisis Físicoquímico de las Harinas y Galletas formuladas

- **Acidez**
 - NaOH 0.1 N
 - Fenolftaleína al 1%

3.2.5. MATERIALES DE VIDRIO Y OTROS

- Placa Petri
- Vaso de precipitados 100 ml
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml y 500 ml
- Bureta de 10, 25 y 50 ml
- Pipetas volumétricas de 1, 2, 5 y 10 ml
- Crisoles de porcelana
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Cocina eléctrica
- Algodón
- Probeta de 100, 250 y 500 ml
- Espátula de acero inoxidable
- Pinza para crisoles
- Campana de desecación
- Tubos centrífuga

3.3. METODOLOGIA DE ANALISIS

3.3.1. DIAGRAMA DE FLUJO EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINAS

a. Harina de Soya

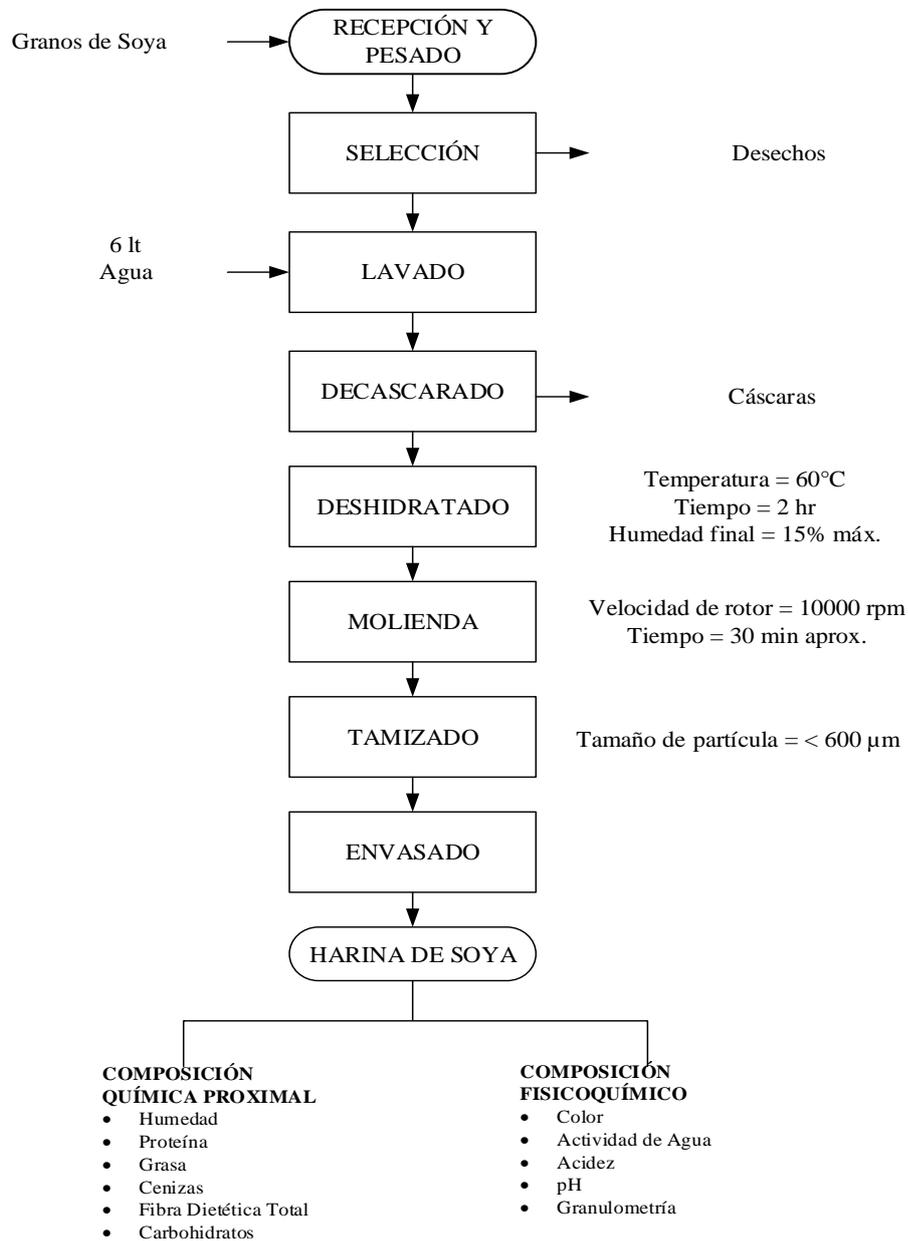


Figura 4: Diagrama de flujo del proceso de obtención de harina de soya.

FUENTE: Adaptado de *Elaboración y Evaluación Nutricional de Alfajores Enriquecidos con Harina de Camote (Ipomea Batata Lam) y Soya (Glicine Max Meir) con Sustitución Parcial de la Margarina por Aceite de Ajonjolí*, por Sing y Villalobos, 2015.

b. Harina de Cáscara de Piña.

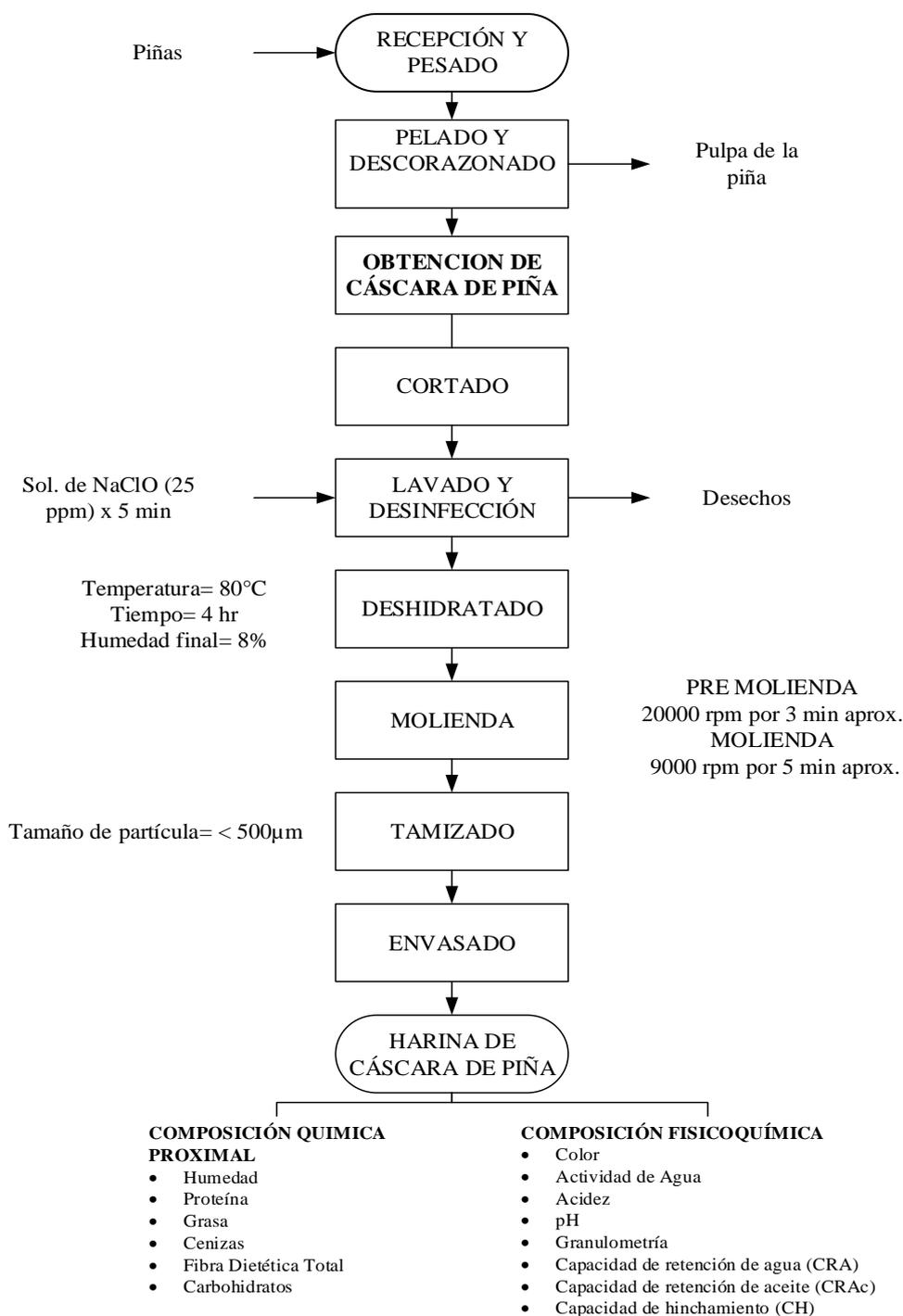


Figura 5: Diagrama de Flujo del Proceso de Obtención de Harina de Cáscara de piña.

FUENTE: Adaptado de Elaboración de una Harina de Cáscara de Piña (Ananas comosus (L.) Merr) para su Aplicación en una Harina Alta en Fibra con su Respectiva Evaluación Nutricional y Organoléptica, por Carías, 2015.

3.3.2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE GALLETA TIPO COOKIE CON CHIPS DE CUSHURO

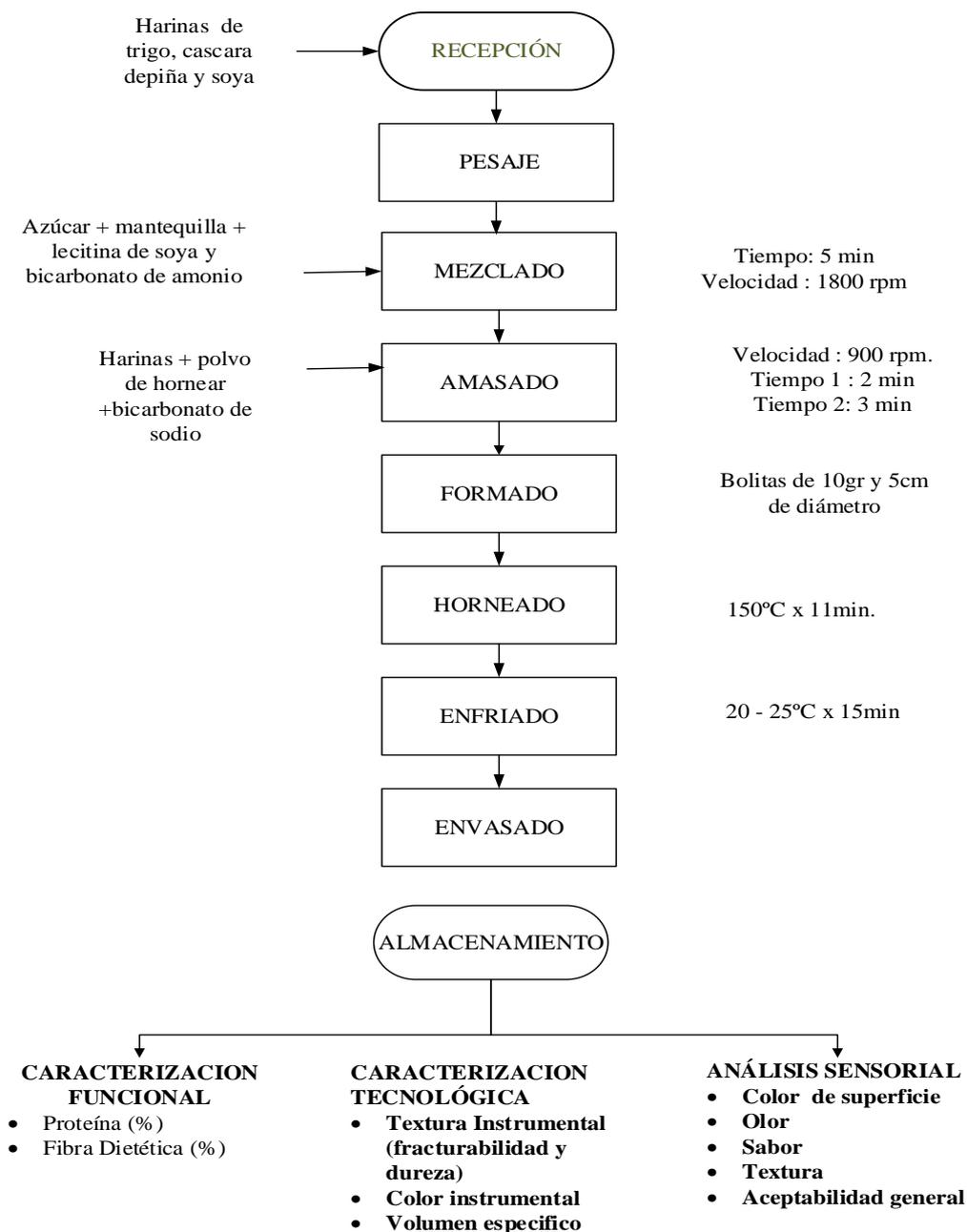


Figura 6: Diagrama de Flujo del Proceso de Obtención de cookies con chips de cushuro.

FUENTE: Adaptado de *Optimización de las características nutricionales, texturales y sensoriales de cookies enriquecidas con chía (Salvia hispánica) y aceite extraído de tarwi (Lupinus mutabilis)*, por Salvatierra, Azorza, y Paucar, 2019, *Scientia Agropecuaria*, 10(1).

3.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINAS

a. Harina de Soya

Para la obtención de harina de soya se adaptó en base al proceso planteado por Sing y Villalobos (2015).

- **Recepción y Pesado**

La materia prima, granos de soya, fue adquirida del Centro Comercial “Mercado La Perla” procedente de Bagua, luego se transportó al Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA), en donde se obtuvo la harina de soya.

Posterior a la recepción de la leguminosa, se pesó para tener un control de balance de materia.

- **Selección**

Se seleccionó los granos de soya en buen estado y se eliminó las piedras, vainas y desechos presentes.

- **Lavado**

Se lavó los granos de soya con 6 litros de agua para facilitar la etapa de descascarado.

- **Descascarado**

Se retiraron las cáscaras de los granos de soya hidratados.

- **Deshidratado**

Los granos de soya se deshidrataron en el secador de bandejas directo por lote que emplea aire caliente, a 60°C y 20 Hz por 2 horas hasta alcanzar una humedad de 15% como máximo.

- **Molienda**

El grano seco fue molido en un molino ultra centrífugo (sistema de trituración en dos etapas con rotor-tamiz anular de 12 dientes) usando una velocidad de rotor de 10 000 rpm, el tiempo total de molienda fue de 30 min aproximadamente.

- **Tamizado**

Se empleó un tamizador magnético con juego de mallas N° 30, N° 45, N° 60 y N°80, con lo que se obtuvo una harina fina con un tamaño de partícula < 600 µm. Este tamizador cuenta con un rango de medición de 20 µm a 25 mm.

- **Envasado**

Para esta operación se emplearon bolsas de polipropileno herméticas recubiertas con papel aluminio plastificado para mantener constante la humedad en la harina.

b. Harina de Cáscara de Piña

La metodología de referencia que se adaptó para la obtención de la harina de cáscara de piña es según Carías (2015).

- **Recepción y Pesado**

Las piñas fueron adquiridas del Centro Comercial “Mercado La Perla” procedentes de Chanchamayo, previo a ello se realizó una inspección visual para verificar el correcto estado del fruto, luego se transportaron al Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA), en donde se obtuvo la harina de cascara de piña. Después de la recepción se procedió a pesar para tener un control en el rendimiento.

- **Pelado y descorazonado**

Se retiraron las coronas de cada piña, para luego realizar la separación de la cáscara de la pulpa de la piña, en este caso la materia prima principal es la cáscara, la dificultad de esta operación radica en la separación, puesto que la piña posee una forma espacial difícil de operar, para ello se emplearon cuchillos tradicionales. Para una correcta separación de la cascara de la pulpa de la piña, se siguió cuidadosamente el contorno de la forma del fruto.

- **Cortado**

Constituye el corte de la cáscara de piña en trozos más pequeños para su mejor disposición en las siguientes etapas del proceso, para ello se emplearon cuchillos tradicionales.

- **Lavado y desinfección**

Las cáscaras de piñas se lavaron con abundante agua, de esta manera se eliminaron restos de tierra y materias extrañas que están adheridos en la cáscara.

Las cáscaras fueron desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio (25 ppm) por 5 minutos.

- **Deshidratado**

Para esta operación se utilizó un secador de bandejas directo por lote que emplea aire caliente, la temperatura recomendada para el secado de cascara de piña es de 60°C y 9 Hz durante un periodo de 24 horas hasta una humedad final menor a 8%.

- **Molienda**

A la cáscara de piña deshidratada, se realizó primero una pre molienda por 1 min aproximadamente en un molino universal marca IKA M20 que trabaja con una velocidad máxima de 20000 rpm y cuyo principio de funcionamiento es corte/impacto, con el objeto de reducir el tamaño de partícula.

Luego se realizó una segunda molienda para ello se empleó un molino ultra centrífugo (sistema de trituración en dos etapas con rotor-tamiz anular de 12 dientes) usando una velocidad de rotor de 10 000 rpm durante un tiempo total de 30 min aproximadamente.

- **Tamizado**

Se empleó un tamizador magnético con juego de mallas N° 30, N° 45, N° 60 y N°80, con la finalidad de obtener un tamaño de partícula <600 µm. Este tamizador cuenta con un rango de medición de 20 µm a 25 mm.

- **Envasado**

Se empleó bolsas de polipropileno herméticas recubiertas con papel aluminio plastificado para mantener constante la humedad en la harina hasta su uso.

3.3.4. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE GALLETA TIPO COOKIE.

El procedimiento de la elaboración de las galletas tipo cookie con chips de cushuro sustituido parcialmente con harinas de soya y cascara de piña se explica a continuación, tomando como base lo descrito por Salvatierra, Azorza, y Paucar (2019).

a. Recepción y pesaje:

El proceso de elaboración de las cookies inició con la recepción de las materias primas y posteriormente se pesaron cada ingrediente de acuerdo a las formulaciones descritas.

b. Mezclado:

Se incorporó a la batidora/amasadora (marca Nova) el azúcar, la mantequilla, la lecitina de soya, esencia de vainilla y bicarbonato de amonio por un tiempo de 5 min, a una velocidad de 1800 rpm hasta que quede una crema suave y ligera, luego se añadió a la mezcla el cushuro previamente triturado.

c. Amasado

En un recipiente de acero inoxidable, se tamizó las harinas con los polvos de hornear y bicarbonato de sodio para quede libre de la presencia de grumos, ya que la finura aporta a la textura del producto final. Posterior a ello se procedió a incorporar esta mezcla a la batidora/amasadora poco a poco. La mezcla formada se amasó a baja velocidad (900 rpm) durante 2 minutos y seguidamente se agregó el agua y continuó batiendo por 3 minutos adicionales hasta conseguir una consistencia suave y moldeable.

d. Formado:

Luego de su breve amasado, se pesaron bolitas de 10g aproximadamente, luego se formaron las cookies con las palmas de las manos con un diámetro aprox. de 5 cm, finalmente las piezas de masa obtenidas se colocaron en bandejas previamente enmantecilladas.

e. Horneado:

Las piezas de masas fueron horneadas, en un Horno por convección forzada a una temperatura de 145° C durante 15 minutos.

f. Enfriado:

Después de retirar las galletas del horno, se dejaron enfriar las cookies por 15 minutos hasta temperatura ambiente (20°C-25°C).

g. Envasado:

Una vez frías las galletas fueron empacadas en bolsas de polipropileno de alta densidad, luego se sellaron 4 galletas en 1 bolsa con una selladora manual para mantener en perfecta hermeticidad.

h. Almacenamiento:

Las bolsas empacadas se etiquetaron de acuerdo al esquema experimental a una temperatura ambiente (20-25° C), se almacenaron en un lugar fresco, libre de polvo y sin exposición a excesiva a la luz.

3.3.5. MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA

a. Determinación de la composición química proximal del Cushuro fresco

La caracterización proximal del Cushuro fue realizada en el Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales, y en los laboratorios del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la E.A.P.I.A de la Universidad Nacional del Santa.

- **Determinación del Contenido de Humedad (Método de la estufa, A.O.A.C 2012.925.10).**
- **Determinación del Contenido de Proteína (Método Kjeldahl, A.O.A.C. 2012.920.87).**
- **Determinación del Contenido de Grasa (Método Soxhlet, A.O.A.C. 2012.922.06).**
- **Determinación del Contenido de Cenizas (A.O.A.C. 2012.923.03).**
- **Determinación del Contenido de Fibra Dietética Total (Método enzimático-gravimétrico, A.O.A.C. 985.29, 2016).**

- **Determinación del Contenido de Carbohidratos**

Se obtuvo por diferencia, restando el 100% de la suma de los porcentajes de Humedad (H), Proteínas (P), Grasa (G), Ceniza (C) y Fibra (F). De acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Carbohidratos: } 100 - (\%H + \%C + \%G + \%P + \%F)$$

b. Determinación de la composición química proximal de las harinas de trigo, soya y cascara de piña

La caracterización proximal de las harinas de trigo, soya y cáscara de piña fueron realizados en el Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales, y en el Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa. Los análisis fueron los siguientes:

- **Determinación del Contenido de Humedad (Método de la estufa, A.O.A.C., 1990).**
- **Determinación del Contenido de Proteína (Método Kjeldahl, A.O.A.C. 2001.11, 2012).**
- **Determinación del Contenido de Grasa (Método Soxhlet, A.O.A.C. 963.15, 2005).**
- **Determinación del Contenido de Cenizas (Técnica cenizas en seco, NTP 205.038, 1975) (Rev. 2016).**
- **Determinación del Contenido de Fibra Dietética Total (Método enzimático-gravimétrico, A.O.A.C. 985.29, 2016).**
- **Determinación de las Propiedades Funcionales de la Fibra Dietética de la Harina de Cáscara de Piña:**

- Determinación de capacidad de retención de agua (CRA).

El procedimiento a seguir se basó en el método propuesto por Mayorga (2013). Para ello se empleó la siguiente fórmula:

$$CRA = \frac{W_f - W_i}{W_i}; \text{ g agua / g fibra b. s.}$$

- Determinación de capacidad de retención de Aceite (CRAc).

El método empleado es el planteado por Mayorga (2013), la fórmula a usada fue:

$$CRAc = \frac{W_f - W_i}{W_i}; g \text{ aceite} / g \text{ fibra b. s.}$$

- Determinación de capacidad de hinchamiento (CH).

Se tomó como base el método propuesto por Raghavendra et al. (2006). Se calculó mediante la siguiente expresión:

$$CH = \frac{V_f - V_i}{W_i}; ml \text{ agua} / g \text{ fibra b. s.}$$

- **Determinación del Contenido de Carbohidratos**

Se obtuvo restando el 100% de la suma de los porcentajes de Humedad (H), Proteínas (P), Grasa (G), Ceniza (C) y Fibra (F).

$$\% \text{ Carbohidratos: } 100 - (\%H + \%C + \%G + \%P + \%F)$$

c. **Determinación de la composición fisicoquímica de las harinas de trigo, soya y cáscara de piña**

- **Determinación de Color**

La determinación de color de las harinas en mención, se llevó a cabo mediante un colorímetro (marca KONICA MINOLTA), basado en el sistema CIE-lab, determinándose los valores L* luminosidad (negro 0 / blanco 100), a* (verde - / rojo +) y b* (azul - / amarillo +). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*).

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

$$\text{Ángulo de Tonalidad} = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

- **Determinación de la Actividad de Agua (Método A.O.A.C. 978.18, 2000).**

Se utilizó el equipo de actividad de agua (Higrómetro), marca ROTRONIC (HydroLab2).

- **Determinación de la Acidez (NTP 205.039, 1975)**

- **Determinación de pH**

Para la determinación del pH se utilizó el equipo pH-metro, marca THERMO SCIENTIFIC (Orión Star A211).

- **Determinación de Granulometría (Método A.O.A.C. 965.22, 1982)
(Codex Stan 155, 1985)**

Para esta operación se empleó un tamizador magnético con juego de mallas N° 45, N° 60 y N°80, con lo que se obtuvo harinas finas de trigo, soya y cáscara de piña.

d. Cálculo del Computo Químico

La determinación de la calidad proteica de las mezclas mediante el cálculo del cómputo químico, se realizó con la finalidad de obtener los parámetros adecuados de % de harinas de soya y cáscara de piña para sustituir parcialmente a la harina de trigo, de tal manera que el % de Lisina (aminoácido limitante) sobrepase el límite mínimo de 70% recomendado por la FAO/OMS/UNU, (2007). Para ello se usó un patrón de puntuación de aminoácidos para niños entre 3 y 10 años, ya que su requerimiento en aminoácidos esenciales satisface los grupos de adolescentes y adultos como se aprecia en la tabla 14.

Tabla 14. *Patrones de puntuación de aminoácidos para niños, adolescentes y adultos (valores corregidos del informe WHO/FAO/UNU de 2007).*

AAE	Patrón de puntuación (mg/g) requerimiento de proteína para los grupos de edad seleccionados					
	0.5 años	1 a 2 años	3 a 10 años	11 a 14 años	15 a 18 años	>18 años
Histidina	20	18	16	16	16	15
Isoleucina	32	31	30	30	30	30
Leucina	66	63	61	61	60	59
Lisina	57	52	48	48	47	45
Metionina + Cisteína	27	25	23	23	23	22
Fenilalanina + Tirosina	52	46	41	41	40	38
Treonina	31	27	25	25	24	23
Triptófano	8.5	7	6.6	6.6	6.3	6
Valina	43	41	40	40	40	39
Total de AAE	336.5	310	290.6	290.6	286.3	277
Total de AAE sin Histidina	316.5	292	274.6	274.6	270.3	262

FUENTE: FAO, 2017.

Asimismo, los aminoácidos esenciales de las harinas de trigo, soya y cáscara de piña se obtuvieron de fuente bibliográfica. Para el cálculo del cómputo o score químico se empleó la siguiente formula.

$$S_x = \frac{(T)(\%MT) + (S)(\%SM) + (P)(\%PM)}{Patron}$$

Dónde:

- S_x : Score químico de cada aminoácido presente en la mezcla (x)
- T: Aminoácido de la harina de trigo presente en la mezcla
- %MT: Porcentaje de participación de la harina trigo en la mezcla
- S: Aminoácido de la harina soya presente en la mezcla
- %ST: Porcentaje de participación de la harina soya en la mezcla
- P: Aminoácido de la harina de cáscara de piña presente en la mezcla
- %ST: Porcentaje de participación de la harina de cáscara de piña en la mezcla

La tabla con el resultado del score químico de las 11 formulaciones se muestra en la sección de Resultados.

3.3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental elegido es un diseño de Superficie de Respuesta de tipo “Diseño Central Compuesto Central Rotacional (DCCR) 2²”, considerando 4 ensayos factoriales, 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones del punto central, obteniéndose un total de 11 formulaciones, con ello se evaluará el efecto de las variables independientes (concentraciones de harinas en %) con respecto a las variables dependientes (características fisicoquímicas y tecnológicas de las galletas formuladas), las cuales son descritas en la tabla 15.

Tabla 15: Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2², incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.

Variables Independientes	Niveles				
	- α	- 1	0	+ 1	+ α
Concentración Porcentual de Harina de Soya (% p/p)	8.0	9.8	14	18.2	20.0
Concentración Porcentual de Harina de Cáscara de Piña (% p/p)	2.0	3.2	6	8.8	10.0

FUENTE: $\alpha = (F)^{1/4}$, donde F es el número de puntos en la parte factorial, $\alpha = 1.4142$. Gutiérrez y De la Vara, 2012.

Los niveles establecidos del % p/p de harinas de soya y cáscara de piña se han propuesto principalmente al realizar el computo químico, el cual nos permite verificar que los aminoácidos esenciales estén por encima de los valores recomendados por la WHO, FAO, UNU (2007) que es de 70% , así mismo se ha contrastado con los antecedentes, tomados de trabajos de investigación, que las concentraciones establecidas tanto de la harina de soya como de la harina de cascara de piña pertenecen al rango desarrollado principalmente por Crivelenti, Brites, Paucar, Schmiele, y Chang (2012); Cedeño y Zambrano (2014).

Tabla 16: Variables dependientes del delineamiento experimental (DCCR) 2².

Análisis	Variables Dependientes
Caracterización Funcional	<ul style="list-style-type: none"> - Proteína (%) - Fibra dietética (%)
Caracterización Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> - Textura instrumental (Dureza (N) y Fracturabilidad (N)) - Color instrumental - Volumen específico (cm³/g)
Análisis Sensorial	<ul style="list-style-type: none"> - Color de superficie - Olor - Sabor - Textura - Aceptabilidad general - Intención de compra

Según el diseño experimental seleccionado (DCCR 2²), y las condiciones descritas previamente, se muestra la siguiente matriz experimental con un total de 11 experimentos o formulaciones.

Tabla 17: *Matriz Experimental del Diseño Central Compuesto Rotacional (DCCR) 2².*

Experimento	VALORES CODIFICADOS		VALORES REALES	
	X ₁	X ₂	Harina de Soya (%)	Harina de Cáscara de Piña (%)
1	-1	-1	9.8	3.2
2	+1	-1	18.2	3.2
3	-1	+1	9.8	8.8
4	+1	+1	18.2	8.8
5	- α	0	8.0	6.0
6	+ α	0	20.0	6.0
7	0	- α	14.0	2.0
8	0	+ α	14.0	10.0
9	0	0	14.0	6.0
10	0	0	14.0	6.0
11	0	0	14.0	6.0

3.3.7. MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL.

a. Caracterización funcional de las cookies

- **Determinación del Contenido de Proteína (Método Kjeldahl, A.O.A.C. 2001.11, 2012)**
- **Determinación del Contenido de Fibra Dietética Total (Método enzimático-gravimétrico, A.O.A.C. 985.29, 2016).**

b. Caracterización Tecnológica de las cookies

- **Volumen específico**

La determinación del volumen específico se desarrolló por el método de desplazamiento de semilla y fue desarrollada cuando las cookies pasaron la etapa de enfriamiento.

- **Análisis de textura instrumental**

Se utilizó un Analizador de TEXTURA BROOKFIELD CT3, acoplado al software TexturePro CT V1.4 Build 17 provisto de una plataforma de aluminio, sobre el cual se colocaron las muestras, con una celda de carga de hasta 500 N; a una velocidad de 0.5 mm/s. A las muestras enteras de cookies con chips de cushuro desarrolladas con las diferentes formulaciones se les aplicaron una prueba de compresión unidireccional con el objetivo de medir los parámetros de fracturabilidad ($\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$) y dureza ($\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$).

- **Análisis de color instrumental**

La determinación de color de las cookies se llevó a cabo mediante un colorímetro (marca KONICA MINOLTA), basado en el sistema CIE-lab, determinándose los valores L^* luminosidad (negro 0 / blanco 100), a^* (verde - / rojo +) y b^* (azul - / amarillo +). La cromaticidad (C^*) y el ángulo de tonalidad (h^*).

Para el cálculo se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$Cromacidad = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$
$$\text{Ángulo de Tonalidad} = \arctg b^* / a^*$$

c. Análisis sensorial

Se utilizaron pruebas afectivas con la finalidad de reconocer la aceptación del producto en base a sus características. La prueba afectiva permitió identificar la apreciación subjetiva de los panelistas de un producto, al indicar si le gusta o le disgusta, y en qué grado. En este estudio se empleó una prueba de nivel de agrado de 7 puntos y con 38 panelistas semientrenados, pertenecientes a la E.A.P. Ingeniería Agroindustrial en un rango de edad de 18-25 años.

Los datos obtenidos fueron tratados estadísticamente mediante la prueba de ANOVA y la prueba de Tukey para determinar las posibles diferencias significativas entre las características sensoriales de las formulaciones estudiadas. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas al nivel de $p < 0.05$.

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL DE COOKIES

NOMBRES Y APELLIDOS:.....

EDAD: FECHA:/...../..... HORA:.....

INSTRUCCIONES: Estimado panelista frente a Ud. Se le presentan 5 muestras de cookies, por favor califique en cuanto a los atributos de sabor, olor, color superficial y textura. Además señale su intención de compra.

La calificación para los criterios de evaluación de las cookies se encuentran en una escala del 1 al 7, donde:

Puntaje	Nivel de agrado
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta levemente
4	No me disgusta ni me disgusta
5	Me gusta levemente
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

RECUERDA: Enjuáguese la boca con el agua brindada al finalizar cada evaluación de muestra.
 "Escriba por favor el código y el puntaje en los espacios en blanco de la muestra."

ATRIBUTO	MUESTRAS				
	(Muestra 1)	(Muestra 2)	(Muestra 3)	(Muestra 4)	(Muestra 5)
Color superficie					
Olor					
Sabor					
Textura					
Aceptabilidad General					

INTENCION DE COMPRA DEL PRODUCTO:

INSTRUCCION: Por favor coloque en los espacios en blancos la calificación que considere de acuerdo a su intención de compra.

Puntaje	Nivel de agrado
1	Ciertamente no compraría
2	Probablemente no compraría
3	Tal vez compraría / tal vez no compraría
4	Probablemente compraría
5	Ciertamente compraría

c

MUESTRA	Calificación
(Muestra 1)	
(Muestra 2)	
(Muestra 3)	
(Muestra 4)	
(Muestra 5)	

Figura 7: *Ficha de Evaluación sensorial*

3.3.8. ELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA

La elección de la formulación optima se realizó mediante la optimización de múltiples respuestas con ayuda del software statgraphics, maximizando las variables dependientes funcionales (Proteína y fibra dietética), por otro lado las variables dependientes tecnológicas (dureza, fracturabilidad, luminosidad, cromaticidad, ángulo de tonalidad y volumen específico) al no tener un límite de control específico se contrastó con la formulación que obtuvo mayor puntaje en el análisis sensorial tanto para el color como para la textura, estos criterios fueron tomados de tal manera de elegir el % de harinas de soya y cáscara de piña que otorguen una mayor deseabilidad global.

3.3.9. CARACTERIZACIÓN DE COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA.

- **Determinación del Contenido de Humedad (Método de la estufa, A.O.A.C., 1990).**
- **Determinación del Contenido de Proteína (Método Kjeldahl, A.O.A.C. 2001.11, 2012).**
- **Determinación del Contenido de Grasa (Método Soxhlet, A.O.A.C. 963.15, 2005).**
- **Determinación del Contenido de Cenizas (Técnica cenizas en seco, NTP 205.038, 1975) (Rev. 2016).**
- **Determinación del Contenido de Fibra Dietética Total (Método enzimático-gravimétrico, A.O.A.C. 985.29, 2016).**
- **Determinación de las Propiedades Funcionales de la Fibra Dietética de la cookie:**

- **Determinación de capacidad de retención de agua (CRA)**

El procedimiento a seguir se basó en el método propuesto por Mayorga (2013). Para ello se empleó la siguiente fórmula:

$$CRA = \frac{W_f - W_i}{W_i}; \text{ g agua / g fibra b. s.}$$

- **Determinación de capacidad de retención de Aceite (CRAc)**

El método a empleado es el planteado por Mayorga (2013), la fórmula a usar fue:

$$CRAc = \frac{W_f - W_i}{W_i}; g \text{ aceite} / g \text{ fibra b. s.}$$

- Determinación de capacidad de hinchamiento (CH)

Se tomó como base el método propuesto por Raghavendra et al. (2006).

Se calculó mediante la siguiente expresión:

$$CH = \frac{V_f - V_i}{W_i}; ml \text{ agua} / g \text{ fibra b. s.}$$

- **Determinación del Contenido de Hierro (NOM 117-SSA1,1994).**
- **Determinación del Contenido de Carbohidratos**

Se obtuvo por diferencia, restando el 100% de la suma de los porcentajes de Humedad (H), Proteínas (P), Grasa (G), Ceniza (C) y Fibra (F). De acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Carbohidratos: } 100 - (\%H + \%C + \%G + \%P + \%F)$$

3.3.10. VIDA ÚTIL DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA Y CONTROL

La determinación del tiempo de vida útil a la cookie óptima y control, se realizará mediante pruebas aceleradas durante 14 días, para ello la galleta será almacenada en condiciones adversas de temperatura y % de humedad relativa, evaluándose la ganancia de humedad (%), el cual es un factor crítico en este tipo de productos.

El cálculo del tiempo de vida útil se efectuará mediante la siguiente metodología matemática, en el cual a partir de la ecuación obtenida por la cinética de deterioro de alimentos que generalmente corresponde al modelo de orden cero, siendo la ecuación:

$$C_f = C_0 - k\theta$$

Dónde:

- C_f : Valor límite del índice de calidad (%Humedad)
- C_0 : Valor inicial del índice de calidad (%Humedad)
- k : Constante de velocidad de reacción de orden cero depende de la temperatura (t^{-1})
- θ : Vida útil o durabilidad

Se ajusta y determina por regresión la constante K y Ea, a partir de la ecuación de Arrhenius:

$$K = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Dónde:

- k: Constante de velocidad de la reacción de deterioro
- k_0 : Constante conocida como factor pre exponencial
- E_a : Energía de activación (J/mol)
- R: Constante de los gases (8,3143 J/K mol)
- T: Temperatura absoluta (K = °C + 273,15)

En tanto, el tiempo de vida útil se determinará por la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{C_0 - C_f}{k}$$

Dónde:

- θ : Vida útil o durabilidad
- C_0 : Valor inicial del índice de calidad (%Humedad)
- C_f : Valor límite del índice de calidad (%Humedad)
- k: Constante de velocidad a una temperatura específica (t^{-1})

También se llevará a cabo la evaluación del %Acidez y Textura Instrumental (Dureza (N) y Fracturabilidad (N)) de cookies con chips de cushuro y galleta control durante un tiempo de almacenamiento.

3.3.11. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizó la determinación de recuento de mohos y levaduras a las cookies de la mejor formulación, dicho análisis se llevó a cabo en un laboratorio externo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DEL CUSHURO (*NOSTOC SPHAERICUM*).

Tabla 18: Composición química proximal de cushuro fresco (Base húmeda)

Componente	Cushuro Fresco (<i>Nostoc sphaericum</i>)	
	Valores obtenidos %	Valores teóricos % **
% Humedad	98.0000 ± 0.1022	98.6100
% Proteína	0.5635 ± 0.0075	0.4200
% Grasa	0.0078 ± 0.0027	0.0920
% Cenizas	0.1308 ± 0.0005	0.0900
% Fibra Dietética	0.3969 ± 0.0075	----
% Carbohidratos	0.9010 ± 0.0968	0.0780

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

FUENTE: ** Chili E. y Terrazas I., 2010

Como se puede observar los valores obtenidos (% proteína, % grasa, % cenizas y % carbohidratos) del cushuro en su estado fresco son ínfimos debido a su elevado contenido de humedad de 98%, al comparar dichos valores con los reportados por Chili E. y Terrazas I., (2010) son similares, observándose una ligera superioridad en cuanto a % proteínas, % cenizas y % carbohidratos.

Cabe señalar que se hallaron valores de fibra cruda en base húmeda de 0.15 ± 0.02% como el reportado por Fernández y Suyón (2018).

Es importante mencionar que al deshidratar el cushuro su valor nutricional se concentra como se puede apreciar en la Tabla 19.

Tabla 19: Composición química proximal de cushuro deshidratado (Base seca)

Componente	Cushuro Deshidratado (<i>Nostoc sphaericum</i>)	
	Valores obtenidos % *	Valores teóricos % **
% Humedad	1.9976 ± 0.3930	6.3000
% Proteína	27.6139 ± 0.3674	25.4000
% Grasa	0.3819 ± 0.1336	0.8000
% Cenizas	6.4070 ± 0.0223	5.1000
% Fibra Dietética	19.4725 ± 0.3695	-----
% Carbohidratos	44.1271 ± 0.0968	62.4000

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

FUENTE: **Gantar M., 2008.

Si se contrasta los valores obtenidos de la composición química proximal del cushuro deshidratado con los valores teóricos reportados por Gantar M., (2008), se comprueba la ligera superioridad existente entre los componentes de proteínas, cenizas y carbohidratos, mientras que en el % humedad y % grasa los valores obtenidos son inferiores.

Asimismo, se han encontrado valores teóricos para fibra cruda de 9.21 ± 0.96 g/100g y 8.50 g/100 g reportados por Fernández y Suyón (2018) y Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2009) respectivamente.

Es preciso señalar que muestras secas de Nostoc de la laguna Patococha en Ancash (Huaraz) contienen 23% de proteínas, mientras que el valor reportado por el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2017) es de 29%, estas diferencias se deben a las variaciones en parámetros como la altura y temperatura de los medios de crecimiento de estas cianobacterias (Roldan, 2015).

Su relevante contenido en cenizas, 6.4070 ± 0.0223 %, se debe básicamente al calcio y hierro, puesto que valores teóricos evidencian un contenido de 147 mg/100 g de calcio superior al de la leche (20 mg/100 g), así como de hierro, 83.60 mg/100 g, que supera a la lenteja (7.6 mg/100 g) (Aldave, 2016).

El componente mayoritario del cushuro deshidratado son los carbohidratos, presentando 63.5996 ± 0.0968 %, el cual está compuesto por mucílagos como las hexosas, glucosa, galactosa, formando la capa protectora (Chavez, 2014) (Moncayo, 2017). Asimismo, el polisacárido extracelular de estas cianobacterias es un complejo de alto peso molecular con propiedades reológicas (Campos, 2010).

Al ser el cushuro un tipo de microalga es rico en carbohidratos mucilaginosos (Nostocales), que componen la principal fuente de fibra dietética soluble, resultando beneficioso a la salud debido a su poder de retener agua y formar geles viscosos que se asocian con una disminución en la absorción de glucosa y lípidos y la expulsión de ácidos biliares.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LAS HARINAS DE TRIGO, SOYA Y CASCARA DE PIÑA

4.2.1. HARINA DE TRIGO

a. Composición química proximal de la harina de Trigo

Los resultados obtenidos luego de la parte experimental se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 20: *Composición químico – proximal de la harina de trigo.*

Componente	Harina de trigo	
	Valores obtenidos %*	Valores teóricos %**
% Humedad	12.7315 ± 0.2444	10.8
% Proteína	11.7403 ± 0.1127	10.5
% Grasa	0.5566 ± 0.9832	2.0
% Cenizas	0.2991 ± 0.0185	0.4
% Carbohidratos	69.6789 ± 0.4308	76.3
% Fibra dietética	4.2716 ± 0.0218	2.7

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

FUENTE: ** Ministerio de salud e Instituto nacional de Salud, 2009.

El rol que cumple cada ingrediente en la elaboración de galletas es fundamental. Por ejemplo, la harina de trigo, el principal componente de la mezcla, proporciona la matriz entorno a la cual se agrupan el resto de ingredientes, formando la masa. Su composición químico-proximal determina su calidad (Picón, 2014).

En la Tabla 20 se observan los valores obtenidos de la composición químico-proximal de la harina de trigo, en donde se ha reportado que esta harina contiene 12.7315 ± 0.2444% de humedad, el cual es ligeramente superior al presentado por el Ministerio de salud e institución de salud (2009) el cual es de 10.8%. Otras investigaciones como la realizada por Hidalgo y Pérez (2018) determinaron un valor de 12.90 ± 0.88% de humedad, el cual coincide con el valor obtenido en la tabla 20.

La determinación del contenido de humedad resulta importante, puesto que esta influencia la conservación de la calidad de la harina en factores

como la aceleración de las reacciones químicas, enzimáticas y la proliferación de microorganismos (Picón, 2014).

Cabe señalar que el % de humedad determinado ($12.7315 \pm 0.2444\%$) cumple con el requisito técnico de la Codex Alimentarius (2016), en donde se indica que no debe exceder al 15% de humedad, además el valor obtenido (%H) cumple con el límite máximo (15%) exigido por la NTP 205.064 (Trigo. Harina de trigo para consumo humano. Requisitos), permitiendo de esta manera asegurar una adecuada conservación.

El contenido de proteínas de la harina de trigo fue de $11.7403 \pm 0.1127\%$ el cual resulta mínimamente superior al reportado por el Ministerio de salud e institución de salud (2009), cuyo valor es de 10.5%. Otras investigaciones como la realizada por Mendoza y Cruz (2015) indican un contenido de 12.53% de proteínas, siendo este superior a la determinada en esta investigación. No obstante, el valor de proteínas hallado ($11.7403 \pm 0.1127\%$) se encuentra dentro de los requerimientos de la Codex Alimentarius (2016), en donde el límite mínimo es de 7.0%.

El contenido de proteínas presente en la harina de trigo representa una característica muy importante, puesto que tiene una gran influencia en el proceso de amasado y en las características finales de un producto de panificación. El uso de harinas con un menor contenido proteico da lugar a galletas de mejor apariencia y cualidades organolépticas además de proporcionar una textura más crujiente. Bardón, Belmonte, Fuster, Marino, y Ribes (2010) aseguran que las galletas elaboradas con trigos blandos se expanden más que las elaboradas con harina de trigo duro. Esto se debe a que las harinas de trigo duro al poseer mayor contenido de proteína producen masas más viscosas las cuales se endurecen antes en el horneado, deteniendo su expansión. Por otro lado, las harinas de trigo blando se caracterizan por poseer un gluten con una baja capacidad de retención de gases lo cual le permite aumentar su volumen. Además, son más extensibles favoreciendo el proceso de laminado y moldeado de la galleta. Para la elaboración de cookies en donde no se requiere de un desarrollo importante de la red de gluten se utiliza preferentemente harina de trigo blando, en donde es importante evitar en lo posible tocar continuamente la

masa con las manos por lo que se sugiere refrigerar la masa para que esta repose antes de realizar el formado de las bolitas de masa.

En cuanto al contenido de grasas, la harina de trigo presentó menor cantidad ($0.5566 \pm 0.9832\%$) respecto al valor de 2.0% reportado por el Ministerio de salud e institución de salud (2009) y por Hidalgo y Pérez (2018), el cual fue de $1.05 \pm 0.30\%$ para este componente.

La harina de trigo analizada presentó además un contenido de cenizas de $0.2991 \pm 0.0185\%$, este valor resultó menor comparado con el presentado por el Ministerio de salud e Instituto nacional de Salud (2009), el cual asciende a 0.4%. El bajo contenido de cenizas presente en la harina de trigo analizada representa a su vez el bajo contenido total de minerales.

Otros de los componentes determinados en la harina de trigo fueron los carbohidratos, este valor resultó $69.6789 \pm 0.4308\%$ siendo este inferior al 76.3% de cenizas presentado por el Ministerio de Salud e Instituto Nacional de Salud (2009). Otras investigaciones como la realizada por Laguna y Sifuentes (2019) muestran algo similar; puesto que, su cantidad en carbohidratos es de 74.74% el cual resulta superior al presentado en la Tabla 20.

Los carbohidratos en la harina se presentan en forma de almidón, azúcares, dextrinas, hemicelulosa y fibra. La mayor proporción en harina es almidón (hasta 80%). Generalmente se encuentra en las células del endospermo del grano y está completamente ausente en la capa de aleurona y en el embrión. Los azúcares están presentes en la harina principalmente en forma de sacarosa, maltosa, glucosa y fructosa, con la mayor cantidad de sacarosa (hasta 2%). Reducción de azúcares (glucosa, fructosa, maltosa) en la harina (ligeramente, van desde 0,1 a 0,37%). La cantidad de azúcares en la harina es de gran importancia tecnológica durante la fermentación con levadura de la masa, que no contiene azúcar, ya que en este caso la capacidad de formación de gas de la harina dependerá en gran medida de la cantidad de azúcares de harina "propios", así como de los azúcares resultantes de la hidrólisis del almidón. Las hemicelulosas están

contenidas en las conchas y son sólidos solubles alcalinos. Una parte significativa de la hemicelulosa consiste en pentosanos (Ant_Z, 2016).

La harina de trigo analizada alcanzó el $4.2716 \pm 0.0218\%$ de fibra dietética, resultando este valor superior al reportado por el Ministerio de Salud e Instituto Nacional de Salud (2009) el cual es de 2.7%, esto indicó que la harina utilizada en la elaboración de las cookies poseía una ligera superioridad en cuanto al contenido de fibra dietética en comparación a otras harinas de trigo, utilizadas en diferentes investigaciones, tal y como lo mencionan González y Martínez (2017), en donde el valor de fibra dietética de la harina de trigo que emplearon para la elaboración de galletas fue de $1.39 \pm 0.2\%$

b. Composición fisicoquímica de la harina de Trigo

La determinación colorimétrica de la harina de trigo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 21: *Determinación colorimétrica de la harina de trigo.*

Parámetro	Harina de trigo	
	Valores obtenidos*	Valores teóricos**
Luminosidad (L)	66.1000 ± 0.7810	95.98 ± 0.09
a*	-0.8333 ± 0.2082	-0.48 ± 0.03
b*	9.6667 ± 0.5508	13.71 ± 0.12
Cromaticidad (C°)	9.7047 ± 0.5326	13.72 ± 0.12
Ángulo de tonalidad (h°)	94.9801 ± 1.4643	92.01 ± 0.13

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

FUENTE: **Carranza y Toro, 2018.

La Tabla 21 muestra los valores medios y desviación estándar de los parámetros colorímetros de la harina de trigo. El valor L representa la luminosidad del color, en donde $L^*=0$ indica negro y $L^*=100$ indica blanco, contrastando esta información con el valor obtenido en la Tabla 21 (66.1000 ± 0.7810) se puede inferir que la luminosidad de color de la harina de trigo tiende a ser oscura. Sin embargo, Carranza y Toro (2018) han obtenido un valor L de 95.98 ± 0.09 , lo cual indicaría una luminosidad de color alta, es decir un color claro con tendencia al blanco.

La diferencia sería originaria por el contenido de fibra dietética que posee la harina de trigo analizada ($4.2716 \pm 0.0218\%$) el cual le confiere un color ligeramente oscuro.

Por otro lado, el parámetro a^* (-0.8333 ± 0.2082) marca una inclinación ligera hacia el color verde mientras que el valor b^* (9.6667 ± 0.5508) muestra una tendencia hacia el color amarillo.

Cabe señalar que una tendencia más amarilla se reportó por Carranza y Toro (2018), en donde el valor de las coordenadas fue de: a^* igual a -0.48 ± 0.03 y b^* igual a 13.71 ± 0.12 .

Los valores promedios de cromaticidad descrito en la Tabla 21 (9.7047 ± 0.5326) indican que la harina de trigo respecto al color amarillo presentó baja intensidad o saturación. Del mismo modo se aprecia en los valores reportados por Carranza y Toro (2018), cuyo valor es ligeramente superior (13.72 ± 0.12) al que se determinó.

Otro de los parámetros colorimétricos determinados fue el ángulo de tonalidad (h°), la Tabla 21 muestra un valor de 94.9801 ± 1.4643 ; es decir, la tonalidad de la harina se encuentra en el segundo cuadrante de las coordenadas verde-amarillo, con una mayor inclinación al amarillo, tal y como se puede corroborar con los valores de a^* , b^* y C° .

La tonalidad amarilla clara de la harina de trigo resulta de factores como variedad de trigo, modo de extracción de la harina, acondicionamiento del proceso de molienda, condiciones de almacenamiento, climáticas, etc.

La determinación de parámetros como Aw, acidez y pH de la harina de trigo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22: *Determinación de Aw, acidez y pH de la harina de trigo.*

Parámetro	Harina de trigo	
	Valores obtenidos*	Valores teóricos
Actividad de agua (Aw)	0.5745 ± 0.0021	0.651 ± 0.001**
Acidez (%)	0.1330 ± 0.0270	0.100 ± 0.011***
pH	5.3650 ± 0.0028	6,190 ± 0.030***

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

FUENTE: **Montoya y Giraldo, 2010.

***Avecillas, 2015.

Los valores de la actividad de agua presentados en la Tabla 22 (0.5745 ± 0.0021), muestran la fracción del contenido de agua total en la harina de trigo que está libre. Montoya y Giraldo (2010) determinaron un valor de Aw igual a 0.651 ± 0.001 , siendo este superior al reportado en esta investigación. En consecuencia, el valor de Aw obtenido permitió asegurar la inactividad microbiana, puesto que éstas se desarrollan en medios cuyo valor de actividad de agua oscila entre 0.8 y 1.

Resulta de gran importancia la determinación de este parámetro; puesto que, el valor de Aw representa el contenido de agua libre disponible para el crecimiento de microorganismos, y con la que pueden llevar a cabo diversas reacciones químicas que afectan a su estabilidad (Montoya y Giraldo, 2010).

Respecto al % de acidez, la harina de trigo presentó un valor de $0.1330 \pm 0.0270\%$ un tanto superior al indicado por Avecilla (2015) en su investigación en donde determinó un valor de $0.100 \pm 0.011\%$. Estos valores, sin embargo; son inferiores al límite máximo permitido el cual es de 0.15% de acidez (MINSAs, 2006).

Un valor superior a este (0.15%) puede originar modificaciones en las propiedades físicas, químicas y reológicas de la masa. En consecuencia, el

% de acidez permite tener una percepción del estado de conservación de la harina, puesto que durante el almacenamiento podrían existir cambios producidos por la descomposición de las grasas bajo la influencia de las lipasas, además; la acción microbiana podría también aumentar el % de acidez de la harina.

La Tabla 22 reporta que la muestra presentada tiene un valor de 5.3650 ± 0.0028 de pH, siendo este valor inferior al valor de $6,190 \pm 0.030$ de pH de harina de trigo (Avecillas, 2015).

En relación a la influencia de este parámetro, es importante señalar que; el pH de la harina influye en la capacidad del gluten para formar la red esponjosa, un pH inferior a 3.4 va a provocar una alteración debido a microorganismos acéticos y butíricos (Avecillas, 2015).

c. Granulometría de la harina de Trigo

Los resultados del análisis granulométrico se presentan en la Tabla 23, en donde se muestran las cantidades de producto (harina de trigo) rechazado y cernido de acuerdo a cada N° de tamiz.

Tabla 23: *Parámetros granulométricos de la harina de trigo.*

N° Tamiz	N° Diámetro de partícula (Dp) (μ)	P. rechazado	P. cernido	% Producto de Rechazo	% Producto de cernido	% Rechazo Acumulado	% Cernido Acumulado
30	0.600	0.72	49.56	1.43%	98.57%	1.43%	98.57%
45	0.355	1.57	47.99	3.12%	95.45%	4.54%	95.45%
60	0.250	10.68	37.31	21.24%	74.20%	25.73%	74.20%
80	0.180	7.9	29.41	15.71%	58.49%	41.40%	58.49%

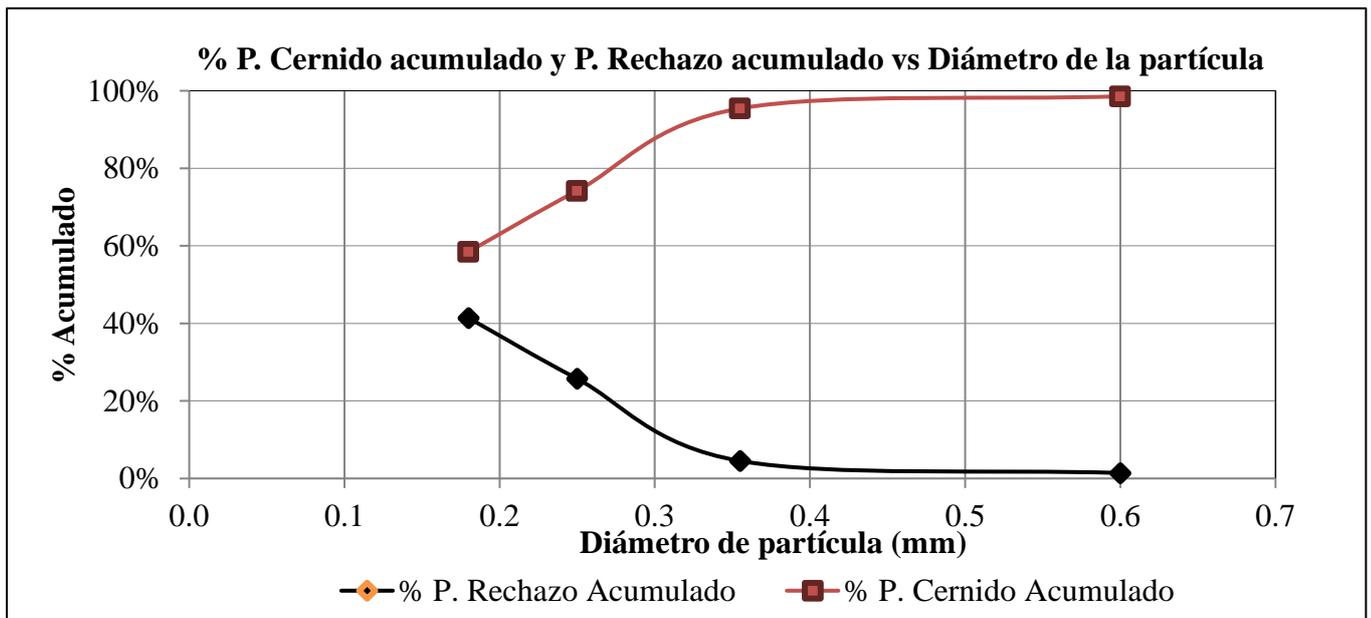


Figura 8: Perfil granulométrico de la harina de trigo respecto al % de producto cernido y % de producto rechazado acumulado vs el diámetro.

La mayoría de los gránulos de trigo atravesaron los tres primeros tamices del equipo como se evidencia en la tabla anterior y en la figura 8, se infiere que a partir de ese momento inició a disminuir la cantidad de harina cernida por los tamices, en el tamiz de una longitud de 0.250μ se quedó cerca del 75% de la masa de cernido y de rechazo.

Concentrándose ahí el mayor tamaño promedio de la partícula de la harina de trigo. La longitud de la luz de malla de cada tamiz representa el tamaño promedio de las partículas que pasaron a través del tamiz (Cárdenas, Cardozo, Garza y Rios , 2017).

El tamaño de partículas de la harina depende del grado de trituración y del calibre de los tamices que atraviesa el producto durante su proceso de elaboración, esto influye en la absorción del agua y la homogeneidad, por lo que incide en el rendimiento en masa que se obtenga (Torpoco, 2014)

Por otro lado, una harina con alta uniformidad de granulometría promueve una mejor calidad sensorial de textura, sabor y apariencia visual al producto final, ya que absorbe el agua de manera homogénea, promueve una cocción uniforme (Bezerra Leal, y otros, 2018)

4.2.2. HARINA DE SOYA

a. Composición química proximal de la harina de Soya

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos luego de la parte experimental.

Tabla 24: *Composición químico – proximal de la harina de soya.*

Componente	Harina de soya	
	Valores obtenidos % *	Valores teóricos % **
% Humedad	3.9502 ± 0.1999	2.70
% Proteína	37.3354 ± 0.1007	46.53
% Grasa	23.2269 ± 0.1928	6.70
% Cenizas	4.6836 ± 0.1286	6.09
% Carbohidratos	7.5275 ± 0.5520	37.98
% Fibra dietética	23.2207 ± 0.1065	10.20

Nota: *Media de dos repeticiones + DS

FUENTE: **Menchú, Méndez, y INCAP, 2007

La harina de soya obtenida de los granos de esta leguminosa presentaron tras su análisis $3.9502 \pm 0.1999\%$ de humedad, siendo este valor superior al indicado por Menchú, Méndez, y INCAP (2007) en donde este valor es de 2.70%, otras investigaciones como la desarrolladas por Velásquez y Obando (2017) reportan un valores superior (7.80%) al determinado en la Tabla 24; sin embargo, cumple con los parámetros exigidos por la Codex Alimentarius (2016) cuyo valor límite es de 15.5% de humedad.

El contenido de humedad que es un índice de la actividad del agua también se usa como medida de estabilidad (Alagbaoso, y otros, 2015) y la susceptibilidad a la contaminación microbiana (Rawat, 2015), una elevada humedad en harinas ($>15.5\%$) crea condiciones favorables para el desarrollo de mohos y la infección de plagas. Los resultados obtenidos indican que la muestra de harina de soya analizada es apta y puede mantenerse durante un período prolongado sin deterioro, ya que su contenido de humedad fue considerablemente bajo e inferior al valor máximo permitido por la Codex Alimentarius.

Por otro lado, el contenido de proteínas de la harina de soya fue de $37.3354 \pm 0.1007\%$ el cual, comparado con lo descrito por Menchú, Méndez, y INCAP (2007) resulta inferior, otras investigaciones como la presentada por Visentin y otros (2009) indican un valor de 35.5% de proteínas, el cual resulta similar al obtenido.

Las proteínas de soya son altamente digeribles y de alto valor biológico, su presencia dentro de una formulación resultaría beneficio nutricional dado que aporta un mayor contenido de proteínas. La harina de soya contiene una gran cantidad de proteínas, en cuya composición el lugar principal está ocupado por glicinas, aproximadamente 80% (Ant_Z, 2016).

La harina de soya presentó un valor de $23.2269 \pm 0.1928\%$ de grasa, siendo este altamente superior al presentado por Menchú, Méndez, y INCAP (2007) el cual es de 6.70%, no obstante, este valor es de harina de frijol de soya baja en grasa, por ello se atribuye su bajo contenido. La investigación de Sandoval (2020) presentó un valor cercano (23.07 ± 0.13) respecto al valor presentado.

La grasa de la harina de soya consiste principalmente en glicéridos de ácidos insaturados: oleico (26 - 27%), linoleico (55 - 57%) y linolénico (2 - 3%). Los glicéridos de los ácidos limitantes en la grasa (palmítico y esteárico) se encuentran en cantidades insignificantes (Ant_Z, 2016).

El contenido de cenizas fue de $4.6836 \pm 0.1286\%$, este valor es similar al reportado por Sandoval (2020) en su investigación, siendo este de $4.23 \pm 0.03\%$, a su vez resultó ser inferior al reportado por Menchú, Méndez, y INCAP (2007) el cual fue de 6.70%.

El contenido de cenizas indica la eficiencia en la molienda del grano y afecta el color de la harina (Chavan, Kadam, y Reddy, 1993).

El contenido de cenizas no puede servir como un indicador que determina la calidad de la harina de soya, como en la harina de trigo, ya que el contenido de cenizas de los cotiledones de soya es mayor que el contenido de cenizas de las cáscaras y gérmenes, por lo tanto, la harina de soya

liberada de las cáscaras y el germen tiene un contenido de cenizas más alto que la soja (Ant_Z, 2016).

En se muestra el % de carbohidratos de la harina de soya analizada, el cual asciende a $7.5275 \pm 0.5520\%$, este valor resulta inferior al obtenido por Menchú, Méndez, y INCAP (2007), el cual es de 37.98%, ello se atribuye al alto contenido de fibra que posee la harina de soya estudiada. El complejo de carbohidratos de la harina de soya consiste principalmente en sacarosa (8,49 - 11,01%), hemicelulosa (4,91 - 9,16%) y celulosa. Además, la harina de soya contiene una pequeña cantidad de almidón, dextrinas, glucosa y maltosa (Ant_Z, 2016).

El contenido de fibra dietética de la muestra es de $23.2207 \pm 0.1065\%$ siendo el obtenido por Menchú, Méndez, y INCAP (2007) de 10.20%, en otra investigación como la realizada por Neira (2021) se muestra un valor de 42.82% de fibra, lo cual verifica que la harina de soya posee un alto valor en fibra dietética.

Un rasgo característico que determina la calidad de la harina de soya es la fibra. Con una disminución en el grado de harina de soya aumenta el contenido de fibra (Ant_Z, 2016).

b. Composición fisicoquímica de la harina de Soya

La determinación colorimétrica de la harina de soya se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 25: *Determinación colorimétrica de la harina de soya.*

Parámetro	Harina de soya	
	Valores obtenidos*	Valores teóricos **
Luminosidad (L)	63.8000 ± 0.7810	90.61 ± 0.04
a*	-1.6667 ± 0.3786	-2.85 ± 0.03
b*	26.1667 ± 0.2082	19.68 ± 0.07
Cromaticidad (C°)	26.2214 ± 0.2318	19.47
Ángulo de tonalidad (h°)	93.6401 ± 0.7948	81.76

Nota. *Media basada en dos repeticiones + DS

FUENTE: **Sandoval, 2020.

En la Tabla 25 se muestran los valores medios y desviación estándar de los parámetros colorimétricos de la harina de soya. El valor L representa la luminosidad del color de la muestra, comparando esta información con el valor obtenido en la Tabla 25 (63.8000 ± 0.7810) se puede interpretar que la luminosidad de color de la harina de soya es parcialmente oscura. Sin embargo, Sandoval (2020) ha obtenido un valor de L de 90.61 ± 0.04 , teniendo esta una luminosidad clara con tendencia al blanco.

Con respecto al parámetro a^* (-1.667 ± 0.3786) marca una inclinación ligera hacia el color verde mientras que el valor b^* (26.1667 ± 0.2082) muestra una tendencia hacia el color amarillo.

Es importante mencionar que una tendencia menos amarilla se reportó por Sandoval (2020), en donde el valor de las coordenadas fue de a^* igual a -2.85 ± 0.03 y b^* igual a 19.68 ± 0.07 .

Los valores promedios de cromaticidad presentados en la Tabla 25 (26.2214 ± 0.2318) indican que la harina de soya respecto al color amarillo presentó baja saturación. Del mismo modo se aprecia en los valores reportados por Sandoval (2020), cuyo valor es ligeramente inferior (19.47) al que se determinó.

El ángulo de tonalidad (h°) es otro de los parámetros colorimétricos determinados, en la Tabla 25 se muestra un valor de 93.6401 ± 0.7948 ; es decir, la tonalidad de la harina de soya se encuentra en el segundo cuadrante de las coordenadas verde-amarillo, con una mayor inclinación al amarillo, tal y como se puede corroborar con los valores de a^* , b^* y C° . La investigación realizada por Sandoval (2020) reportó un valor de $81.76 h^\circ$ siendo este ligeramente inferior al obtenido, sin embargo, ambos marcan su tendencia a la coloración amarilla. La tonalidad amarilla clara de la harina de soya resulta de factores como variedad, modo de extracción, acondicionamiento del proceso de molienda, condiciones de almacenamiento, climáticas, etc.

La determinación de parámetros como A_w , acidez y pH de la harina de soya se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 26: *Determinación de A_w , acidez y pH de la harina de soya.*

Parámetro	Harina de soya	
	Valores obtenidos*	Valores teóricos**
Actividad de agua (A_w)	0.3820 ± 0.0028	0.54 ± 0.02
Acidez (%)	0.7367 ± 0.0029	0.18 ± 10
pH	6.4575 ± 0.0049	6.26 ± 0.02

*Nota.** Media basada en dos repeticiones + DS.

FUENTE: ** Sandoval, 2020.

El valor de actividad de agua presentado en la Tabla 26 es de 0.3820 ± 0.0028 , es decir la fracción del contenido de agua total en la harina de soya que está libre.

Resultado similar obtuvo Sandoval (2020) en su investigación, en donde determinó un valor de A_w igual a 0.54 ± 0.02 siendo este superior al reportado, factores como la T° y tiempo de secado además de %humedad del ambiente (las harinas son higroscópicas) pueden ser causantes de esta ligera variación. Por lo tanto, el valor de A_w obtenido permitió asegurar la inactividad microbiana, puesto que en medios cuyo valor de A_w oscila entre 0.8 y 1 favorece su crecimiento.

El deterioro de los alimentos está relacionado con su contenido de A_w , al disminuir su disponibilidad se reduce el crecimiento de microorganismos y las reacciones de deterioro que se dan en el alimento (Chimborazo, 2015).

El % de acidez de la harina de soya fue de $0.7367 \pm 0.0029\%$ resultando estar dentro del valor máximo de los requisitos fisicoquímicos de la NTP 205.064, el cual corresponde para la harina de trigo, tomado esto como referencia al no existir una NTP específica para la harina de soya, si bien este valor es de $0.18 \pm 10\%$, la desviación estándar representaría un límite máximo de 10.18%, en consecuencia el % obtenido en esta investigación se encuentra dentro de estos parámetros (INACAL, 2020).

El índice de acidez puede servir como indicadores de frescura harina de soja. La acidez de la harina se debe a la presencia de fosfatos ácidos de potasio y calcio, los productos de la descomposición de la grasa de la harina (ácidos grasos), y también los productos de descomposición de las sustancias proteínicas de la harina (Ant_Z, 2016).

En cuanto al valor de pH, se observa que la muestra presentada tiene un valor de 6.4575 ± 0.0049 , siendo este valor ligeramente superior al valor de $6,26 \pm 0.02$ de pH de harina de soja reportado por Sandoval (2020).

El pH de la harina influye en la capacidad del gluten para formar la red esponjosa, Avecillas (2015) menciona que un pH inferior a 3.4 va a provocar una alteración microbiana.

c. Granulometría de la harina de Soya

Los resultados del análisis granulométrico se presentan en la Tabla 27:

Tabla 27: *Parámetros granulométricos de la harina de soya.*

N° Tamiz	N° Diámetro de partícula (Dp) (μ)	P. rechazado	P. cernido	% Producto de Rechazo	% Producto de cernido	% Rechazo Acumulado	% Cernido Acumulado
30	0.600	11.23	39.17	22.28%	77.72%	22.28%	77.72%
45	0.355	9.95	29.22	19.74%	57.98%	42.02%	57.98%
60	0.250	27.42	1.80	54.40%	3.57%	96.43%	3.57%
80	0.180	1.44	0.36	2.86%	0.71%	99.29%	0.71%

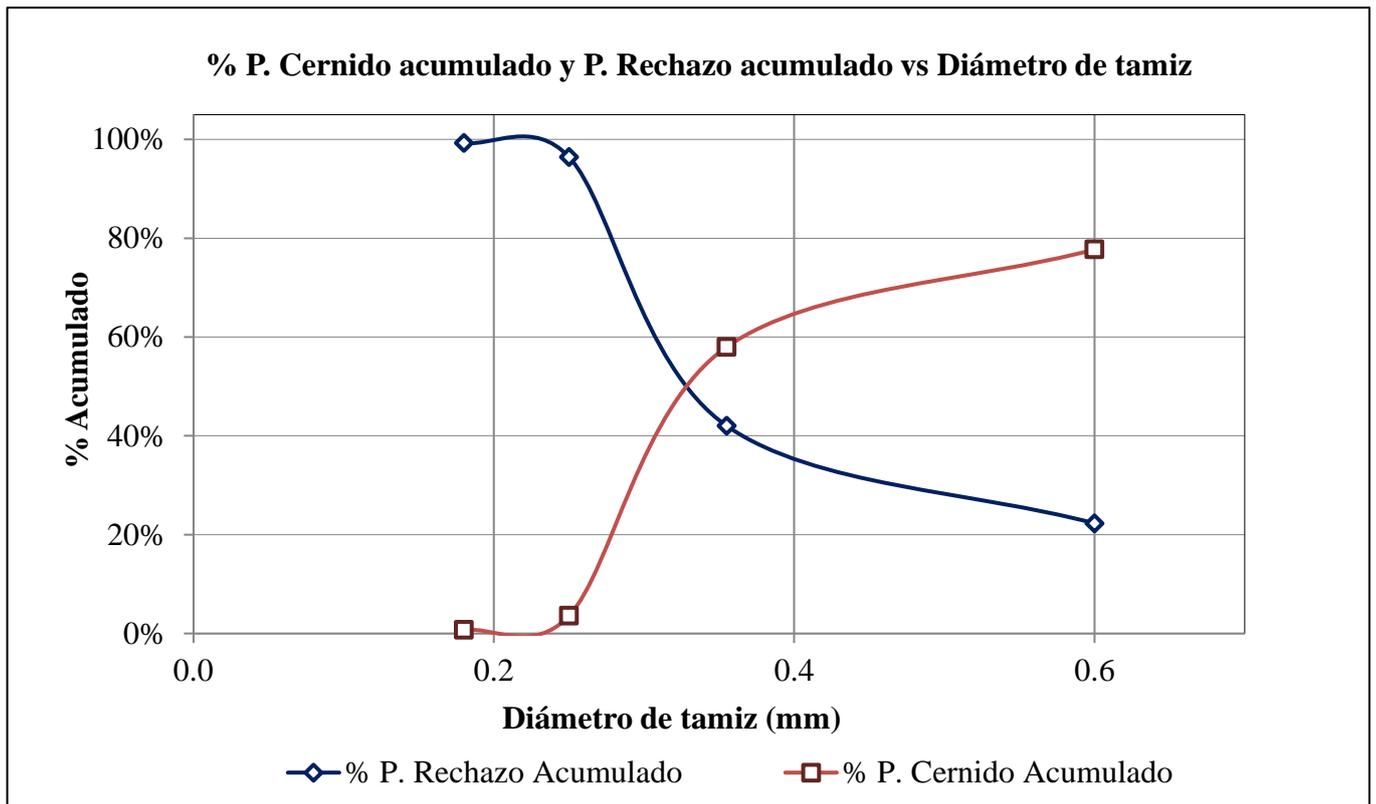


Figura 9: Perfil granulométrico de la harina de soya respecto al % de producto cernido y % de producto rechazado acumulado vs el diámetro.

Nota. El gráfico representa el % de pesos acumulados de harina de soya cernida y rechazada en función a cada diámetro de tamiz.

La gráfica y tabla indican que la mayoría de los gránulos de la harina de soya atravesaron los dos primeros tamices del equipo por ello se deduce que a partir de ese momento inició a disminuir la cantidad de harina cernida por los tamices, el tamiz de longitud de 0.355μ fue en el que se quedó cerca del 58% de la masa de cernido, dándonos una idea del tamaño en promedio de los gránulos de la harina de soya

En la Figura 9 se analiza gráficamente los % acumulados de los pesos de cernido y rechazo con respecto al diámetro de las partículas para la harina de soya, en donde se observa que en el tamiz de 0.355μ se quedan retenidos casi la totalidad de la muestra de harina obtenida.

4.2.3. HARINA DE CÁSCARA DE PIÑA

a. Composición química proximal de la harina de cáscara de piña

Tabla 28: Composición química proximal de la harina de cáscara de piña

Componente	Harina de cáscara de piña	
	Valores obtenidos %*	Valores teóricos %**
% Humedad	4.8883 ± 0.2169	9.8400
% Proteína	5.0750 ± 0.2104	3.5133
% Grasa	0.9875 ± 0.3229	0.4700
% Cenizas	3.6285 ± 0.2848	4.1133
% Fibra dietética	45.9578 ± 0.1054	37.9000
% Carbohidratos	39.4858 ± 0.4313	44.1634

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

FUENTE: **Cedeño y Zambrano, 2014.

La composición química proximal para la harina de cáscara de piña variedad Golden, presenta valores superiores en los componentes de humedad (4.8883 ± 0.2169 %), proteína (5.0750 ± 0.2104 %) y grasa (0.9875 ± 0.3229 %) con los valores reportados por Cedeño y Zambrano, (2014), que son 9.84%, 3.51% y 0.41% respectivamente. Sin embargo, el contenido en cenizas y carbohidratos son inferiores.

Cabe resaltar que el componente principal de la harina de cáscara de piña es la fibra dietética con un valor de 45.9578 ± 0.1054 % superior al reportado por Cedeño y Zambrano (2014), que es de 37.9000 %. Asimismo, Chávez et al., (2009), reportó un contenido en fibra de 44,92% en cáscaras de piña.

A la importancia de la harina de cáscara de piña como fuente de fibra dietética se le atribuye el hecho de ser un subproducto agroindustrial, con lo cual se aprovecha esta valiosa biomasa con resaltantes propiedades nutricionales (Serena y Bach, 2007).

Es importante mencionar que al determinar el %FDI de la harina de cáscara de piña se obtuvo $43.9902 \pm 0.0862\%$, mientras que el %FDS fue de $1.9876 \pm 0.0192\%$, dando como resultado una relación de 22.25/1 de FDI/FDS, esta considerable superioridad de la FDI con respecto a la FDS se debe a su composición rica en compuestos insolubles como lo son la lignina, celulosa y hemicelulosa.

Es así (Suleiman, 2004), encontró que los subproductos provenientes de la piña son buena fuente de fibra dietética con un valor superior al 20%, debido a su gran contenido en fibra dietética insoluble (FDI), puesto que la cáscara de piña está formada por lignina, celulosa y hemicelulosa, componentes de la fibra dietética insoluble (Menéndez, 2013).

Hoyos y Palacios (2015), muestran un perfil bromatológico de harina de cáscara de piña compuesta por 11.57 % de fibra dietética insoluble (FDI), 2.08% de fibra dietética soluble (FDS), 13.65% de fibra dietética total (FDT), 5.56/1 (FDI/FDS), 12.45% de lignina, 19.41% de celulosa y 18.63% de hemicelulosa.

Cabe resaltar que el efecto benéfico de la FDI en el organismo radica en su efecto laxante, al disminuir el tiempo de tránsito de los alimentos y las heces a través del tubo digestivo, previniendo así el estreñimiento, mientras que la FDS contribuye a regular los niveles de colesterol en sangre, y la velocidad de absorción intestinal de los azúcares de los alimentos ingeridos (Hijar, 2008).

b. Propiedades funcionales de la fibra dietética de la harina de cáscara de piña

Tabla 29: *Propiedades funcionales de la fibra dietética (CRA, CRAc y CH) de la harina de cáscara de piña.*

Componente	Harina de cáscara de piña	
	Valores obtenidos*	Valores teóricos **
Capacidad de Retención de Agua (CRA) (g agua/g muestra)	4.60 ± 0.08	3.99
Capacidad de Retención de Aceite (CRAc) (g aceite/ g muestra)	1.33 ± 0.05	3.49
Capacidad de hinchamiento (CH) (ml agua/ g muestra)	5.70 ± 0.34	3.20

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

FUENTE: **Cedeño y Zambrano, 2014.

En la Tabla 29 notamos que los valores obtenidos para CRA, 4.60 ± 0.08 g agua/g muestra, CRAc, 1.33 ± 0.05 g aceite/g muestra y CH, 5.70 ± 0.34 ml agua/g muestra, difieren significativamente a los valores reportados por Cedeño y Zambrano (2014) que son 3.99 g agua /g muestra, 3.49 g aceite /g muestra, y 3.20 ml agua/g muestra respectivamente. Estas diferencias pueden ser por la variedad de piña usada, dichos autores emplearon la variedad cayena.

No obstante, al comparar la CRA obtenida 4.60 ± 0.08 g agua /g muestra, con el valor reportado por Hajar (2008) para fibra de bagazo de piña que es 4.62 g agua /g muestra con un diámetro de 211 μ m, resulta ser similar. Por otro lado, la harina de cáscara de piña elaborada presenta una baja capacidad de ligar agua, ya que se considera una alta CRA entre 10-12 g agua retenida/ g de fibra (Núñez, 2014). Como se recuerda la fibra de cáscara de piña presenta un importante contenido en fibra dietética insoluble lo que respalda su bajo valor de CRA. La importancia de esta propiedad radica en su efecto sobre la viscosidad de los productos con ello

se determina el nivel máximo de incorporación a un alimento (Matos y Chambilla, 2010).

Con respecto a la CRAC se encuentra dentro del intervalo reportado para frutas y vegetales que es menor a 2 g de aceite/ g de muestra (Núñez, 2014). De igual forma el valor es semejante al encontrado por Hajar M. (2008) para fibra de bagazo de piña con un diámetro de 594 μm , siendo de 1.325 g aceite/g muestra. Cabe señalar que el tamaño de partícula influye en la CRAC al igual que en la CRA, con lo que, si se desea aumentar la CRAC es necesario reducir el tamaño de partícula (Prakongpan y Nitihamyong, 2002).

En tanto el valor obtenido de CH (5.70 ± 0.34 ml agua/g muestra), es comparable al reportado por Aguilar (2002), para cáscara de camote (5.07 ml agua/g muestra), y superior a 4.18 ml agua/g muestra, valor reportado por Hajar M. (2008) para fibra de bagazo de piña con un diámetro de 594 μm . Resulta importante indicar que la fibra dietética insoluble juega un rol relevante en la CH, ya que por naturaleza forma una matriz hidrofílica donde el agua queda atrapada, de esta manera los intersticios de los polisacáridos quedan rellenos, provocando el hinchamiento de la fibra (Yeh, Su, y Lee, 2005). Ello avala el bajo valor de CH obtenido a comparación de otros reportes hallados para frutas como en cáscara de naranja (7.80 ml agua/g muestra) y cáscara de maracuyá (9.15 ml agua/ g muestra) (Aguilar, 2002).

c. Composición fisicoquímica de la harina de Cáscara de piña

Tabla 30: *Parámetros de color de la harina de cáscara de piña*

Componente	Valores Obtenidos**
Luminosidad (L)	50.2000 ± 0.3464
a*	5.0667 ± 0.2082
b*	38.6333 ± 0.6658
Cromaticidad (C°)	38.9643 ± 0.6860
Angulo de tonalidad (h°)	82.5303 ± 0.1856

Nota. **Media de dos repeticiones + SD



Figura 10: *Color de la harina de cáscara de piña*

Nota. a) Harina de cáscara de piña obtenida; b) Color inferido a partir de coordenadas cromáticas Cielab.

El color que se observa en la figura superior describe una tonalidad marrón, ello se corrobora con las coordenadas cielab obtenidas, siendo “L” 50.2000 ± 0.3464, que indica una ubicación intermedia entre el blanco y negro, mientras que “a” 5.0667 ± 0.2082, su valor expresa que no existe una predominancia por el color rojo ni por el verde ya que su valor es cercano al cero, pues se manifiesta que a (+) = rojo y a (-) = verde, en tanto la coordenada cromática “b” 38.6333 ± 0.6658, responsable de la coloración con tendencia marrón, ya que a b (+) = amarillo y b (-) = azul.

Asimismo, el valor de cromaticidad “C” 38.9643 ± 0.6860 , expresa un color con baja saturación o en otras palabras poco brillante, puesto que Talens expresa, cuando el valor de C es cero indica un estímulo acromático u opaco, mientras que un valor alto de C significa un color altamente saturado o brillante.

Por otro lado, el ángulo de tonalidad “h°” obtenido 82.5303 ± 0.1856 , nos indica que la harina de cáscara de piña presenta una tonalidad marrón, pues el ángulo es cercano a 90° que corresponde a una tonalidad amarilla.

Es importante señalar que si bien la cascara de piña variedad Golden en estado fresco es de coloración amarilla debido a su alto contenido en carotenos, esta se ve afectada durante el proceso de secado por aire caliente a causa de pardeamiento no enzimático, obteniéndose así una coloración marrón, por lo que es recomendable reducir la temperatura del aire al final del proceso para prevenir el oscurecimiento (Badui, 2012).

Cabe señalar que para la adquisición de las coordenadas cromáticas L, a y b, se tomaron como referencia 3 puntos con 3 repeticiones, con la finalidad de incurrir en el menor error posible, puesto que existen diversas dificultades prácticas para la medición del color, siendo la más elemental las irregularidades de la harina de cáscara de piña obtenida, como la variación del color y el tamaño en las partículas de la harina, puesto que si existen partículas grandes de coloración marrón oscuro, se verán de esa coloración, ello se debe a que la luz incidente no tiene encuentros y la reflectancia es baja por tanto se ve oscuro. Con lo que se recomienda que las partículas sean lo suficientemente pequeñas para lograr un grado razonable de reflectancia (Manresa y Vicente, 2007).

Tabla 31: *Actividad de agua (Aw), Acidez y pH de la harina de cáscara de piña.*

Componente	Harina de cáscara de piña
	Valores obtenidos*
Actividad de agua (Aw)	0.2925 ± 0.0021
Acidez (%)	2.3848 ± 0.0203
pH	4.0775 ± 0.0049

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

El valor obtenido de Aw para la harina de cáscara de piña es 0.2925 ± 0.0021 siendo comparable con lo expuesto por Cortez y Morales (2018) reportando una Aw de 0.28 ± 0.25 para fibra obtenida a partir de bagazo de piña. Asimismo, la Aw obtenida es próxima al parámetro estipulado por Badui, (2012) que es 0.3 a 0.6 aproximadamente para productos deshidratados.

Con respecto al pH obtenido 4.0775 ± 0.0049 resulta cercano a 3.98 ± 0.02 valor reportado por Cortez y Morales (2018), y a 3.80 ± 0.01 cifra obtenida por Melgarejo (2011) para cáscara de piña.

Cabe resaltar que para preservar la estabilidad de los alimentos durante su almacenamiento, es necesario conocer de dos factores intrínsecos, Aw y pH, los cuales son determinantes en la conservación de los alimentos y en la inactivación de la propagación de agentes microbianos, según la Aw (0.2925 ± 0.0021) y el pH (4.0775 ± 0.0049) obtenidos para la harina de cáscara de piña se localizan en la zona de alta estabilidad, ya que Badui, (2012) manifiesta que dicha zona está conformada por una Aw menor a 0.65 y un pH menor a 5.5. En tanto la Aw y el pH obtenidos sumado a un adecuado empaque hermético (bolsas de polipropileno herméticas recubiertas con papel aluminio plastificado) y a un lugar de almacenamiento con temperatura ambiente y humedad baja nos permite asegurar la correcta conservación de la harina de cáscara de piña.

En cuanto al % acidez determinada 2.3848 ± 0.0203 % es inferior al hallado por Cortez y Morales (2018) siendo de 3.70 ± 0.12 % para piña variedad Golden. Resulta adecuado indicar que su contenido en acidez se

debe principalmente al ácido cítrico y málico, los cuales se encuentran en forma de citratos y malatos de potasio (Alvarado y Blanco, 2008).

d. Granulometría de la harina de cáscara de piña

Tabla 32: *Parámetros granulométricos de la harina de cáscara de piña*

N° Tamiz	N° Diametro de partícula (Dp) (mm)	P. Rechazado	P. cernido	% Producto de Rechazo	% Producto de cernido	% Rechazo Acumulado
30	0.600	1.35	48.92	2.69%	97.31%	2.69%
45	0.355	14.87	34.05	29.58%	67.73%	32.27%
60	0.250	12.48	21.57	24.83%	42.91%	57.09%
80	0.180	7.67	13.90	15.26%	27.65%	72.35%
Tapadera	0.000	13.9	0.00	27.65%	0.00%	100.00%

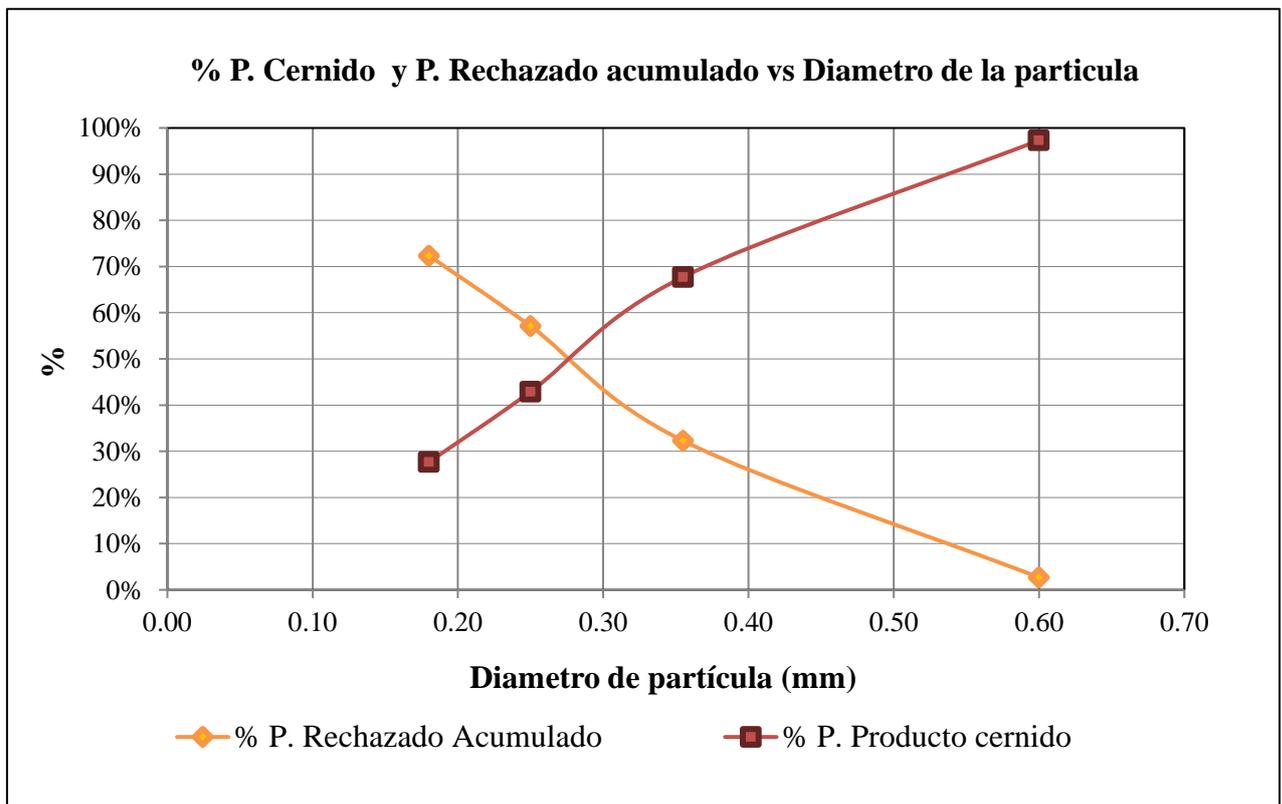


Figura 11: *Perfil granulométrico de la harina de cáscara de piña respecto al % de producto cernido y % de producto rechazado acumulado vs el diámetro.*

Gráficamente se evalúa la granulometría de la harina de cáscara de piña, donde encontramos una relación inversa entre el % producto de rechazo acumulado con respecto al diámetro de partícula (mm), es decir a medida que aumenta el diámetro de partícula la harina rechazada es menor y por ende mayor la harina que pasa, debido a la relación directa existente entre % producto cernido y el diámetro de partícula. Asimismo, se observa el punto de intersección que se localiza tanto en el 50% del producto de rechazo como del producto cernido con diámetros de partícula entre 0.250 a 0.300 mm, que indica que más del 50% de harina de cáscara de piña presenta un diámetro de partícula menor a 0.355 mm, además que el 97.31% de harina de cáscara de piña tiene un diámetro de partícula menor a 600 mm.

Cabe resaltar que la harina obtenida a partir de subproductos de la piña como lo son el bagazo y la cáscara, son clasificadas como una harina de partículas gruesas según los estudios granulométricos realizados por Hajar (2008).

Si bien es cierto el tamaño de partícula juega un papel importante en propiedades fisicoquímicas como el color, y en propiedades tecnológicas de la fibra (CRA, CRAc y CH), no es la finalidad de la investigación realizar un amplio estudio, sin embargo es necesario realizar una caracterización granulométrica que nos permita conocer entre que intervalos de diámetros de partículas esta la harina producida, ya que el producto realizado como son las galletas no existe una restricción en cuanto a granulometría a diferencia de productos de panificación y pastas, según lo manifiesta la NMX-F-007 (1982).

4.3. CÁLCULO DEL COMPUTO QUÍMICO DE LAS FORMULACIONES

El cálculo del cómputo o score químico es sin duda de gran ayuda para verificar que la mezcla de las harinas empleadas en la elaboración de productos de repostería como las galletas, cumplan con los requerimientos que imponen los organismos competentes como es la FAO/OMS/UNU, es por ello que se realizó el score químico de las 11 formulaciones a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña, para ello se utilizó como referencia un patrón de puntuación de aminoácidos para niños entre 3 y 10 años, puesto que su requerimiento en aminoácidos esenciales satisface los grupos de adolescentes y adultos como se puede observar en la Tabla 14 (Sección 3.3.5.4.).

La Tabla 33 evidencia que la galleta control elaborada con 100% harina de trigo es deficiente en Lisina, puesto que tiene solo 65%, mientras que la FAO/OMS/UNU (2007), establece un límite mínimo de 70% de Lisina, siendo este AAE indispensable en el crecimiento adecuado, absorción del calcio y en la formación de colágeno. Por el contrario, la galleta control presenta valores elevados en Metionina + Cistina y Fenilalanina + Tirosina que sobrepasan el 100%.

Mientras que la F6 (74% H. Trigo, 20% H. Soya y 6% H. Cas. Piña), tiene el mayor valor de Lisina de todas las formulaciones, lo cual es debido a que es la formulación con más incorporación de harina de soya, ya que la harina de soya posee 63 mg/g de proteína de Lisina un poco más del doble que la harina de trigo con tan solo 31 mg/g proteína.

Lo cual es respaldado por Paucar, y otros (2012), quienes manifiestan que las harinas de cereales como el trigo tienen como aminoácido limitante a la lisina, a diferencia de las harinas de leguminosas como la soya que son ricas en Lisina, no obstante son deficientes en aminoácidos azufrados (metionina + cistina), por tanto resulta conveniente hacer una complementación proteica, realizando una mezcla entre ambas tipos de harinas de tal manera de mejorar el computo químico de AAE y de incrementar la calidad biológica de la proteína de las formulaciones.

Al observar el computo químico podemos decir que todas las formulaciones sobrepasan el límite mínimo de 70% recomendado por la FAO/OMS/UNU, (2007), por tanto, no existe ningún aminoácido limitante.

Tabla 33: *Cómputo químico de las 11 formulaciones de cookies con chips de cushuro fortificada con harinas de soya y cáscara de piña.*

FORMULACIONES	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	FCONTROL
% H. Trigo	87	78.6	81.4	73	86	74	84	76	80	80	80	100
% H. Soya	9.8	18.2	9.8	18.2	8	20	14	14	14	14	14	
% H. Cáscara de Piña	3.2	3.2	8.8	8.8	6	6	2	10	6	6	6	
Aminoácidos												
Esenciales				SCORE QUÍMICO (%)								
Isoleucina	120	125	117	122	117	125	124	118	121	121	121	119
Leucina	115	116	110	111	112	114	116	110	113	113	113	116
Lisina	71	77	71	76	70	78	74	73	74	74	74	65
Metionina + Cisteína	178	174	171	167	176	170	178	168	173	173	173	187
Fenilalanina + Tirosina	191	192	184	185	188	188	193	183	188	188	188	195
Treonina	125	128	122	125	123	127	128	122	125	125	125	124
Triptófano	182	184	177	179	179	182	184	177	181	181	181	182
Valina	116	117	112	113	114	116	118	112	115	115	115	118
Total de AAE	1099	1114	1064	1078	1078	1099	1114	1063	1089	1089	1088	1106

FUENTE: Para el cálculo del score químico se empleó como referencia un patrón de puntuación de aminoácidos esenciales de la WHO/FAO/UNU (2007).

4.4. EVALUACIÓN DE LAS COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO

4.4.1. EVALUACIÓN FUNCIONAL DE LAS COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO

a. Evaluación del Contenido de Proteína

Los resultados de la determinación del contenido de proteínas de las 11 formulaciones y control fueron obtenidos del laboratorio de Colpex. En el ANEXO 22 se encuentra detallado el informe y/o certificado del laboratorio mencionado y en la Tabla 34 y Figura 12 se muestran los resultados obtenidos de las formulaciones desarrolladas.

Tabla 34: % Proteína de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

Formulaciones	% Harina de Soya	% Harina de Cáscara de Piña	% Proteína*
F1	9.8	3.2	10.5100 ± 0.3253
F2	18.2	3.2	12.7700 ± 0.3536
F3	9.8	8.8	10.4100 ± 0.2970
F4	18.2	8.8	12.5900 ± 0.4101
F5	8	6	9.7750 ± 0.3536
F6	20	6	13.3350 ± 0.3182
F7	14	2	11.5000 ± 0.3748
F8	14	10	11.0900 ± 0.3677
F9	14	6	11.1800 ± 0.2970
F10	14	6	11.2700 ± 0.2546
F11	14	6	11.2100 ± 0.2828
CONTROL			8.1000 ± 0.2263

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

Los resultados obtenidos señalan que la formulación F6 (20% Harina de Soya y 6% de Harina de Cascara de piña) obtuvo el mayor % de Proteína, teniendo un valor de 13.3350 ± 0.3182%, además se observa que la formulación F5 (8% Harina de Soya y 6% de Harina de Cascara de piña) presentó el menor valor de proteína con 9.7750 ± 0.3536 %. Asimismo, este último (F5) es dentro de las 11 formulaciones la más cercana al % de

proteínas obtenida por el control, el cual es de 8.1000 ± 0.2263 %, aun así, el valor obtenido por la formulación F5 continúa siendo relativamente superior al control.

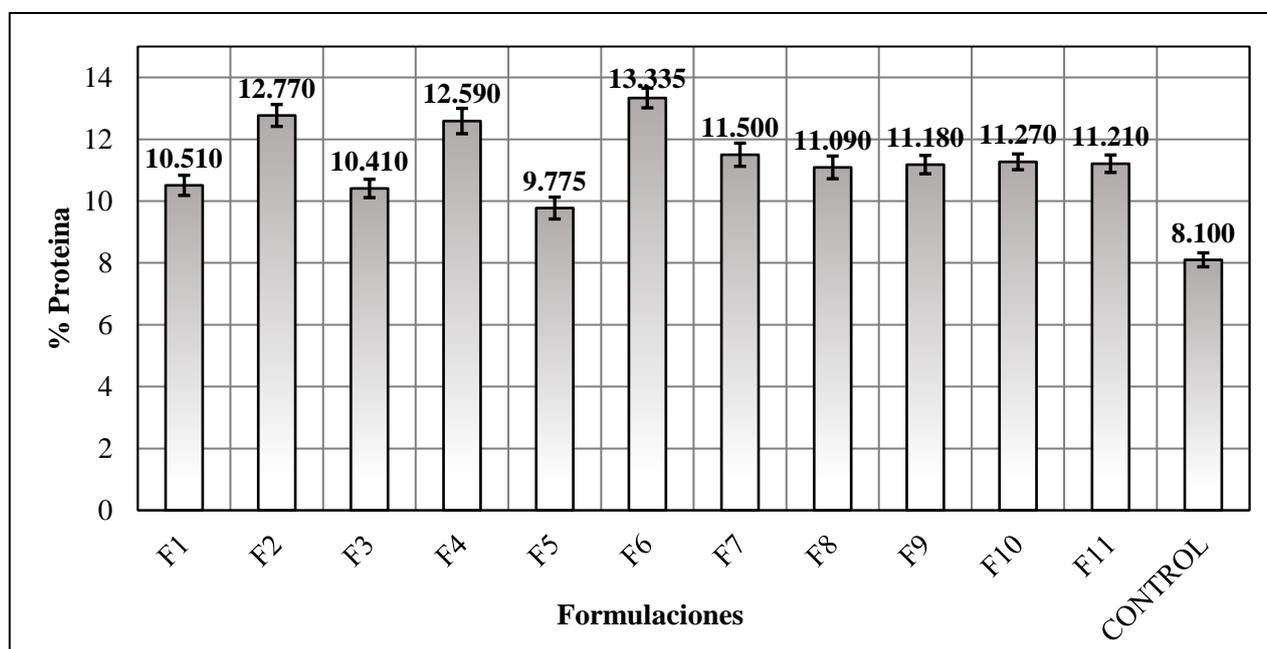


Figura 12: % de Proteína de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

La Figura 12 describe que el % de proteína obtenido de las 11 formulaciones y control oscilan entre 8.1000% y 13.3350%. Se observa que la cookie control producida, el cual fue elaborada con 100% harina de trigo, presentó un valor inferior a las 11 formulaciones ($8.1000 \pm 0.2263\%$), lo cual reflejaría que la sustitución parcial por las harinas de soya y cáscara de piña elevan el contenido proteico de las cookies, siendo la harina de soya principalmente la causante de ello debido a su alto contenido proteico. El valor de proteína aumenta progresivamente a medida que se aumenta la sustitución por harina de soya.

Los valores de % de proteínas obtenidos por la formulación F6 ($13.3350 \pm 0.3182\%$) resultaron superiores al reportado en la investigación realizada por McWatters (1978) en donde reemplazó harina de trigo por harina de soya en 10%, 20% y 30%, en su investigación determinó que con cada incremento de harina de soya sustituida, el contenido de proteínas aumentaba en un 1.5% y además las cookies preparadas con 30% de harina

de soya contenían el doble de proteínas que el control (100% harina de trigo). McWatters (1978) obtuvo los siguientes valores de % de proteínas en su investigación: 4.27% (Cookie control), 5.74% (10% Harina de soya y 90% Harina de trigo), 6.97% (20% Harina de soya y 80% Harina de trigo) y 8.42% (30% Harina de soya y 70% Harina de trigo). Es decir, si comparamos la misma cantidad de harina de soya sustituida por ambas investigaciones (20% de harina de soya), observaríamos que McWatters (1978) obtuvo 6.97% de proteínas mientras que la formulación F6 presentó 13.3350%, por lo tanto se presentaron mejores resultados en relación a los del autor, cabe señalar que la formulación F6 está conformada además con la sustitución parcial de un 6% de harina de cáscara de piña y 20.33% de chips de cushuro (valor constante dentro de los ingredientes utilizados para la elaboración de las cookies y el cual reemplaza a los chips de chocolate).

En la investigación realizada por Akubor y Ukwuru (2003) se elaboraron galletas con mezclas de harina de soya y yuca, se sustituyó la harina de soya en 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80%. El contenido de proteína de las galletas con mezcla de las harinas de soya y yuca aumentaron con niveles crecientes de harina de soya. Los valores de % de proteínas reportados por Akubor y Ukwuru (2003) de las 3 primeras formulaciones fueron 1.6%, 5.8% y 9.2%, siendo estos valores inferiores a los obtenidos en la Tabla 34.

Banureka y Mahendran (2009) llevaron a cabo una investigación en la que evaluaron las características de la calidad de galletas enriquecidas con harina de soya, en donde sustituyeron la harina de trigo por harina de soya desde 0% hasta 25%. El % de proteínas obtenido para un 20% de sustitución fue de 12.1%, el cual se asemeja al % de proteínas obtenidos por las formulaciones F2, F4 y F6 los cuales fueron de 12.7700%, 12.5900% y 13.3350% respectivamente, siendo esta última la formulación compuesta por la sustitución de 20% de harina de soya y 6% de harina de cáscara de piña.

Mediante un análisis estadístico se analizó la significancia o no de la incorporación de los componentes lineales (% Harina de soya y % Harina de cáscara de piña), cuadráticos y sus interacciones.

En el diagrama de Pareto se ordenan los efectos estandarizados estimados en orden decreciente de importancia, estos efectos prueban la hipótesis nula de que el efecto es 0, lo que significaría que no existe una relación entre las variables independientes (Harinas de soya y cáscara de piña) y la variable respuesta (Proteína). Si pasan la línea de referencia se afirma que existe significancia estadística de cada termino, esto a su vez depende del nivel de significancia ($\alpha = 5\%$).

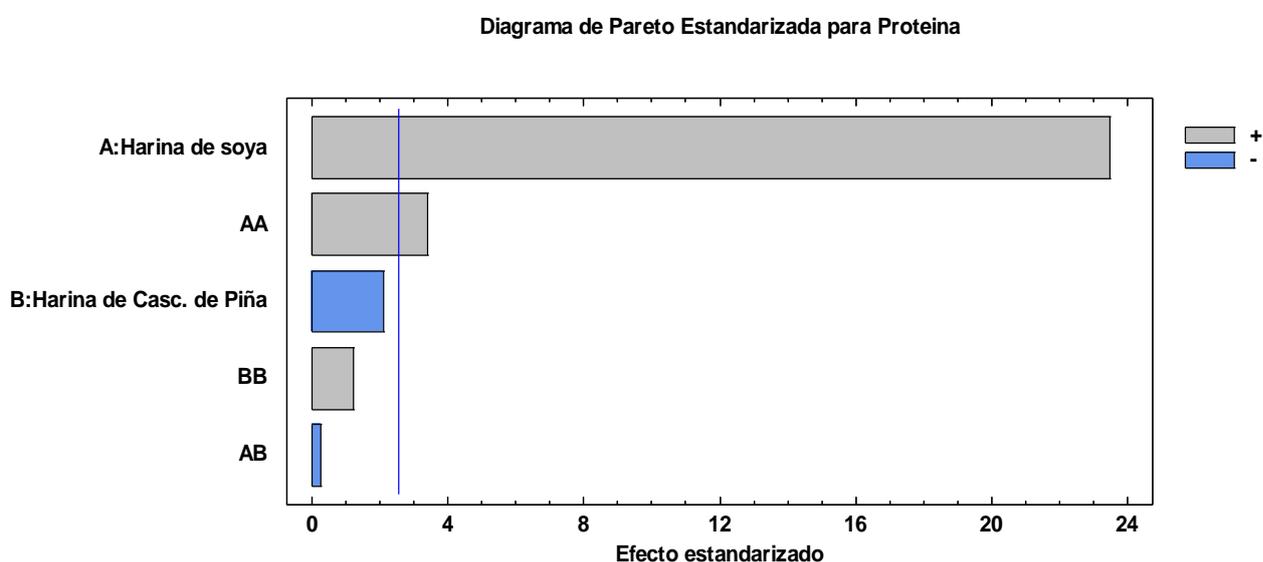


Figura 13: *Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Proteína de la Cookie con Chips de Cushuro.*

En el diagrama de Pareto Estandarizado para proteína de la Figura 13 se constata que la harina de soya (componente lineal) es estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%, gráficamente se observa que sobrepasa la línea del margen de error, asimismo presenta un efecto estimado positivo en la respuesta (contenido de proteínas), dado que al aumentar el % harina de soya el contenido en Proteína se incrementa significativamente.

Asimismo, se aprecia la combinación cuadrática de Harina de Soya, ésta tiene un efecto positivo y significativo en el contenido de Proteína, además nos da la idea de que la superficie respuesta contiene curvatura, y es que los cambios en % de sustitución de harina de soya están asociados con los cambios en la variable de respuesta (% Proteína), y esta asociación es lineal y cuadrática.

En la figura se observa también que la harina de cáscara de piña tiene un efecto negativo para la variable respuesta (% Proteína) no obstante esto resulta ser no significativo.

- Análisis de Varianza para el % Proteína de las Cookies con Chips de Cushuro fortificadas con Harinas de Soya y Cáscara de Piña.

Con el fin de corroborar si el efecto en el contenido de Proteína (%) de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña es estadísticamente significativo se analiza la siguiente Tabla ANOVA.

Tabla 35: Análisis de varianza para el contenido en Proteína (%) de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P*</i>
A: Harina de soya	11.221	1	11.221	551.78	0.0000
B: Harina de Cásc. de Piña	0.0924129	1	0.0924129	4.54	0.0862
AA	0.234432	1	0.234432	11.53	0.0194
AB	0.0016	1	0.0016	0.08	0.7903
BB	0.0307147	1	0.0307147	1.51	0.2738
Error total	0.101681	5	0.0203361		
Total (corr.)	11.6523	10			

Nota. *Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05)

La tabla ANOVA divide la variabilidad del % de Proteína en elementos separados para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Los coeficientes de determinación R^2 y de determinación ajustado R^2_{Aj} permiten determinar la calidad de ajuste del modelo con los datos. Para el análisis de varianza del % de Proteína, el estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 99.1274% de la variabilidad en proteína.

Asimismo, el estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 98.2548%, siendo este valor relativamente similar al R^2 y esto se debe a que existen elementos (Harina de soya) que influyen de manera significativa al modelo.

- **Efecto de las harinas de Soya y Cáscara de piña en el contenido de Proteína de las Cookies con chips de Cushuro**

En la Figura 14 se observa la gráfica de efectos Principales, en ella se aprecia un incremento acentuado del % de proteína el cual va de 9.8% a 13.3%, al variar el % de harina de soya de 8% a 20%.

Con respecto a la harina de cáscara de piña no se identifica una diferencia significativa en la respuesta dado que mantiene un similar valor de proteína aun cuando aumenta el % de harina de cáscara de piña.

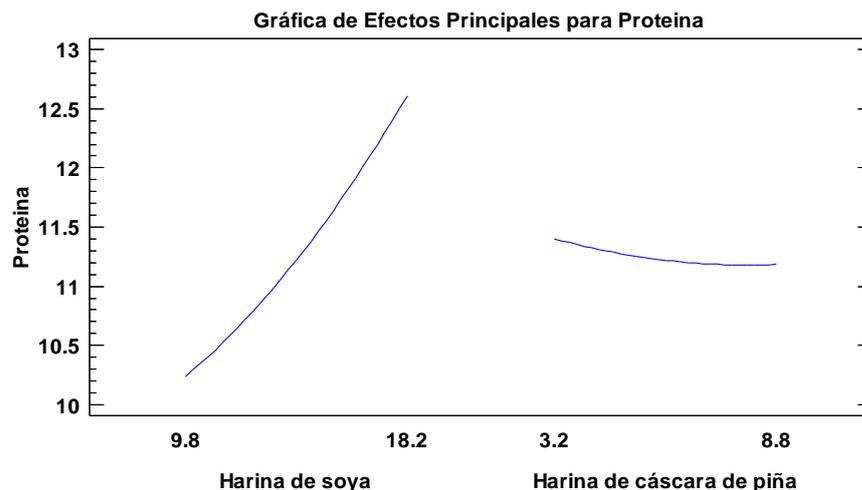


Figura 14: *Grafica de Efectos Principales para Proteína (%) de Cookies con chips de cushuro.*

En el gráfico de interacción de la Figura 15 se muestra el contenido en Proteína (%) con respecto a la variación del % harina de soya para cada nivel de la harina de cáscara de piña. Se detecta que no existe una diferencia considerable en la variable respuesta al cambiar el % Harina de Cáscara de Piña de un nivel bajo a un nivel alto, por lo contrario, esto si sucede al incrementar el % Harina de soya. Ambas líneas no se cruzan entre sí, lo cual corroboraría que no existe diferencia estadística significativa entre las interacciones de los factores.

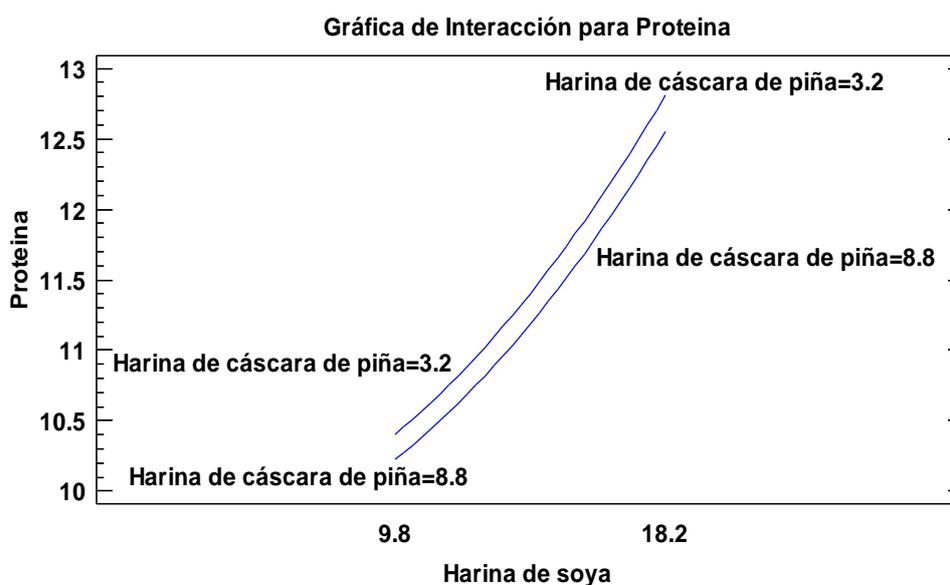


Figura 15: *Grafica de Interacción para Proteína (%) de Cookies con chips de cushuro.*

- **Análisis de Regresión del Contenido de Proteína de las Cookies con chips de Cushuro.**

En la Tabla 36 se presentan los coeficientes de regresión estimados para cada factor lineal, cuadrático y de interacción, los cuales permiten obtener la ecuación predictiva de regresión cuadrática sobre comportamiento en el contenido de Proteína en las cookies con chips de cushuro.

Tabla 36: *Coefficientes de Regresión para Proteína de las Cookies con chips de Cushuro.*

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	9.96224
A: Harina de soya	-0.0312262
B: Harina de Casc. de Piña	-0.127458
AA	0.0115504
AB	-0.00170068
BB	0.00940688

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\% \text{Proteína} = 9.96224 - 0.0312262 * A - 0.127458 * B + 0.0115504 * A^2 - 0.00170068 * A * B + 0.00940688 * B^2$$

Donde:

A= % Harina de soya

B= % Harina de cáscara de piña

La ecuación obtenida representa el modelo matemático predictivo del contenido de proteínas en función a las concentraciones de las harinas de soya y cascara de piña, y con el cual se construyeron las gráficas de superficie respuesta y de contorno presentadas en la Figura y Figura 17.

En ambas graficas se aprecia que a medida que se incrementa el % de harina de soya, el contenido de proteínas va incrementándose, lo cual confirma que la incorporación y/o sustitución por harina de soya mejora la calidad proteica de cookies.

El mayor contenido de Proteína se localiza en la región que oscila entre el color amarillo al rojo para niveles altos en las harinas de soya y cáscara de piña.

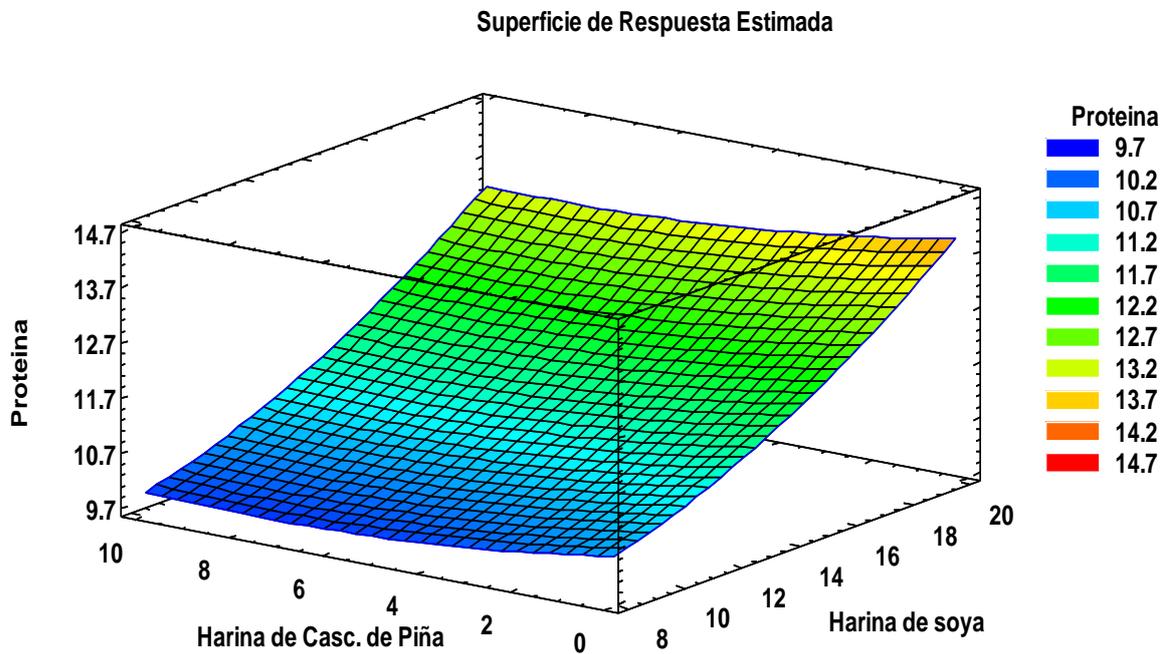


Figura 16: Gráfico de Superficie de Respuesta para el contenido de proteína de las Cookies con chips de Cushuro.

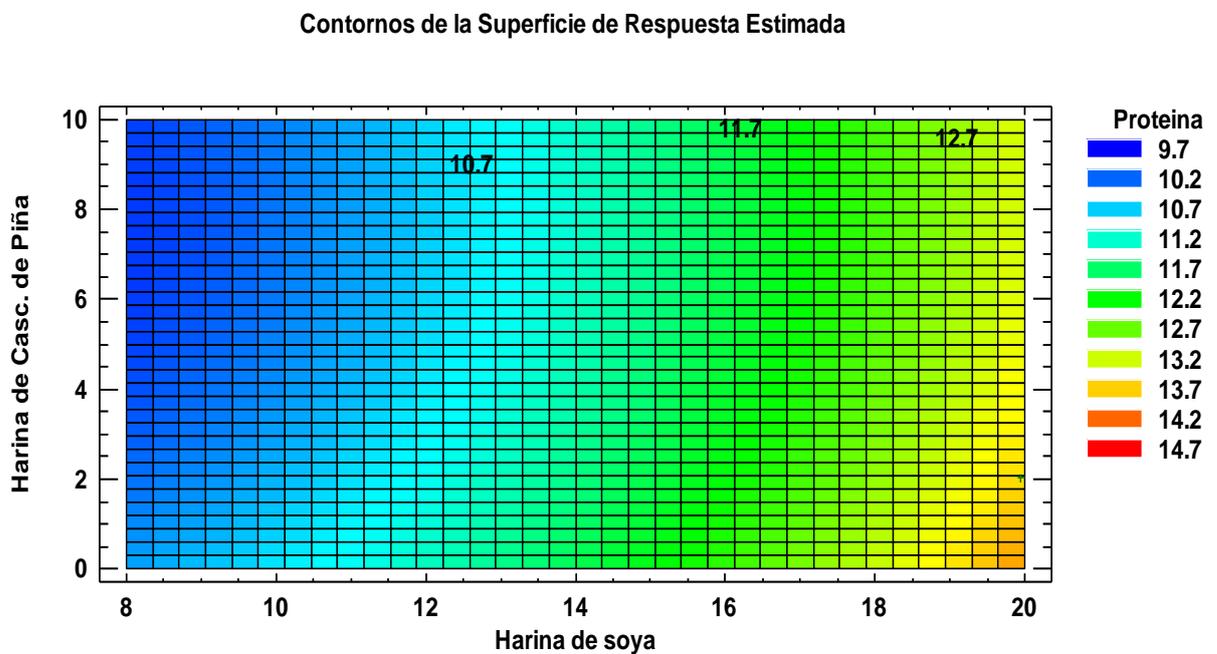


Figura 17: Gráfico de contornos de Superficie Respuesta de proteína de las Cookies con chips de Cushuro.

- **Optimización en el contenido de Proteína de las Cookies con chips de Cushuro.**

La Tabla 37 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el % de proteína sobre la región indicada, es decir los niveles óptimos de las Harinas de Soya y Cascara de Piña que maximizan la respuesta a 13.6419% de proteína.

Tabla 37: *Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.*

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Harina de Soya	8.0603	19.9397	19.9397
Harina de Cascara de Piña	2.0402	9.9598	2.0402

b. Evaluación del Contenido de Fibra Dietética Total

En la Tabla 38 y en la figura 18 se presenta el % Fibra Dietética total para el control y las 11 formulaciones de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

Tabla 38: % Fibra Dietética Total de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña

Formulaciones	% Harina de Soya	% Harina de Cáscara de Piña	% Fibra Dietética Total*
F1	9.8	3.2	7.7567 ± 0.2825
F2	18.2	3.2	8.5757 ± 0.6052
F3	9.8	8.8	9.6333 ± 0.0087
F4	18.2	8.8	10.3085 ± 0.3177
F5	8	6	9.3763 ± 0.4755
F6	20	6	10.0289 ± 0.1566
F7	14	2	7.8976 ± 0.5633
F8	14	10	11.1849 ± 0.1233
F9	14	6	8.9251 ± 0.3116
F10	14	6	8.9084 ± 0.3352
F11	14	6	8.8015 ± 0.2025
CONTROL	0	0	4.2706 ± 0.2471

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

Gráficamente se visualiza que el mayor % Fibra Dietética Total (FDT) la obtuvo la formulación F8 con un valor de 11.1849 ± 0.1233 % para una incorporación del 14% Harina de Soya y 10% de Harina de Cascara de piña, mientras que la F1 (9.8% Harina de Soya y 3.2% de Harina de Cascara de piña) presentó el menor valor de FDT con 7.7567 ± 0.2825 %.

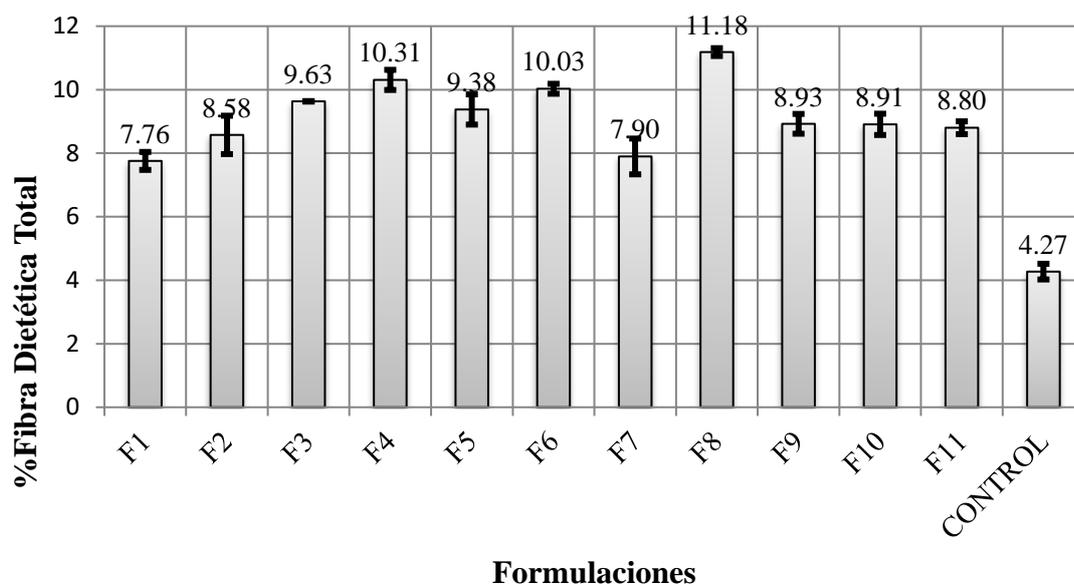


Figura 18: % *Fibra Dietética Total* de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

La Figura 18 muestra los valores promedios de % fibra dietética de las 11 formulaciones y galleta control.

Cabe resaltar que los valores de % FDT obtenidos se encuentran entre un rango aproximado de 7 y 11 %, los cuales al ser comparados con el control ($4.2706 \pm 0.2471\%$) son notoriamente elevados debido básicamente a la incorporación de harina de cascara de piña la cual es rica en fibra dietética (45.9578 ± 0.1054 % FDT).

Al contrastar el mayor valor de %FDT obtenido que es $11.1849 \pm 0.1233\%$ resulta ser superior con el reportado por Cedeño y Zambrano (2014) que es de 5.31% FDT para una galleta elaborada con 8% de harina de cáscara de piña y 92% de harina de trigo.

Otros trabajos de investigación en donde emplean harinas a base residuos de frutas presentaron valores inferiores, como el conseguido por Velásquez y Medina (2020) que elaboraron galletas con incorporación del 75% de harina de semilla de mango registrando un contenido de fibra dietética de 3.12%, y el valor alcanzado por Murillo (2018) de 9.38 ± 0.01 % FDT para galletas con incorporación del 20% de harina de cáscara del fruto de cacao Criollo.

A la vez la harina de piña es recomendada en la elaboración de galletas por sus propiedades de hidratación (elevado poder de absorción de agua) y agradable aroma (Ramírez y Pacheco, 2009), a esto se le suma los efectos funcionales para la salud que conlleva tener una dieta rica en fibra dietética.

Es preciso mencionar que no es suficiente con obtener el valor de fibra dietética de las diversas formulaciones y determinar cuál es la mejor a partir de un análisis visual y gráfico, sino que es necesario realizar un análisis estadístico a fondo para de esta manera encontrar el modelo que mejor se ajusta y predice la variable respuesta al nivel de significancia elegido (5%).

Para ello es de gran utilidad analizar el diagrama de Pareto de efectos estandarizados, el cual es de gran ayuda para determinar cuáles términos (lineales, cuadráticos y las interacciones) contribuyen más a la variabilidad en el contenido de fibra dietética.

Su interpretación se basa en ordenar los efectos estandarizados estimados en orden decreciente de importancia, su cálculo se realiza dividiendo el efecto estimado entre el error estándar, dichos efectos prueban la hipótesis nula de que el efecto es 0, lo que significaría que no existe una relación entre las variables independientes (Harinas de soya y cáscara de piña) y la variable respuesta (Fibra Dietética). Para evaluar la significancia estadística de cada término es necesario que pasen la línea de referencia, la cual depende del nivel de significancia ($\alpha = 5\%$).

Diagrama de Pareto Estandarizada para Fibra Dietética

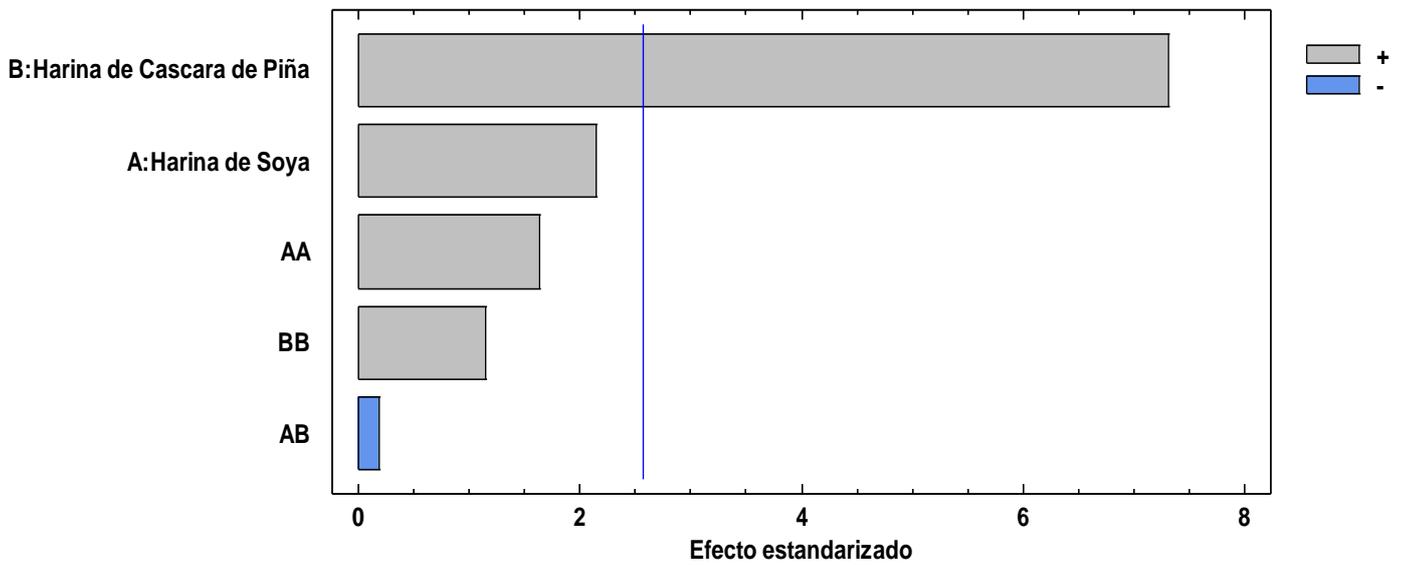


Figura 19: *Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Fibra Dietética de la Cookie con Chips de Cushuro.*

El diagrama de Pareto Estandarizado evidencia que la harina de cáscara de piña es estadísticamente significativa en el nivel de 0.05, ya que como se puede apreciar gráficamente sobrepasa la línea del margen de error, además presenta un efecto estimado positivo en la respuesta es decir al aumentar el % harina de cascara de piña el contenido en FDT se incrementa significativamente.

Asimismo, se observa que la combinación entre Harina de Soya y Cascara de piña tienen un efecto negativo en el contenido de FDT, no obstante, no es significativo en la respuesta.

- Análisis de Varianza para el % Fibra Dietética de las Cookies con Chips de Cushuro fortificadas con Harinas de Soya y Cáscara de Piña

Para probar si la asociación entre el contenido de Fibra Dietética (%) y las Harinas de Soya y Cáscara de Piña es estadísticamente significativo se resume en la Tabla ANOVA.

Tabla 39: Análisis de varianza para el contenido en Fibra Dietética (%) de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P *</i>
A:Harina de Soya	0.730302	1	0.730302	4.58	0.0853
B:Harina de Cascara de Piña	8.52503	1	8.52503	53.46	0.0007
AA	0.423313	1	0.423313	2.65	0.1642
AB	0.00516943	1	0.00516943	0.03	0.8642
BB	0.210599	1	0.210599	1.32	0.3025
Error total	0.797315	5	0.159463		
Total (corr.)	10.5595	10			

Nota. *Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

La tabla ANOVA permite separar cada uno de los efectos (lineales, interacción y cuadrático) y de esta manera probar la significancia estadística de cada uno, para ello compara el cuadrado medio de cada efecto contra un estimado del error.

Como se puede apreciar en este caso, el efecto lineal B: Harina de Cáscara de Piña, tiene un valor-P menor que 0.05, lo que indica que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Es importante dar a conocer los estadísticos Coeficiente de determinación R^2 y Coeficiente de determinación ajustado R^2_{Aj} pues permiten determinar la calidad de ajuste del modelo con los datos, para el análisis de varianza en Fibra Dietética se obtuvo un R^2 de 92.4493%, lo que indica que el 92.4493% de la variación observada en el contenido en Fibra Dietética (%) es explicada por el modelo Cuadrático. No obstante, resulta necesario compararlo con el R^2_{Aj} , puesto que este estadístico permite comparar modelos con diferentes números de variables independientes ya que considera los grados de libertad de cada factor. El R^2_{Aj} obtenido es de 84.8986%, siendo inferior al R^2 , esto se

debe a que existen términos que no contribuyen de manera significativa al modelo.

En general se puede decir que el modelo presenta una calidad de ajuste satisfactorio, ya que ambos coeficientes tienen valores superiores al 70% (Gutiérrez y De la Vara, 2012).

- Efecto de las harinas de Soya y Cáscara de piña en el contenido de Fibra Dietética de las Cookies con chips de Cushuro

Como ya se ha podido determinar en el diagrama de Pareto de efectos estandarizados y en la tabla ANOVA la harina de cáscara de piña tiene una influencia significativa en el contenido en fibra dietética, lo cual se aprecia notoriamente en la Gráfica de efectos Principales, en donde se visualiza un incremento pronunciado en el %Fibra Dietética de 8% a 10% al cambiar de un nivel bajo (3.2%) a un nivel alto (8.8%) en harina de cáscara de piña. En el caso de harina de Soya no se aprecia una diferencia significativa en la respuesta, esto se debe a que el %FDT en la harina de soya ($23.2207 \pm 0.1065\%$ FDT) es aproximadamente la mitad del %FDT de la harina de cáscara de piña (45.9778 ± 0.1054).

Gráfica de Efectos Principales para Fibra Dietética

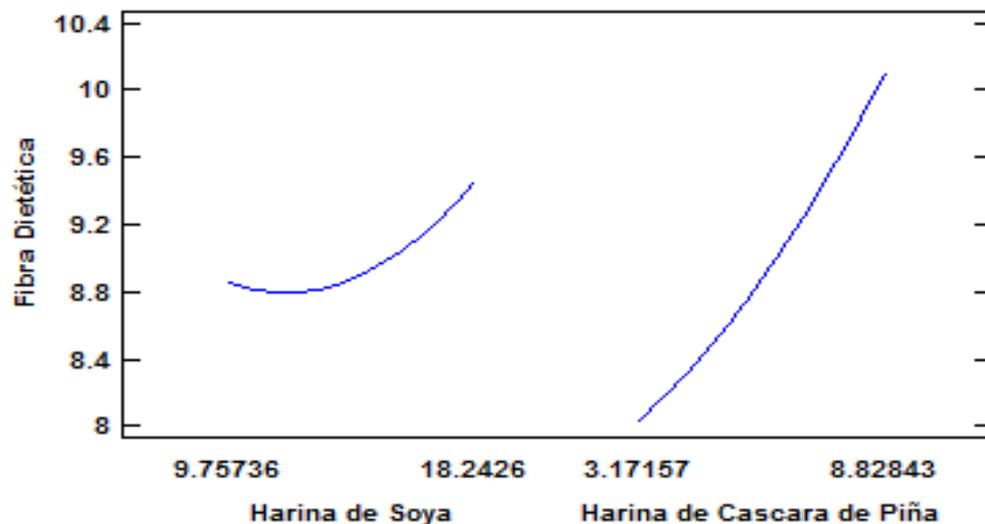


Figura 20: *Gráfica de Efectos Principales para Fibra Dietética (%) de Cookies con chips de cushuro.*

Ello es respaldado por Ramírez y Pacheco de Delahaye, (2009), que afirman que la incorporación de harina de cascara de piña en productos como cookies favorece el incremento en fibra, puesto que se han encontrado elevados valores de fibra dietética (70,6%), estando esto relacionado principalmente al alto contenido de antioxidante (miricetina) que se ha encontrado en este subproducto.

Gráfica de Interacción para Fibra Dietética

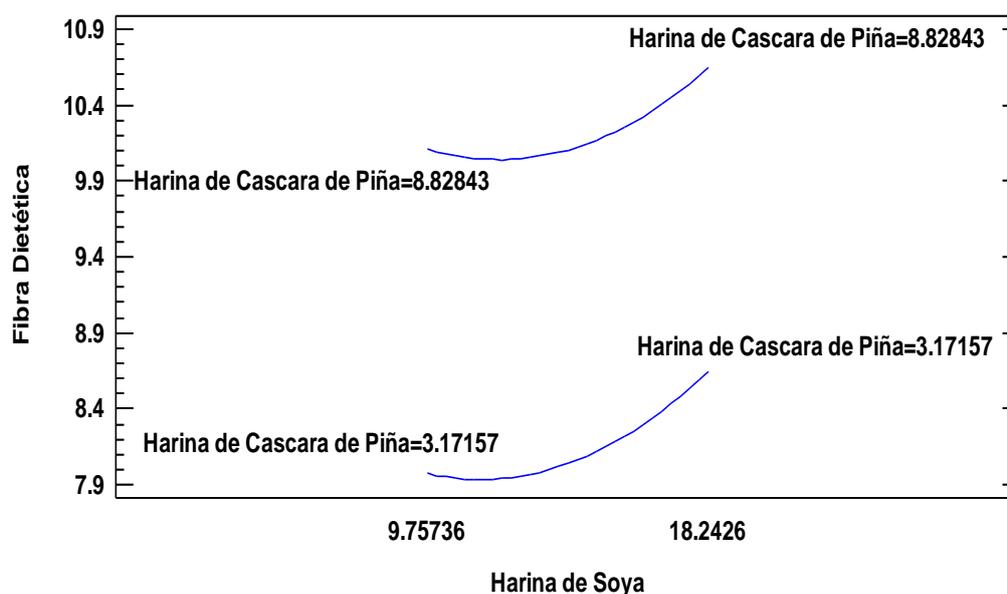


Figura 21: Gráfica de Interacción para Fibra Dietética (%) de Cookies con chips de cushuro.

Asimismo, en el gráfico de interacción se muestra el contenido en fibra dietética (%) con respecto al cambio de harina de soya para cada nivel de la harina de cáscara de piña. Como se puede apreciar existe una diferencia notoria en la variable respuesta al cambiar el % Harina de Cáscara de Piña de un nivel bajo a un nivel alto, esto no sucede al incrementar el % Harina de soya. Es importante señalar que no existe una interacción significativa entre ambas harinas ya que las líneas no se cruzan entre sí.

- **Análisis de Regresión del Contenido de Fibra Dietética de las Cookies con chips de Cushuro.**

En la Tabla 40 se muestran los coeficientes de regresión estimados para cada factor lineal, cuadrático y de interacción, permitiendo obtener la ecuación de regresión cuadrática que predice el comportamiento en el contenido de fibra dietética en las cookies con chips de cushuro.

Tabla 40: *Coefficientes de Regresión para Fibra Dietética de las Cookies con chips de Cushuro.*

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
constante	9.33122
A: Harina de Soya	-0.344307
B: Harina de Cascara de Piña	0.11589
AA	0.015521
AB	-0.00305697
BB	0.0241632

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\mathbf{Fibra\ Dietética} = 9.33122 - 0.344307*A + 0.11589*B + 0.015521*A^2 - 0.00305697*A*B + 0.0241632*B^2$$

Cabe resaltar que gracias a la ecuación obtenida y a un R^2 y R^2_{Aj} superior a 0.7, es posible interpretar el contenido de fibra dietética mediante las gráficas de superficie de Respuesta y la de contorno.

En estas graficas se visualiza que el mayor contenido de fibra dietética se localiza en la zona de color rojo para niveles altos en las harinas de soya y cáscara de piña.

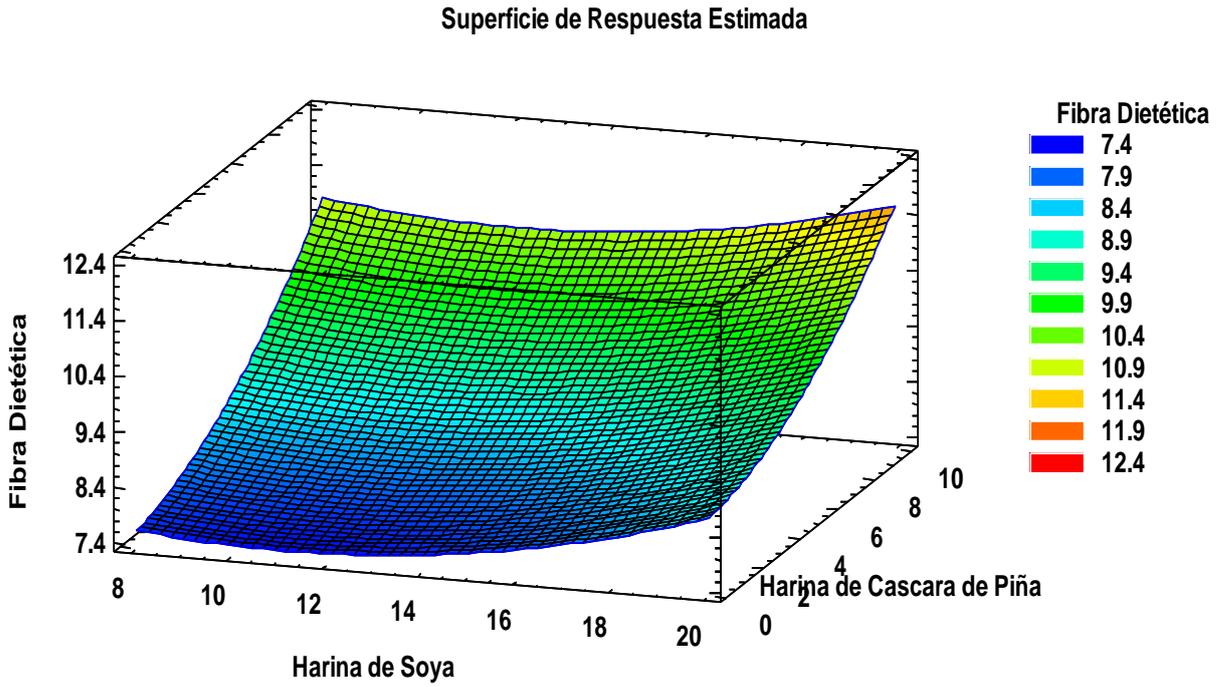


Figura 23: *Gráfico de Superficie de Respuesta para el contenido de Fibra dietética de las Cookies con chips de Cushuro.*

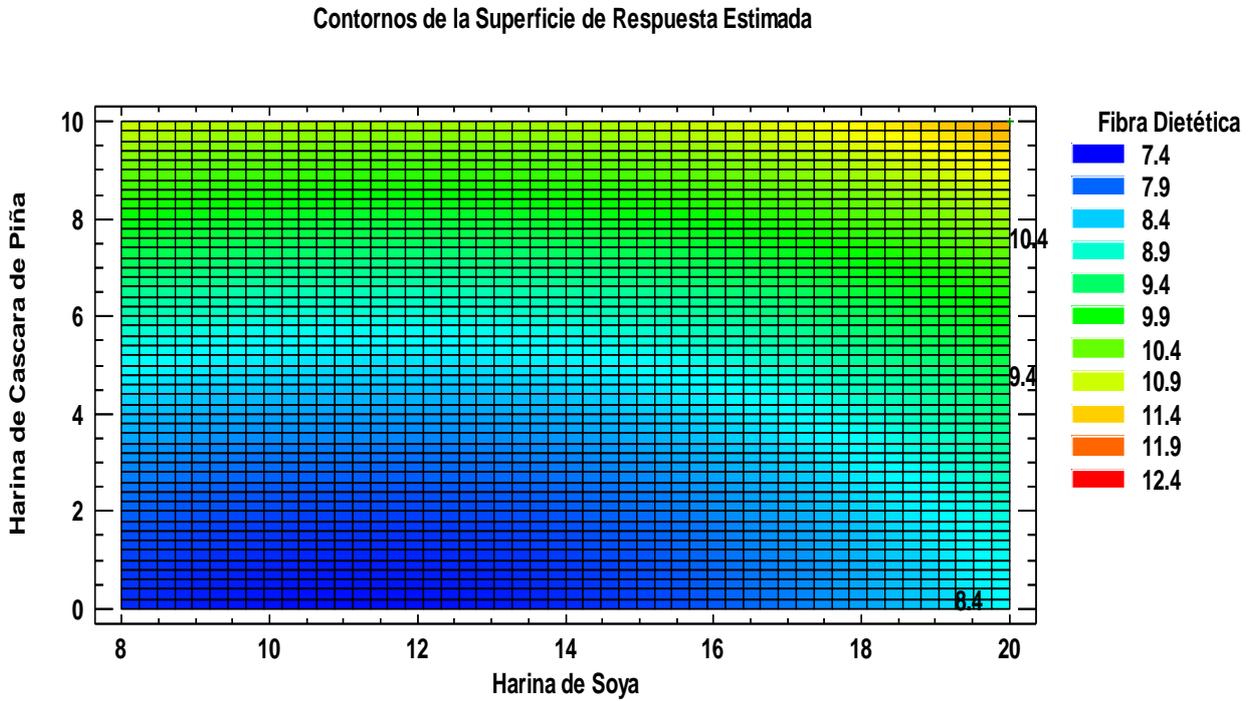


Figura 22: *Gráfico de Contornos para el contenido de Fibra dietética de las Cookies con chips de Cushuro.*

Como se puede visualizar en las gráficas de superficie de respuesta y contorno, los valores obtenidos de %FDT en las cookies con chips de cushuro fortificada con harinas de soya y cáscara de piña, se encuentran en un rango alrededor de 7 y 11%, ello le confiere la particularidad de ser un alimento fortificado en fibra dietética puesto que supera el valor de 6% designado para una galleta (Cevallos, Weil, y Chan, 2010).

En otras investigaciones se han reportado valores de fibra cruda en galletas, como lo reportado por Viva de Toledo, Porreli, Spoto, y Cinniati-Brazaca (2017), obteniendo valores de fibra cruda entre 4.67 a 6.46%, para galletas elaboradas con el 15% de sustitución parcial de la harina de trigo por polvos hechos de subproductos de piña, manzana y melón. Asimismo, se obtuvo 4% de fibra cruda las galletas con 5% de harina de cáscara de plátano (Falla y Ramón, 2018).

Resulta relevante precisar que el valor de fibra cruda es inferior al valor de fibra dietética debido a que durante su determinación se pierden de 70-80% de la hemicelulosa, de 30-50% de la celulosa y hasta 90% de la lignina, que representan una fracción importante de la FDT (López R. , 2018)

- Optimización en el contenido de Fibra Dietética de las Cookies con chips de Cushuro

Para el contenido en Fibra dietética se busca como meta maximizar su valor, es por ello que en la Tabla 41 se obtienen los niveles óptimos de las Harinas de Soya y Cascara de Piña que maximizan la respuesta a 11.6274% FDT.

Tabla 41: Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Harina de Soya (%)	8.0	20.0	20.0
Harina de Cascara de Piña (%)	2.0	10.0	10.0

Con la combinación óptima de 20% Harina de Soya y 10% Harina de Cáscara de Piña la galleta tipo Cookie aportará cerca de 12 g de FDT/100 g, resultando un gran complemento de fibra a la dieta diaria, claro que con ello no se exenta el consumo de frutas y verduras que son fuente natural de fibra dietética.

Cabe resaltar que diferentes instituciones u organismos nacionales e internacionales han recomendado adicionar, a nuestra dieta diaria, fibra superior a 20 g/día, por ejemplo, la Sociedad Dietética Americana recomienda entre 20 y 30 g/día. Asimismo, el Instituto Nacional para el Cáncer (EE. UU) recomienda entre 20 y 40 g/día. Cabe señalar que estas recomendaciones son para adultos sanos, siendo menores para niños y ancianos (Moreno, 2000).

A la vez es preciso recalcar que la Asociación Americana de Diabetes recomienda un consumo de fibra entre 30 – 35 g/día tanto de fibra soluble como insoluble, ello es importante ya que se ha reportado en el año 2019 según la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (Endes) que cuatro de cada cien peruanos mayores de 15 años padecen diabetes en el Perú (Ministerio de Salud, 2020), teniendo la fibra dietética un papel muy importante en la prevención y tratamiento de esta enfermedad puesto que ayuda en la disminución de la glicemia postprandial y mejora la resistencia a la insulina en los pacientes (Navarro, 2012).

Consumir productos elaborados, como las galletas, a base de harina de cáscara de piña trae consigo numerosos beneficios en el proceso de digestión debido al elevado contenido en fibra dietética, a ello se le asocia la presencia de bromelina en la cáscara, esta enzima se encarga de la digestión de las proteínas facilitando la absorción de nutrientes (López, 2014).

Numerosas son las enfermedades digestivas y coronarias que se originan a consecuencia de una dieta pobre en fibra dietética, escaso consumo de agua, falta de ejercicios y un elevado estrés que desencadena un estado de ansiedad, ello acarrea diversas enfermedades como el Síndrome de Intestino irritable (SII), un informe realizado por

el Ministerio de Salud (2019) señala que el Perú es uno de los países con mayor incidencia en este padecimiento, presentando alrededor de 25% de consultas en el Servicio de Gastroenterología por esta patología. Asimismo, señalan como prevención el mantener buenos hábitos alimenticios, siendo la inclusión de fibra dietética una excelente opción para salvaguardar la salud del tubo digestivo.

Del mismo modo una popular enfermedad gastroenterológica que aqueja a miles de personas a nivel mundial es el estreñimiento, el doctor Agustín Balboa, especialista en aparato digestivo del centro médico Teknon, y miembro de la Societat de Digestologia de la Acadèmia de Ciències Mèdiques de Catalunya, señala “si un paciente hace una dieta pobre en fibra es posible que las heces sean tan escasas que cueste movilizarlas, mientras si una persona toma fibra pero no bebe agua hará unas heces muy voluminosas pero excesivamente secas, por lo que, nuevamente, conllevará mucha dificultad evacuarlas” (el Periódico, 2015, actualizada 2018), a ello se le asocia una de las propiedades funcionales de la fibra dietética como es la capacidad de retención de agua.

Es preciso mencionar lo citado por Andina (2019), “el 80% de casos de estreñimiento se debe a falta de fibra y líquidos”, recomendando el consumo de vegetales y frutas como cáscara o frutas secas. Es importante tratarlo ya que este mal provoca la acumulación de sustancias tóxicas en el organismo, lo cual es perjudicial para la salud.

4.4.2. EVALUACIÓN TECNOLÓGICA DE LAS COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO

a. Evaluación de la Textura Instrumental

La textura o mejor denominado parámetros texturales, pues engloba un conjunto de características físicas como la deformación, desintegración y flujo debido a la aplicación de una fuerza (Paula y Conti-Silva, 2014), es sin duda un atributo de gran relevancia en cuanto a calidad de productos horneados, principalmente si hablamos de galletas, siendo los parámetros texturales más significativos la dureza y fracturabilidad. La dureza mide el grado de frescura en productos amiláceos, a diferencia de la fracturabilidad que nos brinda información sobre su estructura interna y características composicionales (Castro et al., 2003; Granados et al., 2014).

Es importante mencionar los estudios realizados en galletas horneadas por Castro et al. (2003), Granito et al. (2010), Barrera et al. (2012) y Gani et al. (2014), manifestando que los parámetros texturales se ven afectados principalmente por factores como la gelatinización de los almidones, la reducción del contenido de humedad del producto durante el tratamiento térmico, la desnaturalización de las proteínas y la cristalización del azúcar con la temperatura del horneado. No obstante, el comportamiento de estos factores es vulnerado por la incorporación de mezclas de harinas sucedáneas como las harinas de soya y cascara de piña.

En la Tabla 42 se presenta la Dureza (N) y Fracturabilidad (N) para el control y las 11 formulaciones de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

Tabla 42: Dureza (N) y Fracturabilidad (N) de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

Formulaciones	% Harina de Soya	% Harina de Cáscara de Piña	Dureza (N)*	Fracturabilidad (N)*
F1	9.8	3.2	28.2482 ± 0.0347	8.5735 ± 0.5097
F2	18.2	3.2	8.1028 ± 0.1560	7.5291 ± 0.6553
F3	9.8	8.8	30.1360 ± 0.6102	7.8356 ± 0.0277
F4	18.2	8.8	31.2809 ± 0.2808	18.4194 ± 0.1422
F5	8	6	41.8550 ± 0,0485	21.3467 ± 0.6969
F6	20	6	21.8371 ± 0.1075	12.0009 ± 0.4611
F7	14	2	11.9470 ± 1.3279	9.2404 ± 0.4334
F8	14	10	19.5448 ± 0.0347	11.4297 ± 0.3467
F9	14	6	35.4806 ± 0.8183	27.0837 ± 0.4611
F10	14	6	37.9813 ± 0.0763	26.8385 ± 0.1144
F11	14	6	33.4801 ± 0.5062	27.8412 ± 0.6102
CONTROL	0	0	21.7439 ± 0.1352	11.9666 ± 0.4126

Nota * Media basada en dos repeticiones + SD.

- **Dureza (N)**

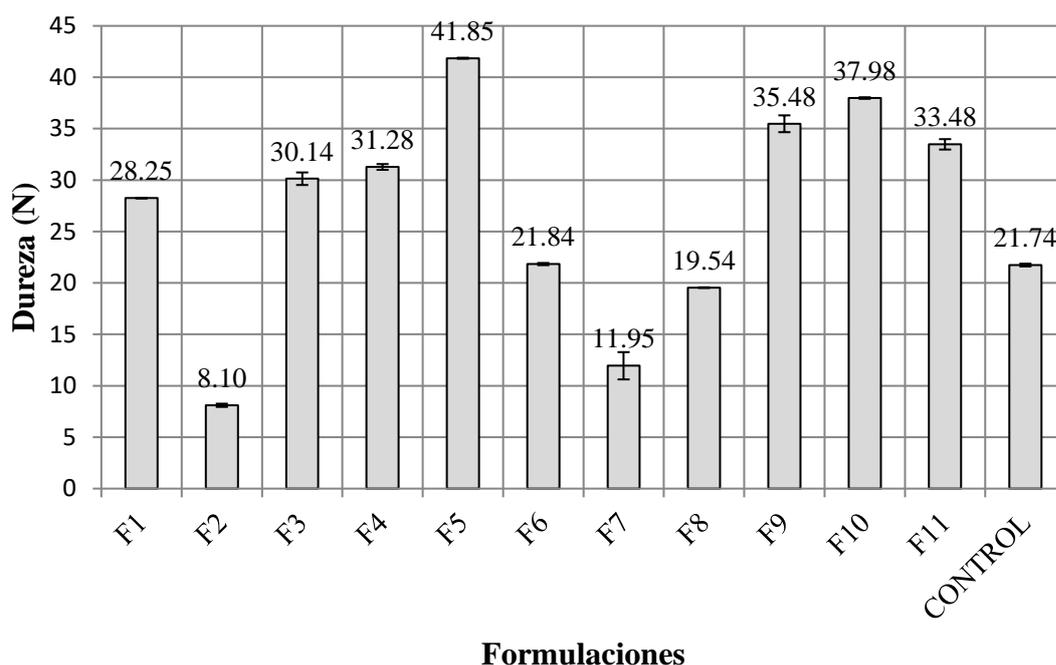


Figura 24: *Parámetro Textural Dureza de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.*

La Figura 24 muestra los valores promedios de Dureza (N) de las 11 formulaciones y galleta control.

Gráficamente podemos visualizar que en cuanto al parámetro textural Dureza en Newtons (N), la formulación F5 (8% H. Soya y 6% H. Cascara de Piña) fue la galleta más dura con 41.9 N, mientras que la galleta que alcanzo el menor valor de dureza, 8.1 N, fue la F 2 (18.2% H. Soya y 3.2% H. Cascara de Piña), por otro lado, la F6 (20% H. Soya y 6% H. Cascara de Piña) obtuvo 21.8 N un valor similar al control (21.7 N).

Cabe resaltar que también se evaluó la dureza de dos controles comerciales de las marcas Chips Costa y Trikis obteniendo $33.5659 \text{ N} \pm 0.6969$ y $19.6845 \text{ N} \pm 0.6484$ respectivamente.

Como se puede apreciar existe variación en cuanto a los valores de dureza para las formulaciones y controles, lo cual es debido en gran parte a los ingredientes que se emplean para la elaboración de las galletas principalmente de las harinas, grasa y azúcar. Tal como lo menciona Paucar, et al., (2012) un incremento en la dureza, firmeza y crocancia en

galletas es producida por la composición en macronutrientes (azúcares, grasas y proteínas) de las galletas, la cual se ve influenciada cuando se añaden las harinas de soya y cáscara de piña a la harina de trigo, ya que en el caso de la harina de soya presenta un contenido superior en proteínas ($37.3354 \pm 0.1007\%$) y la harina de cáscara de piña es rica en fibra dietética con $45.9778 \pm 0.1054\%$.

Mediante el diagrama de Pareto de Efectos estandarizados determinamos cuál de los factores (lineal, cuadrático o interacción) influyen significativamente en la respuesta.

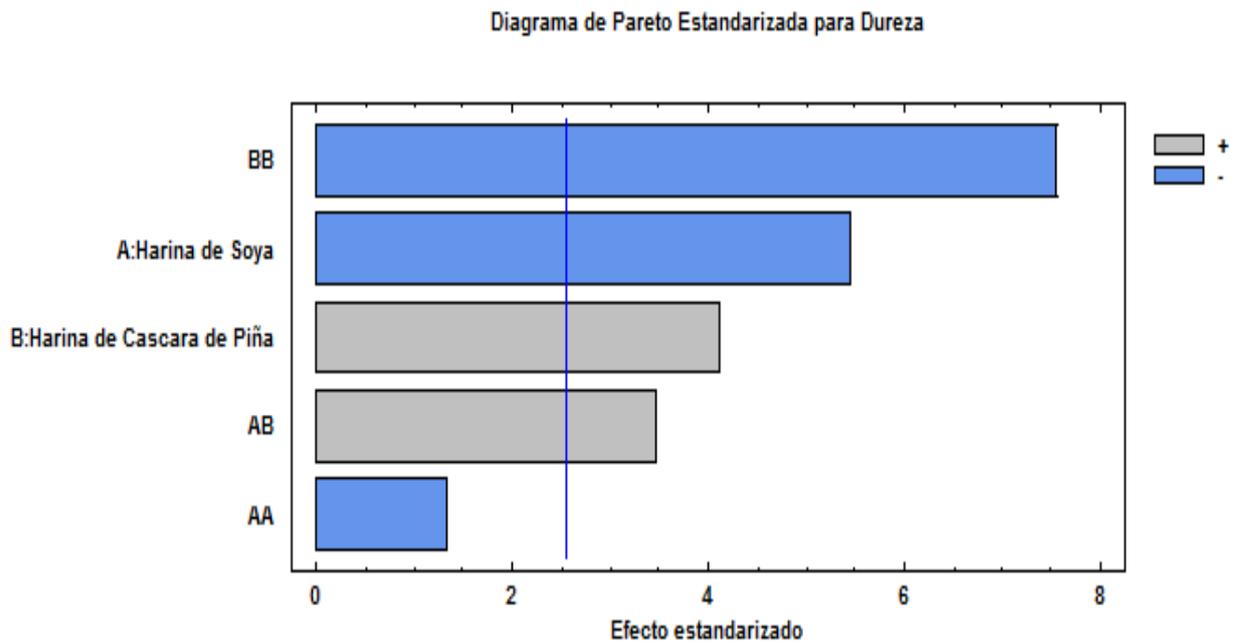


Figura 25: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes para el parámetro Textural Dureza de la Cookie con Chips de Cushuro.

Cabe señalar que los efectos de los factores A: Harina de Soya y B: Harina de cáscara de piña son ordenados en forma decreciente de significancia.

El diagrama de Pareto estandarizado muestra que la harina de soya en su forma lineal tiene un efecto significativo sobre la dureza de las galletas, ya que sobrepasa la línea de referencia a un nivel de significancia del 5%, asimismo el color azul de la barra significa que el efecto de la harina de

soya sobre la dureza es negativo, es decir que a mayor incorporación de harina de soya en la formulación la dureza de las galletas disminuye.

Incorporar harinas de leguminosas como la soya a formulaciones para galletas resulta factible pues incrementa notablemente los beneficios y propiedades funcionales, no obstante, es necesario evaluar cuál es el límite ideal de sustitución ya que cambian de forma significativa las características sensoriales, reológicas y tecnológicas, siendo la textura la característica más influenciada. Específicamente si nos referimos a la dureza de las galletas es producida por la interacción de las proteínas y el almidón por enlaces de hidrogeno, teniendo la harina de trigo proteínas con cierta funcionalidad a diferencia de otros tipos de proteínas de harinas sucedáneas, lo cual se evidencia en cambios en la textura (Gupta et al., 2011).

Por otro lado, el factor B: harina de cáscara de piña en su forma lineal tiene un efecto positivo sobre la respuesta, lo que significa que incrementa la dureza de las cookies cuando su incorporación es mayor. A diferencia de ello el comportamiento de la forma cuadrática del factor B presenta un efecto negativo haciendo que la dureza disminuya en la galleta. Estas relaciones pueden resultar ilógicas, confusas y pueden ser el producto de haber incurrido en error experimental, a pesar de ello es necesario mencionar que el comportamiento cambiante de la harina de cáscara de piña sobre la dureza de las galletas es influenciada a la vez por su alto contenido en fibra dietética, teniendo una compleja composición, principalmente por la celulosa y lignina, y con ello en sus propiedades funcionales capacidad de retención de Agua (CRA) y capacidad de retención de Aceite (CRAc). La influencia de los factores antes mencionados será explicada teóricamente más adelante. En cuanto a la interacción de harinas de soya y cáscara de piña también presenta un efecto significativo positivo en la dureza de las galletas.

- **Análisis de Varianza para el parámetro Textural Dureza de las Cookies con Chips de Cushuro fortificadas con Harinas de Soya y Cáscara de Piña**

La tabla ANOVA permite evaluar la significancia estadística de las variables independientes (harinas de soya y cáscara de piña) sobre la variable respuesta (Dureza instrumental).

Tabla 43: Análisis de varianza para el parámetro Textural Dureza de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P*</i>
A:Harina de Soya	279.78	1	279.78	29.47	0.0029
B:Harina de Cascara de Piña	160.301	1	160.301	16.88	0.0093
AA	17.0804	1	17.0804	1.80	0.2375
AB	113.319	1	113.319	11.93	0.0181
BB	541.151	1	541.151	56.99	0.0006
Error total	47.4753	5	9.49505		
Total (corr.)	1150.06	10			

Nota. Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El análisis de varianza determina que 4 efectos (A, B, AB y BB) son estadísticamente significativos puesto que son menores que el valor-P (0.05), con lo cual se rechaza la hipótesis nula, afirmando así que si existe una relación entre la dureza y las harinas de soya y cáscara de piña.

Asimismo, la calidad de ajuste del modelo con los datos es proporcionado por los estadísticos Coeficiente de determinación R^2 y Coeficiente de determinación ajustado R^2_{Aj} , obteniéndose 95.8719% y 91.7439% respectivamente, indicándonos que la calidad de ajuste es satisfactoria ya que son superiores al 70%.

- **Efecto de las harinas de Soya y Cáscara de piña en el parámetro Textural Dureza de las Cookies con chips de Cushuro.**

La grafica de efectos principales permite visualizar el comportamiento de las harinas de soya y cáscara de piña en su nivel bajo (-1) y alto (+1) con respecto a la dureza Instrumental.

Gráfica de Efectos Principales para Dureza

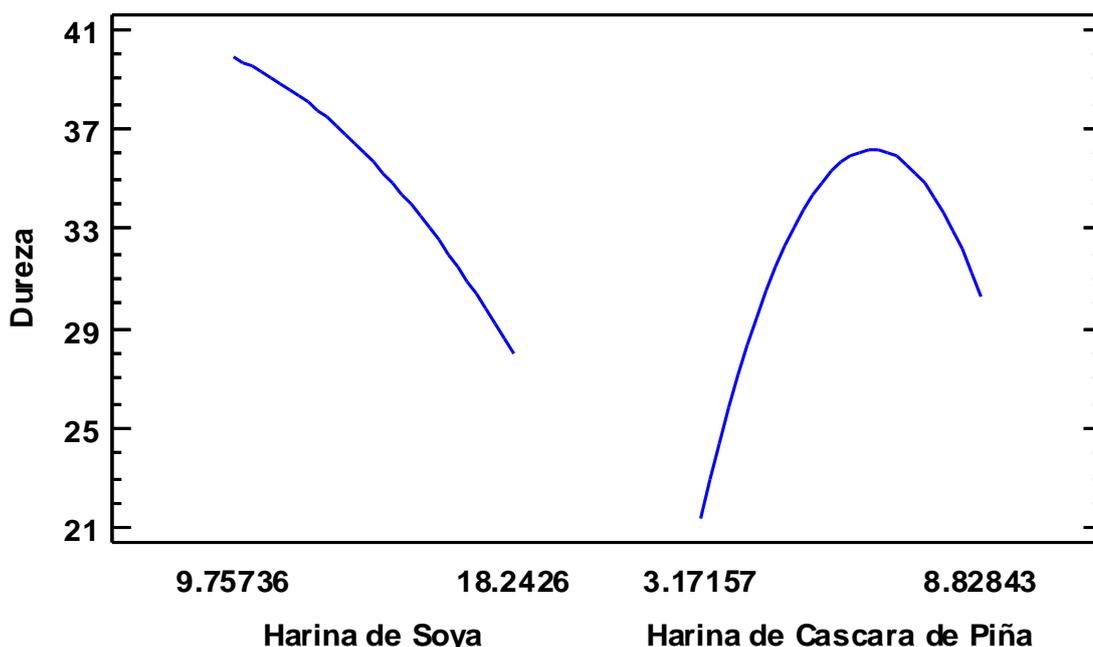


Figura 26: *Grafica de Efectos Principales para el parámetro Textural Dureza de Cookies con chips de cushuro.*

El comportamiento de la harina de soya frente a la dureza de las galletas es inversamente proporcional al cambiar de su nivel bajo (9.8%) a su nivel alto (18.2%), esta disminución en la dureza instrumental puede ser debido a la considerable cantidad de aceite que presenta la harina de soya ($23.2269\% \pm 0.1928$), puesto que la influencia de la grasa sobre el parámetro textural dureza resulta ser inversa, ya que una menor cantidad en grasa origina mayores valores de fuerza, de resistencia a la rotura de penetración y por ende galletas más duras (Tarancón, 2013).

Mientras que la harina de cáscara de piña presenta una tendencia positiva hasta alcanzar un máximo de dureza próximo a los 37 N con una incorporación cercana de 6% de harina de cáscara de piña, para luego descender en su nivel alto (8.8%) a un valor cercano de 30N de dureza.

Como ya se mencionó anteriormente este comportamiento variante que presenta la harina de cáscara de piña frente a la dureza de las galletas es originado por su importante contenido en fibra dietética debido a su composición química y a sus propiedades tecnológicas funcionales.

Muñoz y Cabrera (2006), señala que la harina de cascara de piña posee buenas propiedades de absorción de agua (superior al 300%), lo cual puede resultar beneficioso en la textura de productos horneados.

Otra propiedad de la fibra dietética que podría favorecer la textura en galletas, es la capacidad de retención de aceite (CRAc). Esta propiedad presenta valores superiores en las fibras insolubles a comparación de las solubles, gracias a su composición química (principalmente lignina), tamaño y área superficial de partícula de fibra (Villaruel, Acevedo, Yáñez, Bioley, 2003). Un estudio realizado por Prakongpan (2002), señala que la fibra dietética extraída del corazón de la piña presentó valores superiores de CRAc a diferencia de la celulosa de piña, indistintamente del tamaño de partícula. Ello podría deberse a que la fibra de la cascara de piña presentara niveles inferiores de lignina que la fibra extraída de los corazones.

Por otro lado, resulta importante indicar que la fibra dietética presente en la harina de cáscara de piña puede competir con el gluten por el agua disponible, gracias a su buena capacidad de retención de agua (CRA), originando una galleta seca, planas y quebradizas (Mayorga, 2013).

A la vez el contenido en lignina y celulosa presente en la fibra insoluble de la harina de cáscara de piña interfiere también en la dureza de las cookies ocasionando galletas más duras, esta idea es respaldada por Gonzales (2007), indicando que las harinas elaboradas a partir de cáscaras al ser ricas en fibras insolubles, principalmente en celulosa y

lignina, producen el reforzamiento de la estructura desarrollada por los almidones lo cual origina el aumento de la firmeza en las galletas.

Con respecto a la gráfica de Interacción para dureza, si existe una interacción significativa entre ambas harinas ya que las líneas se cruzan entre sí. Además, se aprecia una disminución notoria en la dureza de las cookies cuando la harina de cáscara de piña se encuentra en su nivel bajo (3.2%) y conforme el % de harina de soya va aumentando. Mientras que cuando la harina de cáscara de piña se encuentra en su nivel alto (8.8%) no se visualiza una variación en la dureza significativo al incrementar el % de harina de soya.

Gráfica de Interacción para Dureza

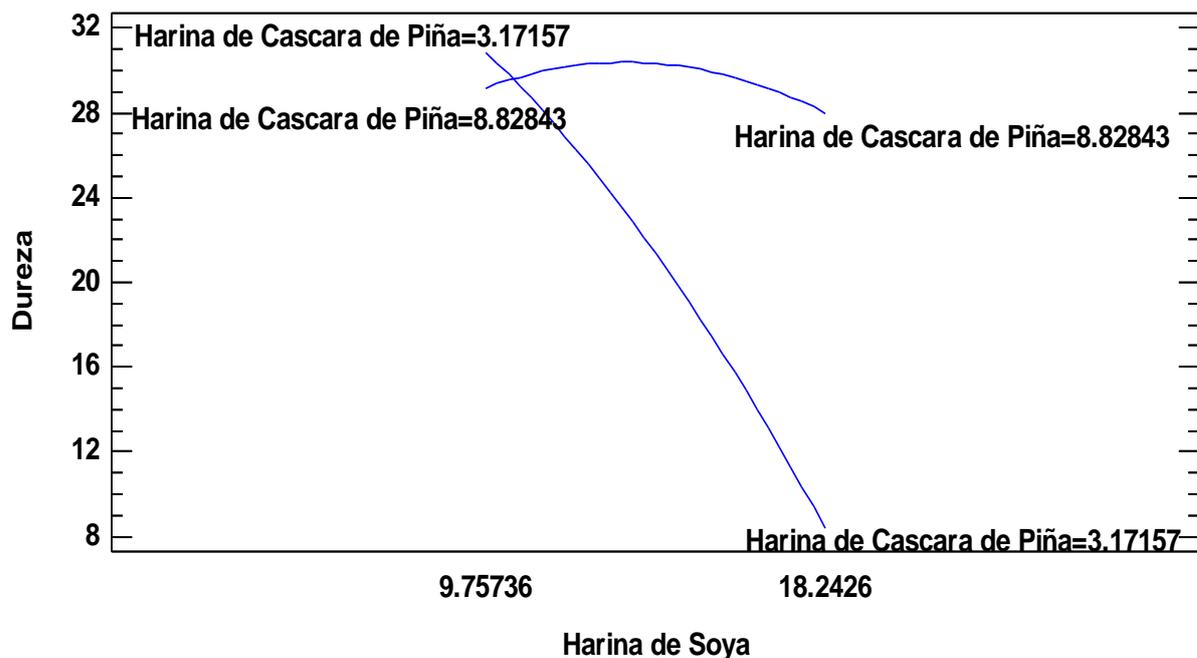


Figura 27: *Grafica de Interacción para el parámetro Textural Dureza de Cookies con chips de cushuro.*

Cabe señalar que al sustituir parcialmente la harina de trigo por las harinas de soya y cáscara de piña, se disminuye a la vez el contenido en gluten y almidones característicos de la harina de trigo, lo cual trae como consecuencia cambios en la textura de las galletas, ello es corroborado por Herrera, et al., (2009, citado por Contreras, (2015)) en donde señala que un incremento en el grosor de la corteza de las galletas interviene en la dureza ocasionando su incremento, este comportamiento es causado por las proteínas diferentes del gluten y almidones de las harinas incorporadas que originan un menor desarrollo del gluten por la dificultad del acceso del agua a la harina de trigo.

- Análisis de Regresión del parámetro Textural Dureza de las Cookies con chips de Cushuro

Los coeficientes de regresión (lineal, cuadrático e interacción) para determinar la ecuación que predice la dureza instrumental de las cookies con chips de cushuro se muestran en la Tabla 44.

Tabla 44: *Coefficientes de Regresión para el parámetro Textural Dureza de las Cookies con chips de Cushuro.*

Coeficiente	Estimado
Constante	19.9351
A:Harina de Soya	-1.34983
B:Harina de Cascara de Piña	10.0568
AA	-0.0966199
AB	0.443549
BB	-1.22365

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Dureza} = 19.9351 - 1.34983*A + 10.0568*B - 0.0966199*A^2 + 0.443549*A*B - 1.22365*B^2$$

No cabe duda que la metodología de superficie respuesta y el diseño central compuesto rotacional permiten obtener la ecuación de regresión la cual junto con una calidad de ajuste satisfactorio ($R^2=95.8719\%$ y $R^2_{Aj} = 91.7439\%$) facilitan la interpretación del

comportamiento de la dureza instrumental de las galletas con respecto a la incorporación de las harinas de soya y cáscara de piña mediante la representación gráfica de la superficie de Respuesta y la de contorno.

En la gráfica de superficie de respuesta la altura es representada por los valores predichos de la dureza instrumental sobre el espacio de los porcentajes (%) de las harinas de soya y cáscara de piña, el color azul representa el menor valor de dureza en las galletas mientras que el color rojo el valor más alto.

La gráfica de contornos muestra una serie de curvas paralelas que representan las coordenadas de los niveles de los factores (harinas de soya y cáscara de piña) que producen los mismos valores de dureza (Kuehl, 2000), gracias a ello, permite determinar cuáles son los % de harinas de soya y cáscara de piña que producen una galleta con mayor o menor dureza, obteniendo así una dureza máxima cuando la harina de soya se encuentra entre 8 – 12%, y la harina de cáscara de piña entre 4 – 7%, asimismo se observa que existe una parte máxima que se encuentra fuera de la región experimental.

Es importante mencionar que tanto en la gráfica de superficie de respuesta como en la gráfica de contornos se obtienen valores negativos cuando la harina de soya se encuentra en el punto axial positivo $+\alpha$ (20%) y la harina de cáscara de piña está en el punto axial negativo $-\alpha$ (2%), este valor es obtenido al sustituir dichos % en la ecuación de regresión del modelo ajustado arrojando nuevos valores ajustados para el parámetro textural Dureza.

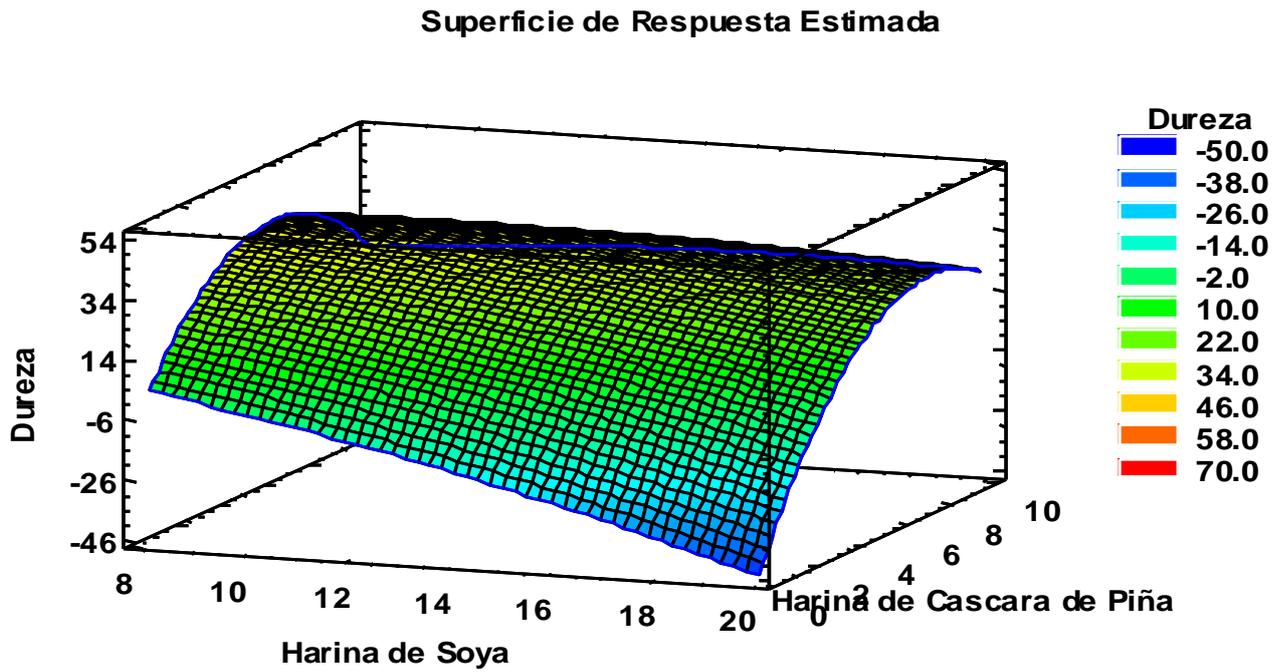


Figura 28: *Gráfico de Superficie de Respuesta para el parámetro textural de Dureza de las Cookies con chips de Cushuro.*

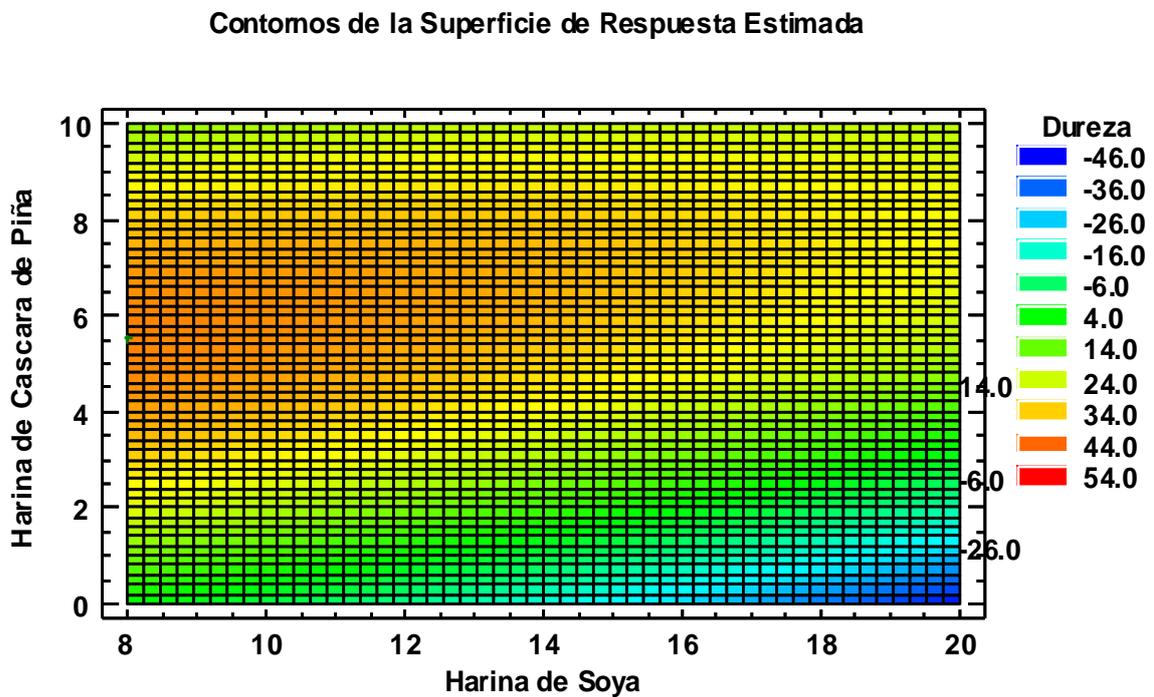


Figura 29: *Gráfico de Contornos para el parámetro textural de Dureza de las Cookies con chips de Cushuro.*

Si bien es cierto, los nuevos valores ajustados para la dureza instrumental difieren de los valores observados experimentalmente, es a causa del error experimental a consecuencia de factores como el contenido de humedad que es un factor de gran relevancia cuando nos referimos a la textura en galletas.

De Simas et al. (2009), encontró una relación inversamente proporcional entre la humedad y la dureza en galletas horneadas, es decir las galletas con mayor contenido de humedad requieren de una menor fuerza, mientras que las menos húmedas fueron más duras.

Otro factor de gran interés a la hora de explicar la variabilidad en cuanto a los valores de dureza en las galletas es el espesor, ya que las galletas tipo cookie no incluyen la etapa de laminado se originan galletas con diferentes espesores e irregularidades en la superficie lo cual influyen en los valores de dureza obtenido.

En concordancia a lo mencionado; Torres, Torres, Acevedo y Gallo (2015), encontraron fluctuaciones en las gráficas de los resultados de textura en galletas con un espesor de 4 mm, debido a las superficies irregulares (diámetro entre 4 y 6 cm), así como al contenido de aire al interior de las galletas, lo cual ofreció una resistencia parcial a las fuerzas ejercidas por el equipo. Asimismo, se encontró que el espesor en las galletas de limón horneadas afectó significativamente en los parámetros de textura.

- **Optimización en el parámetro Textural Dureza de las Cookies con chips de Cushuro.**

En cuanto al parámetro textural dureza se busca como meta fijar un valor teniendo en consideración a tres controles.

Tabla 45: *Niveles óptimos de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña para los tres controles de galletas.*

Galleta	Mantener Dureza (N)	Factor	Óptimo
		Harina de Soya	16.50 %
Control 1	21.74	Harina de Cascara de Piña	4.06 %
		Harina de Soya	14.70 %
Control 2	33.57	Harina de Cascara de Piña	5.56 %
		Harina de Soya	16.69 %
Control 3	19.68	Harina de Cascara de Piña	3.86 %

Nota. Control 1: Galleta con 100% harina de trigo; Control 2: Galleta comercial marca chips de Costa; Control 3: Galleta comercial marca Trikis.

Como se visualiza para obtener los niveles óptimos de las harinas de soya y cáscara de piña que permiten mantener el valor de dureza instrumental en la galleta, para los tres controles se necesita incorporar a la formulación un porcentaje de harina de soya superior al valor medio (14%), mientras que para la harina de cáscara de piña se requiere un % inferior al valor medio (6%).

De igual forma se aprecia una similitud en los niveles óptimos de las harinas para la galleta control 1 y control 3.

Una tesis realizada por Sandoval (2020) evaluó la textura en galletas dulces elaboradas con harinas de trigo, soya y hojas de moringa, encontrando similitud con la galleta patrón cuando los niveles de incorporación de las harinas de soya y moringa son de 10 al 15% y de

3 a 6% respectivamente, obteniendo así una galleta con una textura firme y crocante.

Diversas investigaciones aseveran la influencia de las harinas empleadas en la elaboración de galletas con respecto a la dureza, una de ella es la investigación llevada a cabo por Mancebo et al. (2015), quien determinó que las galletas tipo snack elaboradas con harina de trigo presentaron valores superiores significativos de dureza a comparación de las galletas elaboradas con harina de maíz libre de gluten.

Asimismo, Murillo (2018) evaluó la dureza de galletas dulces elaboradas con harina de cáscara del fruto de cacao encontrando una correlación directa entre la cantidad de harina incorporada y la fuerza máxima a la que es sometida la galleta, en otras palabras, a mayor sustitución mayor dureza.

Del mismo modo Fort (2019) desarrollo una investigación sobre la potencialidad de la fibra de Caqui como ingrediente funcional en masas de galletas, en este estudio evaluó la dureza hallando una relación directa con respecto al contenido de fibra, mientras una relación inversa con el contenido de agua. A la vez Laguna et al., (2013) encontró que la fuerza demandada era máxima cuando el nivel de fibra en la formulación era mayor.

- Fracturabilidad (N)

El parámetro textural Fracturabilidad expresado en unidades de fuerza – Newton, hace referencia a la primera caída significativa de la curva durante el primer ciclo de compresión originado por un alto grado de dureza y bajo grado de cohesividad, dicho en otras palabras, se da cuando el alimento se quiebra o desmorona (Bourne, citado por Salvatierra y Azorza, 2017).

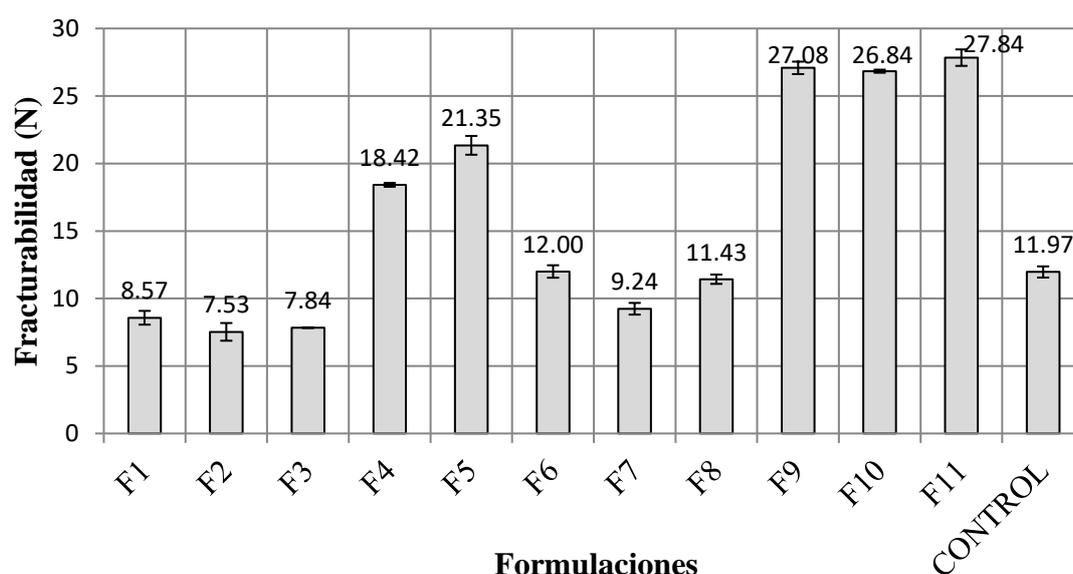


Figura 30: *Parámetro Textural Fracturabilidad de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.*

La Figura 30 muestra los valores promedios de Fracturabilidad (N) de las 11 formulaciones y galleta control.

Gráficamente se visualiza que en cuanto al parámetro textural Fracturabilidad en Newtons (N), las formulaciones de los puntos centrales F9, F10 y F11 con 14% H. Soya y 6% H. Cascara de Piña, alcanzaron valores similares y más altos de fracturabilidad 27.1 N, 26.8 N y 27.8 N respectivamente, a diferencia de la F2 (18.2% H. Soya y 3.2% H. Cascara de Piña) y F3 (9.8% H. Soya y 8.8% H. Cascara de Piña) que obtuvieron los valores más bajos con 7.5 N y 7.8 N respectivamente. Asimismo, la F6 (20% H. Soya y 6% H. Cascara de Piña) y control obtuvieron 12 N de fracturabilidad.

Se evaluó también la fracturabilidad de dos marcas comerciales, consiguiendo $7.2472 \text{ N} \pm 0.0763$ para la galleta Chips Costa y $2.8513 \text{ N} \pm 0.0173$ para la galleta Trikis.

Con la ayuda del diagrama de Pareto de efectos estandarizados se determina que factores (lineal, cuadrático o interacción) de las harinas de soya y cáscara de piña tienen influencia significativa en la fracturabilidad de las galletas, para ello son ordenados de forma decreciente de significancia y a la vez deben pasar la línea de referencia a un nivel de significancia del 5%.

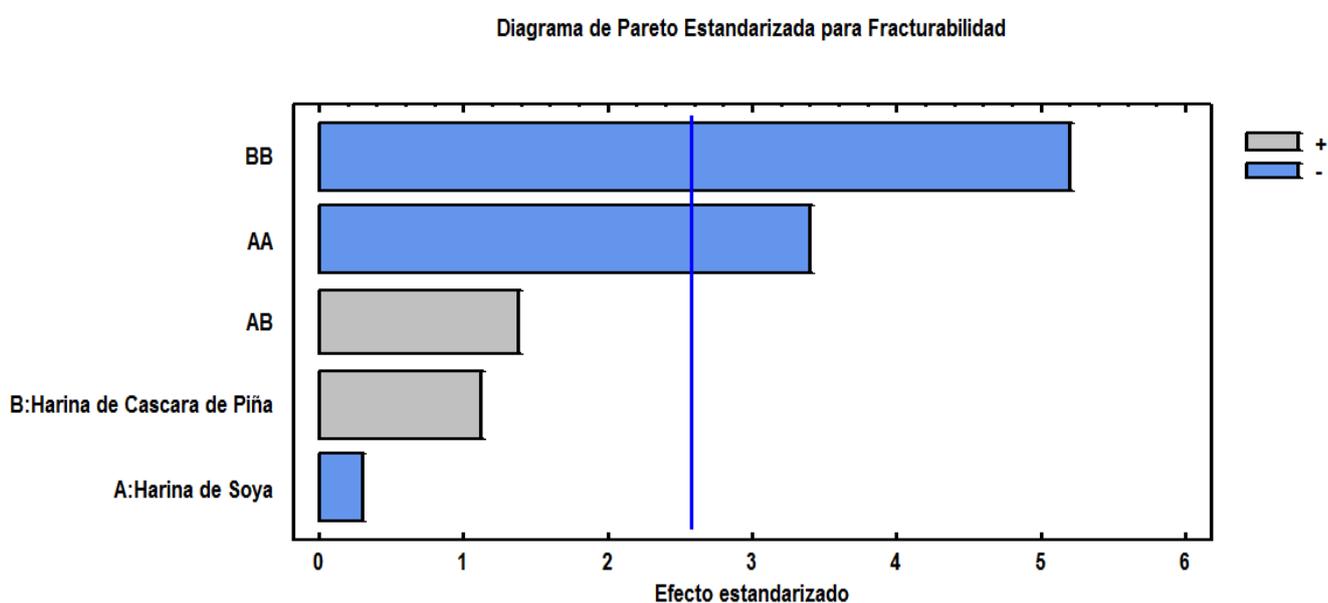


Figura 31: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes para el parámetro Textural Fracturabilidad de la Cookie con Chips de Cushuro.

El diagrama de Pareto estandarizado muestra que el factor B: harina de cáscara de piña y A: harina de soya en su forma cuadrática BB y AA tienen efectos negativos significativos sobre la fracturabilidad de las galletas, ya que superan la línea de referencia a un nivel de significancia del 5%. Asimismo, al ser significativos los efectos cuadráticos nos indica que la incorporación de ambas harinas a la formulación de las galletas genera un comportamiento de una curva con un pico máximo de fracturabilidad como se puede apreciar más adelante en la gráfica de efectos principales.

Dicho comportamiento se debe a que las galletas por su alto contenido en carbohidratos, composición heterogénea y estructura poco uniforme, hace que la determinación de parámetros texturales como la fracturabilidad sea difícil (Rodríguez et al., 2005). Además, por la interacción de las proteínas y el almidón por enlaces de hidrogeno, las galletas no fluyen frente a esfuerzos de presión, resultando frágiles y quebradizas (Romero et al., 2014).

- Análisis de Varianza para el parámetro Textural Fracturabilidad de las Cookies con Chips de Cushuro fortificadas con Harinas de Soya y Cáscara de Piña

En la tabla ANOVA se evidencia que efectos (A, B, AA, BB y AB) de las variables independientes A: Harina de Soya y B: Harina de cáscara de piña son estadísticamente significativos en cuanto al parámetro textural Fracturabilidad (N).

Con ello se obtiene que 2 efectos (AA y BB) son estadísticamente significativos ya que son menores que el valor-P (0.05), con lo cual se rechaza la hipótesis nula, afirmando así que si existe una relación entre las harinas de soya y cáscara de piña con respecto a la fracturabilidad de las cookies.

Tabla 46: Análisis de varianza para el parámetro Textural Fracturabilidad de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P*</i>
A:Harina de Soya	1.69037	1	1.69037	0.10	0.7698
B:Harina de Cascara de Piña	21.9403	1	21.9403	1.24	0.3162
AA	204.59	1	204.59	11.56	0.0193
AB	33.8037	1	33.8037	1.91	0.2255
BB	476.771	1	476.771	26.94	0.0035
Error total	88.4957	5	17.6991		
Total (corr.)	690.699	10			

Nota. *Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05)

Del mismo modo se obtuvo un Coeficiente de determinación (R^2) igual a 87.1875% y un Coeficiente de determinación ajustado (R^2_{Aj}) de 74.375%, al ser estos valores superiores al 70% como lo menciona Gutiérrez y De la Vara (2012), la calidad de ajusta es satisfactoria. Por consiguiente, se puede decir que el modelo cuadrático explica el 87.1875% de la variación observada en el parámetro textural fracturabilidad.

No obstante, existe un porcentaje aproximado de 13% que el modelo cuadrático no respalda, dicha variación puede deberse a la complejidad estructural del cushuro y cómo se comporta al momento de realizar la fracturabilidad instrumental de la galleta.

El comportamiento de los parámetros texturales, dureza y fracturabilidad, de las cookies es afectado también por la presencia de los chips de cushuro, puesto que al ser un hidrocoloide originan diversas texturas en los alimentos donde son incorporados (Hui et al., 2008). Ello es debido a la propiedad de viscoelasticidad que caracterizan a los hidrocoloides, combinando propiedades viscosas y elásticas (Gomis, 2012). Este comportamiento es relevante a la hora de medir la dureza y fracturabilidad de las galletas ya que por la viscoelasticidad que presenta el cushuro ofrece resistencia a la fuerza ejercida por el equipo, es decir presentan un efecto de mayor cohesividad o unión de los materiales en las galletas, arrojando valores altos y cambiantes de dureza y fracturabilidad, ello genera incertidumbre y error experimental en los valores obtenidos para los parámetros texturales.

- **Efecto de las harinas de Soya y Cáscara de piña en el parámetro Textural Fracturabilidad de las Cookies con chips de Cushuro**

En la gráfica de efectos principales se aprecia el comportamiento individual de las harinas de soya y cáscara de piña con respecto al parámetro textural Fracturabilidad (N) cuando cambian de un nivel bajo (-1) a un nivel alto (+1).

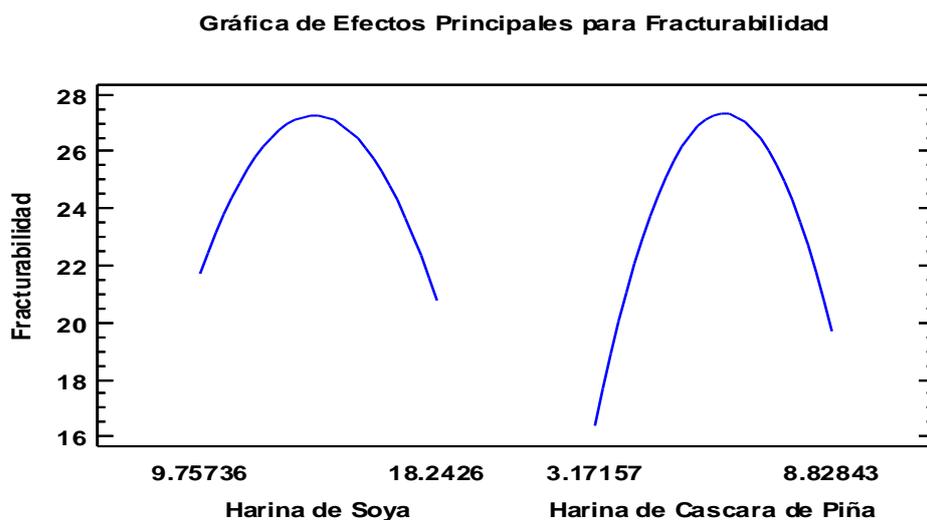


Figura 32: *Gráfica de Efectos Principales para el parámetro Textural Fracturabilidad de Cookies con chips de cushuro.*

El comportamiento de ambas harinas de soya y cáscara de piña describe una parábola con un punto máximo de fracturabilidad alrededor de 27 N cuando la galleta tiene 14% de harina de soya y 6% de harina de cáscara de piña.

Es preciso mencionar que a pesar que la fibra dietética ocasiona un incremento en la fuerza de ruptura esta también puede disminuir debido a que las harinas ricas en fibra dietética y con alta capacidad de retención de agua compiten por el agua de la mezcla disminuyendo así el acceso del agua por las proteínas del trigo reduciendo el desarrollo de la red gluten (González, 2007).

Por otro lado, la harina de soya al poseer una buena cantidad de aceite en su composición ($23.2269\% \pm 0.1928$) puede producir galletas con valores de fracturabilidad más elevados ello debido a un efecto de mayor cohesividad o unión de materiales en las galletas (Wieser 2007, citado por Salvatierra y Azorza, 2017).

No obstante, en productos como las galletas existen muchos factores que influyen en su textura, la humedad juega un rol muy relevante en cuanto a fracturabilidad nos referimos, ya que galletas con baja humedad son más quebradizas, mientras que a medida que la humedad se incrementa la fracturabilidad de la galleta aumenta, ello debido a una

mayor elasticidad y deformabilidad (Cauvani, 2002, citado por Mollo, 2021).

En cuanto a la gráfica de interacción para la fracturabilidad instrumental de las cookies con chips de cushuro se aprecia un comportamiento parabólico en ambas curvas, cuando la harina de soya cambia de un nivel bajo (9.8%) a un nivel alto (18.2%) y la harina de cáscara de piña se mantiene en su nivel bajo (3.2%) se alcanza punto máximo superior a 16 N, mientras que cuando la harina de soya cambia de un nivel bajo (9.8%) a un nivel alto (18.2%) y la harina de cáscara de piña se mantiene en su nivel alto (8.8%) se obtiene un valor cercano a 21 N, lo cual indica que la incorporación de harina de cáscara de piña a la formulación incrementa la fracturabilidad de las galletas.

Asimismo, se visualiza que las curvas se cruzan cuando la harina de soya se encuentra en rango cercano a su nivel bajo para obtener así un valor de alrededor de 16 N.

Gráfica de Interacción para Fracturabilidad

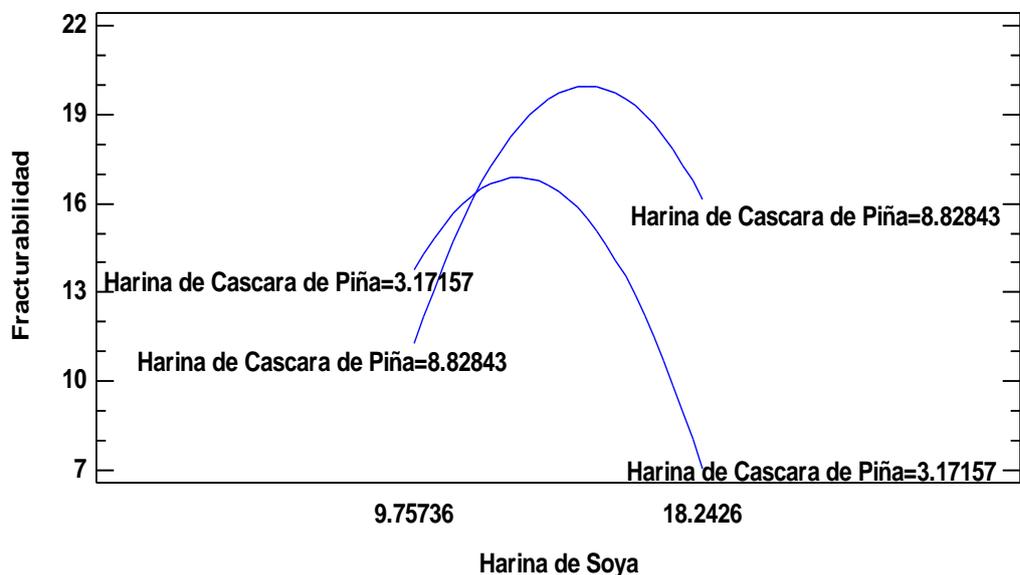


Figura 33: *Gráfica de Interacción para el parámetro Textural Fracturabilidad de Cookies con chips de cushuro.*

Cabe señalar que las etapas de cremado, horneado y enfriamiento en la elaboración de galletas influyen significativamente en la textura del producto final, debido a una serie de cambios que sufren los ingredientes, en el caso de los azúcares y proteínas presentes en la harina se coagulan, mientras que el almidón crece, así mismo durante el horneado se forma la corteza de la galleta por la transferencia de calor. Para que la galleta tenga una firmeza adecuada es importante tener un control de la temperatura final en el centro de la galleta teniendo las etapas de cremado y horneado un papel relevante en ello (Cauvani, 2002, citado por Mollo, 2021).

A la vez Gao et al., (2015) manifiesta lo importante que es el mezclado de ingredientes (grasa vegetal y azúcar) en la etapa de cremado, así como la calidad proteica de las harinas empleadas ya que repercute en el volumen, resistencia y humedad de las galletas.

- Análisis de Regresión del parámetro Textural Fracturabilidad de las Cookies con chips de Cushuro

La Tabla 47 muestra los coeficientes de regresión (lineal, cuadrático e interacción) que conforman la ecuación del modelo ajustado que predice la fracturabilidad (N) de las cookies con chips de cushuro.

Tabla 47: *Coefficientes de Regresión para el parámetro Textural Fracturabilidad de las Cookies con chips de Cushuro.*

<i>Coefficiente</i>	<i>Estimado</i>
constante	-61.2817
A:Harina de Soya	7.80117
B:Harina de Cascara de Piña	10.9767
AA	-0.334395
AB	0.242255
BB	-1.14856

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Fracturabilidad} = -61.2817 + 7.80117*A + 10.9767*B - 0.334395*A^2 + 0.242255*A*B - 1.14856*B^2$$

Obtener la ecuación del modelo ajustado resulta de gran ayuda a la hora de interpretar la fracturabilidad de las galletas puesto que permite visualizar el comportamiento de las harinas de soya y cáscara de piña con respecto a la fracturabilidad de las galletas mediante la gráfica de superficie de respuesta y grafica de contornos, lo cual es avalado a la vez por una buena calidad de ajuste ($R^2 = 87.1875\%$ y $R^2_{Aj} = 74.375\%$).

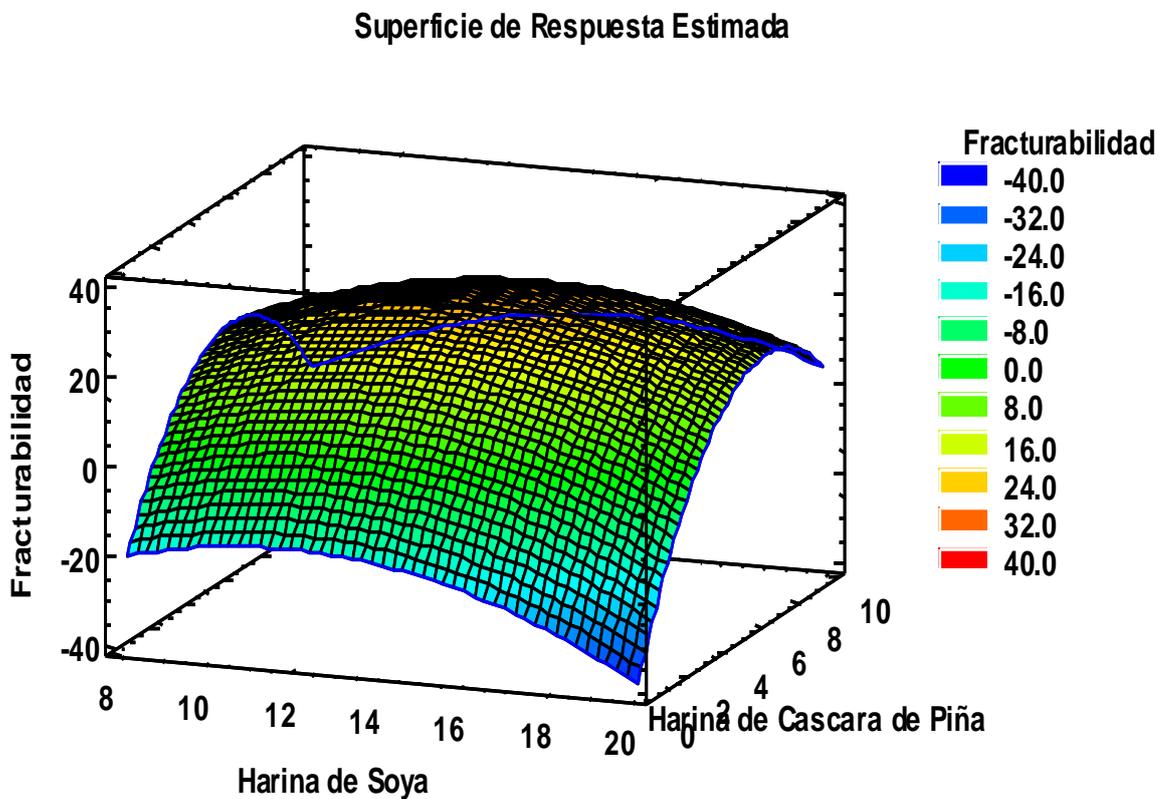


Figura 34: Gráfico de Superficie de Respuesta para el parámetro textural de Fracturabilidad de las Cookies con chips de Cushuro.

La gráfica de superficie de respuesta evidencia una superficie curva con una cima de color rojo que significa un punto máximo de fracturabilidad, lo cual se visualiza mejor en la gráfica de contornos, en donde se obtiene un punto máximo de 40 N cuando la harina de soya se encuentra entre 12 – 16%, y la harina de cáscara de piña entre 5 – 8%.

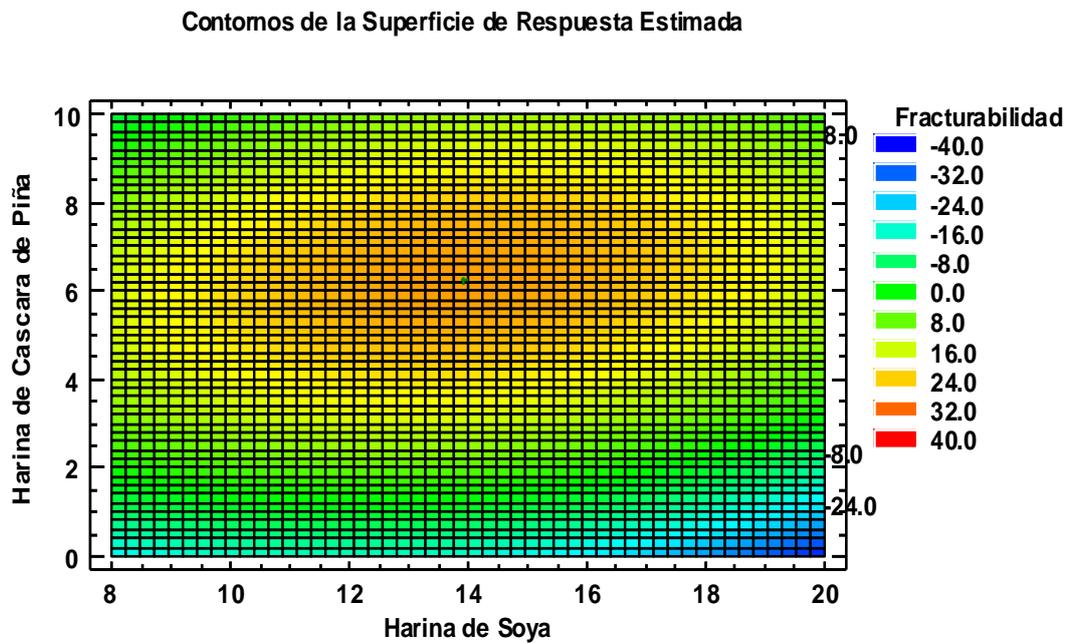


Figura 35: *Gráfico de Contornos para el parámetro textural de Fracturabilidad de las Cookies con chips de Cushuro.*

Asimismo, se visualiza en las gráficas de superficie de respuesta y de contornos valores negativos representados por tonalidades azules y celestes, los cuales son resultados de la variabilidad en la fracturabilidad que no es explicada por el modelo cuadrático ajustado.

La variabilidad y error en los valores de fracturabilidad obtenidos puede deberse también por la presencia de bolsas de aire internas en las galletas, a ello se le suma el hecho de no aplicar una fuerza apropiada y sobre la parte central de las muestras (Castro et al. (2003); Ranasalva y Visvanathan (2014); y Park et al. (2015)).

De igual manera, Yılmaz y Öğütçü (2015), manifiestan que el error en los datos experimentales se debe a las fuerzas opuestas del aire interno

en las galletas afectan de forma significativa la pendiente de la curva en su parte ascendente.

Por otro lado, un factor que también influye en la variabilidad de la fracturabilidad, así como de la dureza de las galletas es el espesor, puesto que en el tipo cookie no se tiene un control en el espesor, obteniendo galletas con espesores variables. Esta idea es respaldada por Crisologo (2019) señalando que el espesor de las galletas afecta significativamente la resistencia a las cargas y fuerzas externas, y por ende la fracturabilidad.

- Optimización en el parámetro Textural Fracturabilidad de las Cookies con chips de Cushuro

La meta a conseguir para el parámetro textural fracturabilidad es fijar un valor teniendo en consideración a tres controles, una galleta elaborada con 100% harina de trigo (Control 1), dos galletas comerciales de la marca Chips de Costa (Control 2) y Trikis (Control 3).

Tabla 48: Niveles óptimos de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña para los tres controles de galletas.

<i>Galleta</i>	<i>Mantener Dureza (N)</i>	<i>Factor</i>	<i>Óptimo</i>
Control 1	11.97	Harina de Soya	17.26 %
		Harina de Cascara de Piña	3.39 %
Control 2	7.25	Harina de Soya	17.89%
		Harina de Cascara de Piña	3.05%
Control 3	2.85	Harina de Soya	18.30 %
		Harina de Cascara de Piña	2.71 %

Los valores de las harinas de soya y cáscara de piña que se requieren para alcanzar la meta en los tres controles es incorporando a la formulación un porcentaje cercano al nivel alto (18.2%) de la harina de soya mientras que para la harina de cáscara de piña se necesita un valor cercano e inferior al nivel bajo (3.2%).

Resulta preciso mencionar que para alcanzar una fracturabilidad similar a las galletas controles se requiere sustituir a la harina de trigo con un mayor porcentaje de harina de soya a comparación de la harina de cáscara de piña ya que su requerimiento es menor, lo cual significa que un incremento en esta harina hace que la fracturabilidad de la galleta aumente.

González (2007), desarrolló galletas con incorporación del 10, 20, 30 y 40% de harina de bagazo de naranja hallando una relación directa entre la sustitución de harina de trigo por harina rica en fibra dietética con respecto a la fuerza de fractura, generando una pendiente más pronunciada cuando el nivel de sustitución es de 30 y 40%, este incremento en los valores de fracturación se explica debido a que las harinas ricas en fibra dietética como la harina de bagazo de naranja y en nuestro caso harina de cáscara de piña provocan que la estructura que desarrollan los almidones se vea reforzada requiriéndose a consecuencia una mayor fuerza para fracturar la galleta.

Es importante mencionar el estudio realizado por Crisologo (2019) en donde elaboró galletas a base de harinas de trigo y kiwicha, obteniendo mayores valores en el parámetro textural Fracturabilidad en el T2 (15% Harina de kiwicha y 85% harina de trigo) a comparación de los T0 y T1 (10% Harina de kiwicha y 85% harina de trigo), con lo cual indica que la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas sucedáneas si influyen significativamente en la fracturabilidad de las galletas.

Según Zavala (2016) encontró una relación directa entre la incorporación de harina de algarrobo con respecto a la fracturabilidad, elasticidad y dureza de la galleta.

b. Evaluación del Color Instrumental

Tabla 49: Color instrumental de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

Formulaciones	% Harina de Soya	% Harina de Cáscara de Piña	Luminosidad* L	Cromaticidad* C	Ángulo de tonalidad* h
F1	9.8	3.2	45.8333 ± 0.3506	44.9371 ± 0.1918	73.0955 ± 0.4438
F2	18.2	3.2	41.2001 ± 0.3568	44.5752 ± 0.1152	73.0258 ± 0.3737
F3	9.8	8.8	41.1333 ± 0.4386	42.2902 ± 0.4101	70.6582 ± 0.3722
F4	18.2	8.8	39.0333 ± 0.3512	41.9244 ± 0.3928	69.0366 ± 0.3876
F5	8	6	41.2333 ± 0.4041	43.7649 ± 0.1552	72.8114 ± 0.3655
F6	20	6	39.2213 ± 0.2288	42.3024 ± 0.4165	71.0904 ± 0.3427
F7	14	2	48.0333 ± 0.2216	46.5686 ± 0.3708	75.1559 ± 0.2523
F8	14	10	37.8667 ± 0.2082	40.0154 ± 0.4258	67.9949 ± 0.2479
F9	14	6	39.6667 ± 0.2309	43.7382 ± 0.4225	71.3167 ± 0.3272
F10	14	6	39.6002 ± 0.2985	43.6812 ± 0.4408	71.2648 ± 0.2255
F11	14	6	39.7401 ± 0.3568	43.8352 ± 0.3444	71.2275 ± 0.1826
CONTROL			55.4333 ± 0.4132	45.3855 ± 0.1353	80.7867 ± 0.3455

Nota *Media de dos repeticiones + DS

- **Evaluación de Luminosidad (L)**

En la Tabla 50 y en la Figura 36 se presenta el valor de luminosidad para la muestra control y las 11 formulaciones de cookies con chips de cushuro elaboradas con sustitución parcial de harinas de trigo por harinas de soya y cáscara de piña.

Tabla 50: *Valores de Luminosidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.*

Formulaciones	% Harina de Soya	% Harina de Cáscara de Piña	Luminosidad L*
F1	9.8	3.2	45.8333 ± 0.3506
F2	18.2	3.2	41.2001 ± 0.3568
F3	9.8	8.8	41.1333 ± 0.4386
F4	18.2	8.8	39.0333 ± 0.3512
F5	8	6	41.2333 ± 0.4041
F6	20	6	39.2213 ± 0.2288
F7	14	2	48.0333 ± 0.2216
F8	14	10	37.8667 ± 0.2082
F9	14	6	39.6667 ± 0.2309
F10	14	6	39.6002 ± 0.2985
F11	14	6	39.7401 ± 0.3568
CONTROL			55.4333 ± 0.4132

Nota *Media de dos repeticiones + DS

Los resultados presentados en la Tabla 50 señalan que la formulación F7 (14% Harina de Soya y 2% de Harina de Cascara de piña) obtuvo el mayor valor de luminosidad, dentro de las 11 formulaciones desarrolladas, siendo esta de 48.0333 ± 0.2216, por lo tanto, fue la cookie con color más claro que se obtuvo. Además, se observa que la formulación F8 (14% Harina de Soya y 10% de Harina de Cascara de piña) presentó el menor valor de luminosidad (37.8667 ± 0.2082), y esto debido a que se elaboró con el valor más alto de sustitución de harina de cascara de piña (10%), por lo cual las cookies de esta formulación mostraron una coloración más oscura

y opaca, siendo esto debido principalmente por el color oscuro que le aporta la harina de cascara de piña a la formulación, además de su contenido rico en fibra dietética.

Por otro lado, la muestra control obtuvo un valor de luminosidad de 55.4333 ± 0.4132 , siendo esta la cookie con coloración más clara en relación a las 11 formulaciones desarrolladas.

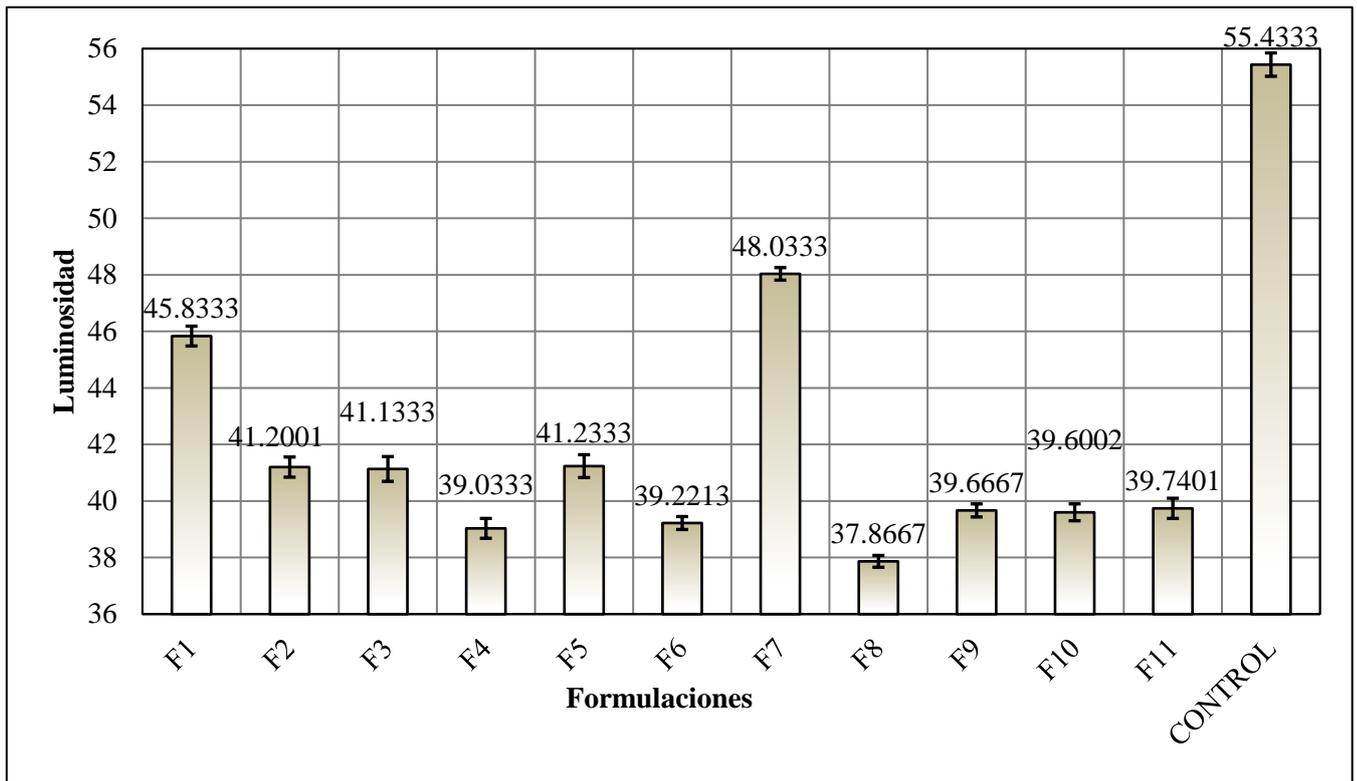


Figura 36: Luminosidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

En la Figura 36 se describe que el valor de luminosidad obtenido por las 11 formulaciones y control oscilan entre 37.8667 y 55.4333. La cookie control producida, con 100% harina de trigo, presentó un valor superior (55.4333 ± 0.2263) a las 11 formulaciones, esto debido a que la harina de cáscara de piña aumenta la coloración opaca y/o oscura de las cookies (F1-F11) haciéndolas menos claras y por ende su valor de luminosidad resulta ser bajo e inferior a la cookie control.

El valor de luminosidad disminuye paulatinamente a medida que se aumenta la sustitución por harina de cáscara de piña.

Viva de Toledo, Nunes, Moreira da Silva, Fillet, y Canniatti (2016) investigaron los efectos fisicoquímicos y sensoriales de la sustitución parcial de harina de trigo por las harinas de cáscaras de piña, manzana y melón, los cuales fueron reemplazados en 0%, 5%, 10% y 15%. Los valores de luminosidad que obtuvieron al reemplazar parcialmente la harina de trigo por la harina de cascara de piña fueron: 64.1, 57.76, 56.33 y 52.45 respectivamente, estos valores resultan ser superiores a los obtenidos en la Tabla 50, lo cual nos daría la idea de que las cookies de las formulaciones desarrolladas presentaron una coloración más oscura que las obtenidas por el autor. No obstante, ambas coinciden en que a medida que se incrementa el contenido de harina de cascara de piña, en la formulación, menor es valor de luminosidad dado que las cookies son más oscuras.

El pardeamiento en productos de panificación está asociado también a la incorporación ingredientes con alto valor proteico, pero a su vez ocurre como efecto de las reacciones de caramelización y Maillard, las cuales se ven beneficiadas tras la adición de materias primas con gran fuente proteica, dado que son las proteínas los nutrientes que reaccionan con los azúcares en el proceso de cocción (Mohsen, Fadel, Bekhit, Edris, y Ahmed, 2009).

No obstante, un color más oscuro (menos luminosidad) está directamente conectado con el incremento de la concentración de fibra (Hu, Yang, Ma, y Zhou, 2007). En consecuencia, el contenido de fibra presente en la harina de cascara de piña influencia en la luminosidad de las cookies, esto se evidencia en la Tabla 39 donde se observa que el contenido de fibra es estadísticamente significativo.

En la Figura 37 se ordenan los efectos estandarizados estimados en orden decreciente de importancia, estos efectos confirman la hipótesis nula de que el efecto es 0, lo que significaría que no existe una relación entre las variables independientes (Harinas de soya y cáscara de piña) y la variable respuesta (Luminosidad). Los elementos que pasan la línea de referencia poseen significancia estadística con un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$.

Diagrama de Pareto Estandarizada para Luminosidad

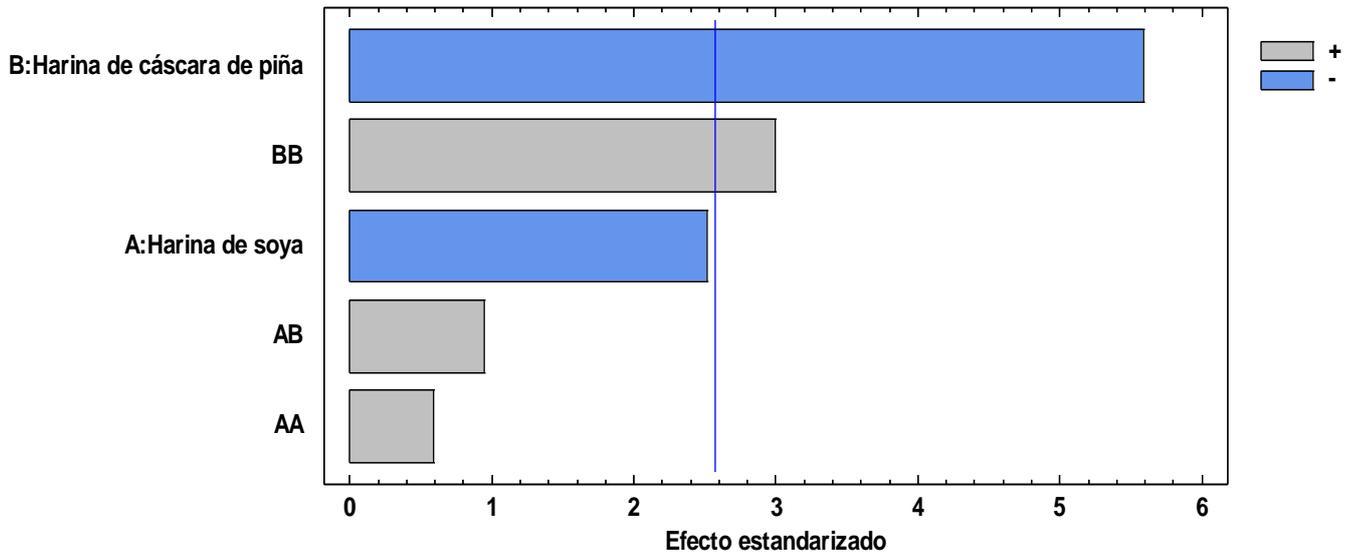


Figura 37: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el los valores de Luminosidad de la Cookie con Chips de Cushuro.

Según el diagrama de Pareto Estandarizado la harina de cáscara de piña (componente lineal) es estadísticamente significativo en el nivel de 0.05, y este efecto es negativo dado que a medida que se incremente la concentración de harina de cáscara de piña en la formulación, menor es el valor de luminosidad, es decir se obtienen cookies de color más oscuro.

Como se puede apreciar gráficamente la línea del margen de error también es sobrepasada por la combinación cuadrática de la harina de cascara de piña, sin embargo, esta presenta un efecto estimado positivo en la respuesta, lo cual nos da la idea de que la superficie respuesta contiene curvatura

Asimismo, se observa que la Harina de Soya tienen un efecto negativo en la luminosidad, por lo que los cambios en % de sustitución de harina afectan inversamente el valor de luminosidad, no obstante, este efecto es estadísticamente no significativo.

- **Análisis de Varianza para luminosidad de las Cookies con Chips de Cushuro fortificadas con Harinas de Soya y Cáscara de Piña**

Con el fin de corroborar si el efecto en el valor de luminosidad de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña es estadísticamente significativo se analiza la Tabla 51 ANOVA.

Tabla 51: *Análisis de varianza para los valores de Luminosidad de Cookies con Chips de Cushuro.*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P*</i>
A: Harina de soya	11.4687	1	11.4687	6.34	0.0533
B: Harina de cáscara de piña	56.4163	1	56.4163	31.20	0.0025
AA	0.622396	1	0.622396	0.34	0.5829
AB	1.60428	1	1.60428	0.89	0.3895
BB	16.1923	1	16.1923	8.96	0.0304
Error total	9.04029	5	1.80806		
Total (corr.)	94.8924	10			

Nota. *Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$)

La tabla ANOVA divide la variabilidad de los valores de Luminosidad en elementos separados para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El análisis de varianza determinó que la sustitución de harina de trigo por harina de cáscara de piña (lineal y combinación cuadrática) presenta un efecto significativo (P menor que 0.05) sobre los valores de luminosidad de las cookies obtenidas. Este efecto es causado por el contenido de fibra de la harina de cáscara de piña, el cual contribuye a obtener cookies con valores bajos en luminosidad, a su vez Laguna y

Sifuentes (2019) mencionan que el color más tenue en galletas se debe a la reacción de Maillard que se realiza durante el proceso de horneado debido a la acción del calor entre proteínas y azúcares reductores, produciendo melanoidinas que reducen la luminosidad en las galletas.

Los coeficientes de determinación R^2 y de determinación ajustado R^2_{Aj} determinan la calidad de ajuste del modelo con los datos. Para el análisis de varianza de Luminosidad, el estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 90.4731%, % de la variabilidad en luminosidad. Asimismo, el estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 80.9462%, siendo este valor inferior al R^2 y esto se debe a que existen elementos que no aportan de manera significativa al modelo.

El modelo presenta una calidad de ajuste satisfactorio, dado que ambos coeficientes tienen valores por arriba de 70% (Gutiérrez y De la Vara, 2012).

- Efecto de las harinas de Soya y Cáscara de piña en valor de Luminosidad de las Cookies con chips de Cushuro.

La Figura 38 muestra la gráfica de los efectos Principales, en ella se visualiza un incremento resaltante del valor de luminosidad, el cual va de 37.8667 a 48.0333, al variar el % de harina de cáscara de piña de 2% a 10%.

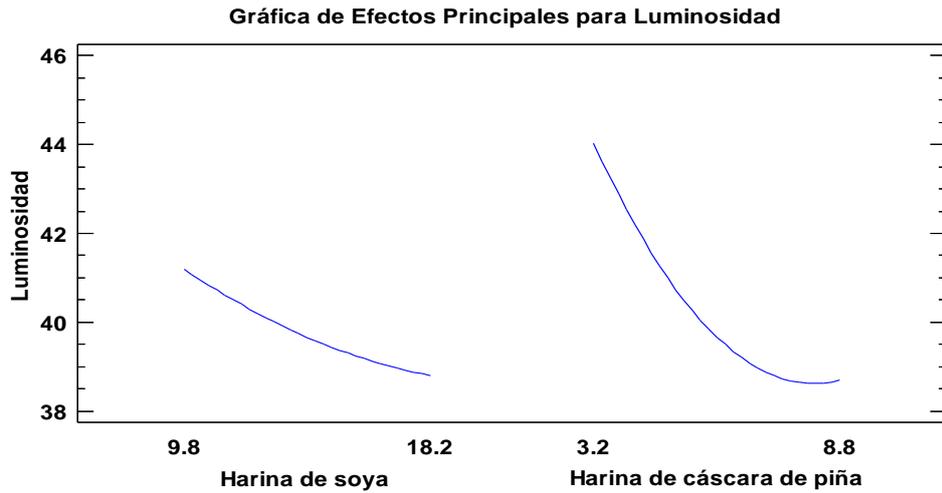


Figura 38: *Gráfica de Efectos Principales para Luminosidad de Cookies con chips de cushuro.*

Con respecto a la influencia del % de harina de soya, estadísticamente no se identifica una diferencia significativa en la respuesta dado que disminuye ligeramente el valor de luminosidad cuando aumenta el % de harina de soya, esto indicaría que la luminosidad de las cookies no se ven influenciadas significativamente por el incremento del % de harina de soya. Asimismo, el gráfico de interacción (Figura 39) muestra como el valor de luminosidad disminuye notoriamente cuando incrementa el % de harina de cascara de piña y se mantiene el % de harina de soya. Resulta importante mencionar que no existe una interacción significativa entre ambas harinas puesto que las líneas no se cruzan entre sí.

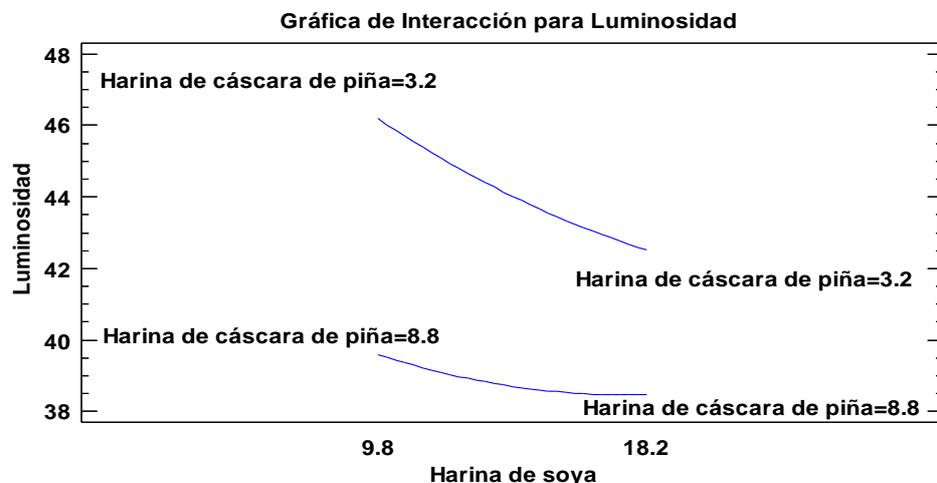


Figura 39: *Gráfica de Interacción de Luminosidad de Cookies con chips de cushuro.*

- **Análisis de Regresión de la Luminosidad de las Cookies con chips de Cushuro**

En la Tabla 52 se encuentran los coeficientes de regresión estimados para cada factor lineal, cuadrático y de interacción, con los cuales se logró obtener la ecuación de regresión cuadrática, la cual predice el comportamiento en los valores de luminosidad de las cookies con chips de cushuro.

Tabla 52: *Coeficientes de Regresión para Luminosidad de las Cookies con chips de Cushuro.*

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	65.3384
A:Harina de soya	-1.13515
B:Harina de cáscara de piña	-4.29419
AA	0.0188202
AB	0.053852
BB	0.215987

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Luminosidad} = 65.3384 - 1.13515*A - 4.29419*B + 0.0188202*A^2 + 0.053852*A*B + 0.215987*B^2$$

Donde:

A= % Harina de soya

B= % Harina de cáscara de piña

La ecuación descrita representa el modelo matemático predictivo del valor de luminosidad en función a las concentraciones de las harinas de soya y cascara de piña, y con el cual fue construida la gráfica de superficie respuesta y de contorno, las cuales se visualizan en la Figura 40 y 41.

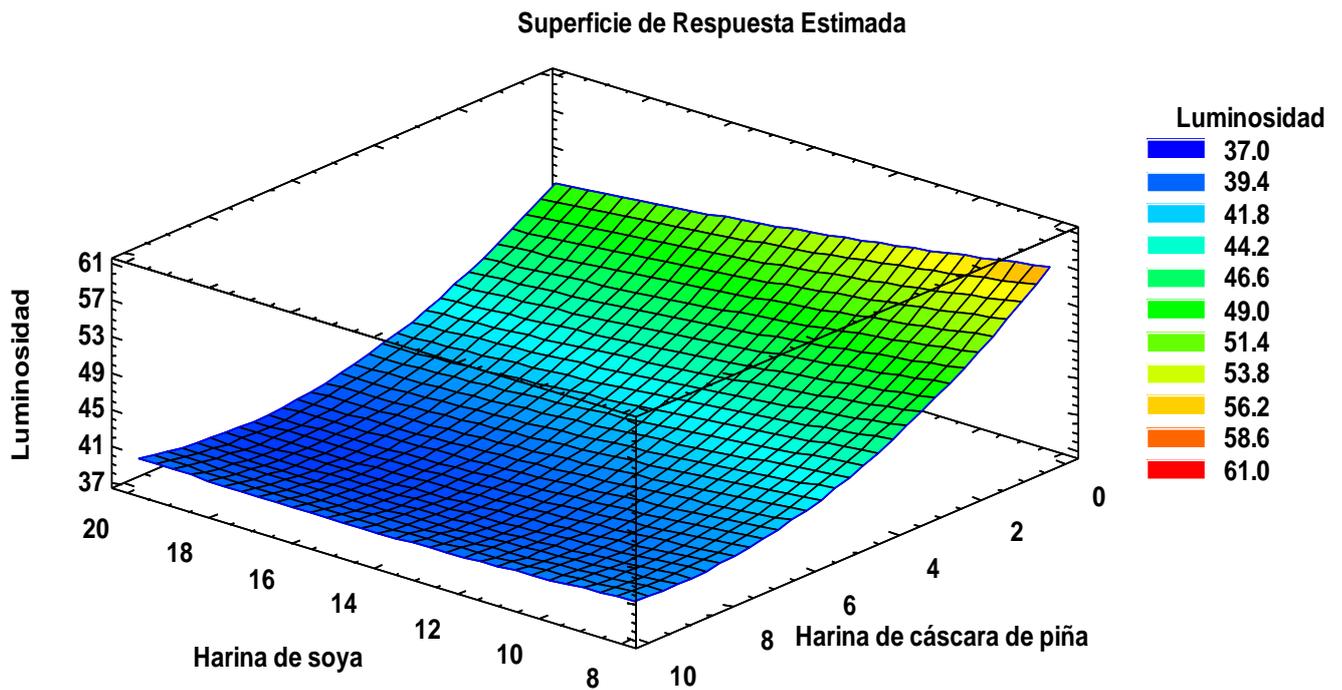


Figura 40: Gráfico de Superficie de Respuesta para Luminosidad de las Cookies con chips de Cushuro.

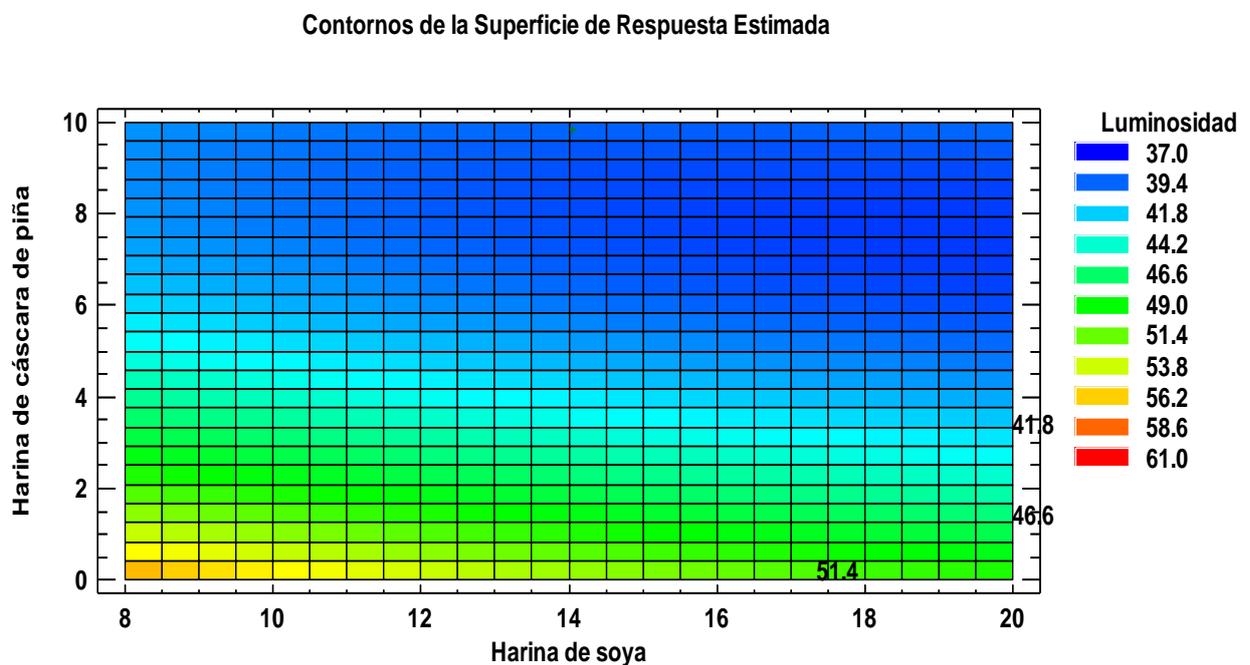


Figura 41: Gráfico de contornos de la superficie de Respuesta para Luminosidad de las Cookies con chips de Cushuro.

En ambas graficas se aprecia que a medida que disminuye el % de harina de cascara de piña, el valor de Luminosidad se va incrementando, con lo cual se obtienen cookies más claras. Además, se confirma que la incorporación y/o sustitución por harina de cáscara de piña influencia el color de las cookies. El mayor valor de Iluminación (cookies más claras) se localiza en la región que oscila entre el color amarillo al rojo para niveles bajos en las harinas de soya y cáscara de piña.

De acuerdo al análisis sensorial (presentado posteriormente), para el atributo Color, la formulación F6 obtuvo una puntuación favorable y dado su gran aporte proteico se estableció como la formulación con el valor de luminosidad deseado de mantener, siendo este de 39.2213 ± 0.2288 . Además, este valor se encuentra en la región azul clara de la gráfica de respuestas y contorno.

- Optimización en el valor de luminosidad de las Cookies con chips de Cushuro

La Tabla 53 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual mantiene Luminosidad en 39.2213 (F6) sobre la región indicada.

Tabla 53: Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Harina de soya	8.0603	19.9397	14.0503
Harina de cáscara de piña	2.0402	9.9598	9.85849

- **Evaluación de Cromaticidad (C)**

Se presentan en la Tabla 54 y Figura 42 los valores de Cromaticidad para la muestra control y las 11 formulaciones de cookies con chips de cushuro desarrolladas con harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

Tabla 54: *Cromaticidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.*

Formulaciones	% Harina de Soya	% Harina de Cáscara de Piña	Cromaticidad C*
F1	9.8	3.2	44.9371 ± 0.1918
F2	18.2	3.2	44.5752 ± 0.1152
F3	9.8	8.8	42.2902 ± 0.4101
F4	18.2	8.8	41.9244 ± 0.3928
F5	8	6	43.7649 ± 0.1552
F6	20	6	42.3024 ± 0.4165
F7	14	2	46.5686 ± 0.3708
F8	14	10	40.0154 ± 0.4258
F9	14	6	43.7382 ± 0.4225
F10	14	6	43.6812 ± 0.4408
F11	14	6	43.8352 ± 0.3444
CONTROL			45.3855 ± 0.1353

Nota *Media de dos repeticiones + DS

La Tabla 54 y Figura 42 muestra los valores de cromaticidad obtenidos tras el análisis de las 11 formulaciones, encontrándose estos entre 40.0154 y 46.5686. La formulación F8 (14% Harina de Soya y 10% de Harina de Cascara de piña) obtuvo el menor valor de cromacidad (40.0154 ± 0.4258 %), esto indica que las cookies elaboradas con esta formulación (mayor sustitución de harina de cascara de piña -10%) tiende a presentar un mayor estímulo acromático, es decir tienden a carecer de un fuerte contenido de color, en este caso las cookies tienden a una tonalidad marrón oscura.

Los colores acromáticos incorporan al negro, blanco, grises, marrón y colores más oscuros. Valores de cromaticidad C* cercanas a 0 representan

estímulos acromáticos mientras que valores superiores a 1000 estímulos monocromáticos (Salvatierra y Azorza, 2017).

Por otro lado, la formulación F7 (14% Harina de Soya y 2% de Harina de Cascara de piña) presentó el mayor valor de cromaticidad con 46.5686 ± 0.3708 , mostrando un menor estímulo acromático en comparación a la formulación F8 (tendencia a un color marrón más claro), además cabe señalar que esta formulación fue elaborada con la menor sustitución de harina de cascara de piña (2%), por lo que se confirmaría su influencia en la cromaticidad y además esto es corroborado más adelante por el análisis de varianza.

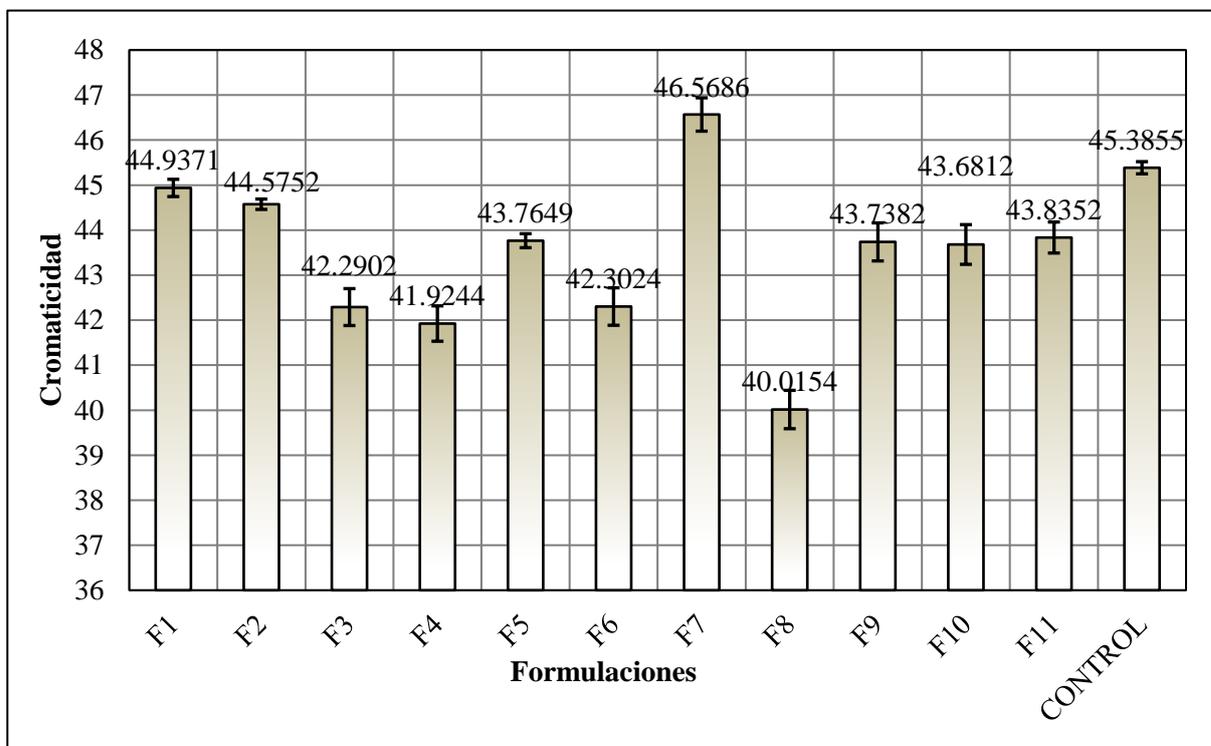


Figura 42: Cromaticidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

La Figura 42 muestra que los valores obtenidos de cromaticidad se encuentran entre un rango aproximado de 40.0154 y 46.5686, los cuales al ser comparados con el control (45.3855 ± 0.1353) son parcialmente similares a la tendencia del estímulo acromático, no obstante, este valor tiende al blanco.

En la investigación realizada por Viva de Toledo, Nunes, Moreira da Silva, Fillet y Canniatti (2016) se evalúa la influencia de la harina de los subproductos de piña, manzana y melón en los aspectos fisicoquímicos y sensoriales de galletas. La sustitución parcial por harina de cáscara de piña se dió en concentraciones de 0%, 5%, 10% y 15%, los valores de cromaticidad obtenidos fueron 36.26, 36.38, 36.23 y 35.46 respectivamente. Estos valores son ligeramente inferior a los presentados en la Tabla 54, no obstante ambos tienden a un estímulo acromático.

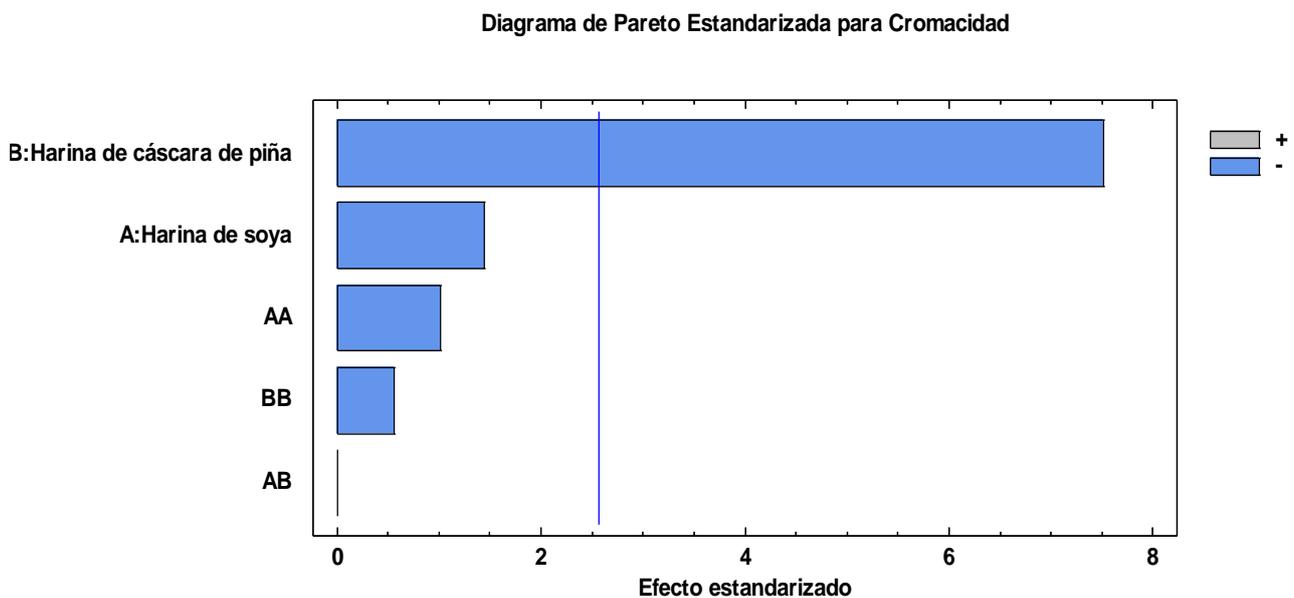


Figura 43: *Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en los valores de cromaticidad de las Cookies con Chips de Cushuro.*

El diagrama de Pareto Estandarizado de la Figura 43 afirma que el efecto lineal de la harina de cáscara de piña es estadísticamente significativo en el nivel de 0.05, este efecto estimado es negativo en la respuesta es decir al aumentar el % de harina de cascara de piña el valor de cromaticidad disminuye.

Por otro lado, se observa que la harina de soya, así como la combinación entre Harina de Soya y Cascara de piña también tienen un efecto negativo en los valores de cromaticidad, no obstante, estos no son estadísticamente significativos.

- **Análisis de Varianza para Cromaticidad de las Cookies con Chips de Cushuro fortificadas con Harinas de Soya y Cáscara de Piña**

En la siguiente tabla ANOVA se determinan aquellos efectos significativos que influyen en la variable respuesta (Cromaticidad).

Tabla 55: *Análisis de varianza para el valor de Cromaticidad de Cookies con Chips de Cushuro.*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Harina de soya	0.977193	1	0.977193	2.08	0.2090
B: Harina de cáscara de piña	26.5186	1	26.5186	56.39	0.0007
AA	0.480557	1	0.480557	1.02	0.3585
AB	0.0000038025	1	0.0000038025	0.00	0.9978
BB	0.149194	1	0.149194	0.32	0.5976
Error total	2.35142	5	0.470284		
Total (corr.)	30.3642	10			

Nota: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$)

La Tabla 55 de análisis de varianza permite probar la significancia estadística de cada uno de los efectos por separado, por ello compara el cuadrado medio de cada efecto contra un estimado del error.

El efecto lineal de Harina de Cáscara de Piña, tiene un valor-P menor que 0.05 ($p < 0.05$), lo que indica que es significativamente diferente de cero a un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 92.2559% de la variabilidad en Cromaticidad. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 84.5119%, este valor de R^2 ajustado es inferior al R^2 , esto debido a que existen efectos que no contribuyen de manera significativa al modelo.

- **Efecto de las harinas de Soya y Cáscara de piña en los valores de Cromaticidad de las Cookies con chips de Cushuro**

La Figura 44 muestra la gráfica de efectos principales, en ella podemos visualizar una disminución en el valor de cromaticidad de 40.0154 a 46.5686 al cambiar de una concentración baja a un alta, no obstante, ésta se evidencia en mayor proporción para la harina de cascara de piña (2% a 10%). La disminución de cromaticidad al incrementar el % de harina de cáscara de piña obedece a una mayor influencia acromática, es decir con tendencia a colores oscuros (marrones).

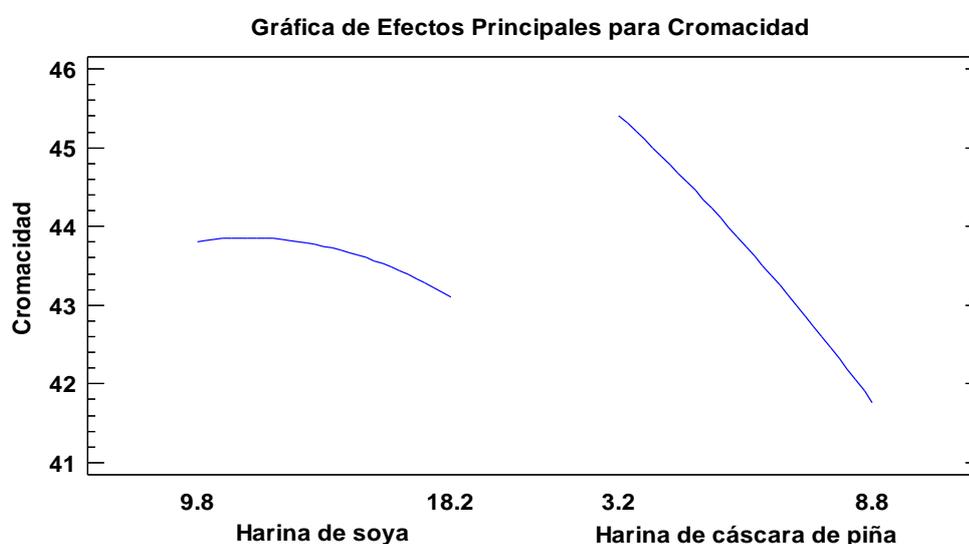


Figura 44: *Gráfica de Efectos Principales para Cromaticidad de Cookies con chips de cushuro.*

Otra de las gráficas que permiten describir el comportamiento de la variable respuesta frente a las concentraciones de las harinas de soya y cascara de piña es la presentada en la gráfica de interacciones de Cromaticidad (Figura 45).

La grafica describe el efecto negativo de la harina de cascara de piña en los valores de cromaticidad, su efecto es inverso dado que al incrementar el % de harina de cascara de piña disminuye la cromaticidad. Respecto a la harina de soya su efecto es similar, no obstante, este no se da en la misma intensidad o grado.

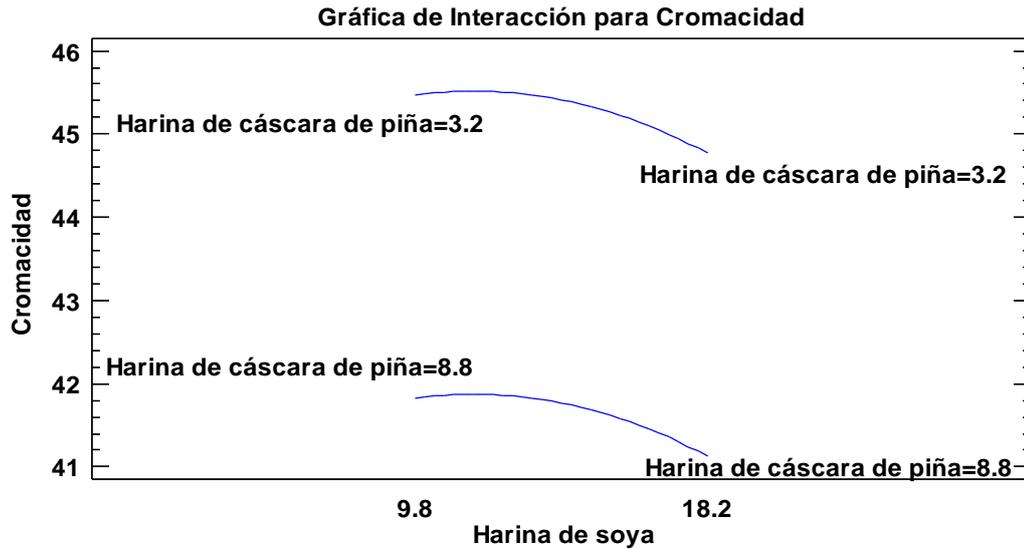


Figura 45: *Grafica de Interacción para Cromaticidad de Cookies con chips de cushuro.*

- **Análisis de Regresión de los valores de Cromaticidad de las Cookies con chips de Cushuro**

En la Tabla 56 se describen los coeficientes de regresión estimados para cada factor, sean estos lineal, cuadrático y de interacción, estos permiten obtener la ecuación predictiva de regresión cuadrática sobre comportamiento en el contenido de Cromaticidad en las cookies con chips de cushuro.

Tabla 56: *Coeficientes de Regresión para Cromaticidad de las Cookies con chips de Cushuro.*

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	44.8233
A:Harina de soya	0.380326
B:Harina de cáscara de piña	-0.400288
AA	-0.0165372
AB	-0.0000829082
BB	-0.0207324

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Cromaticidad} = 44.8233 + 0.380326*A - 0.400288*B - 0.0165372*A^2 - 0.0000829082*A*B - 0.0207324*B^2$$

Donde:

A= % Harina de soya

B= % Harina de cáscara de piña

La ecuación describe el modelo matemático predictivo de los valores de cromaticidad en función a las concentraciones de las harinas de soya y cascara de piña, y con el cual se construyeron las gráficas de superficie respuesta y de contorno presentadas en la Figura 46 y 47.

En ambas graficas se aprecia que a medida que se incrementa el % de harina de cáscara de piña, el valor de cromaticidad va disminuyendo, lo cual confirma que la incorporación y/o sustitución por harina de cáscara de piña influye en la obtención de cookies con tendencia al color marrón. El mayor valor de cromaticidad (cookies marrones más claras) se localiza en la región que oscila entre el color amarillo al rojo para niveles bajos de harina de cáscara de piña.

Es importante mencionar que el análisis sensorial (presentado posteriormente) realizado para el atributo Color, arrojó que la formulación F6, es la más puntuada y aceptada. Además, dado su gran aporte proteico y de fibra se estableció como la formulación con el valor de cromaticidad deseado de mantener, siendo este de 42.3024 ± 0.4165 . Este valor se encuentra en la región celeste de la grafica de respuestas y contorno.

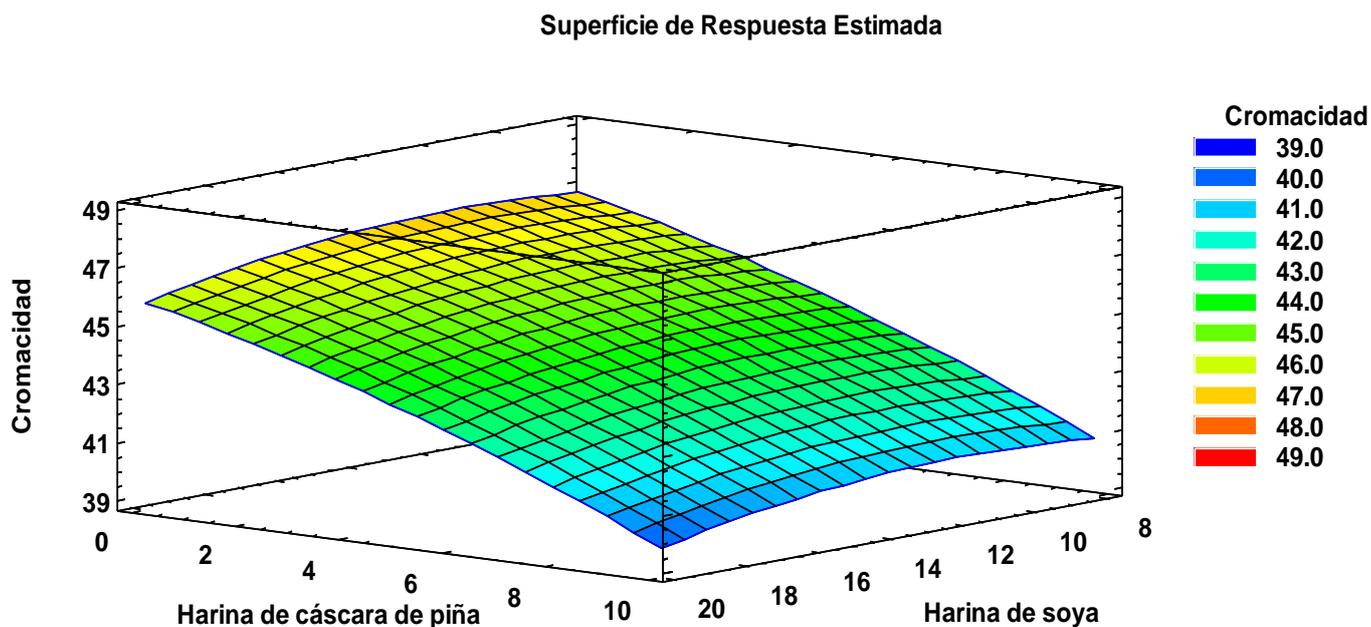


Figura 46: *Gráfico de Superficie de Respuesta para los valores de Cromaticidad de las Cookies con chips de Cushuro. de las Cookies con chips de Cushuro.*

Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada

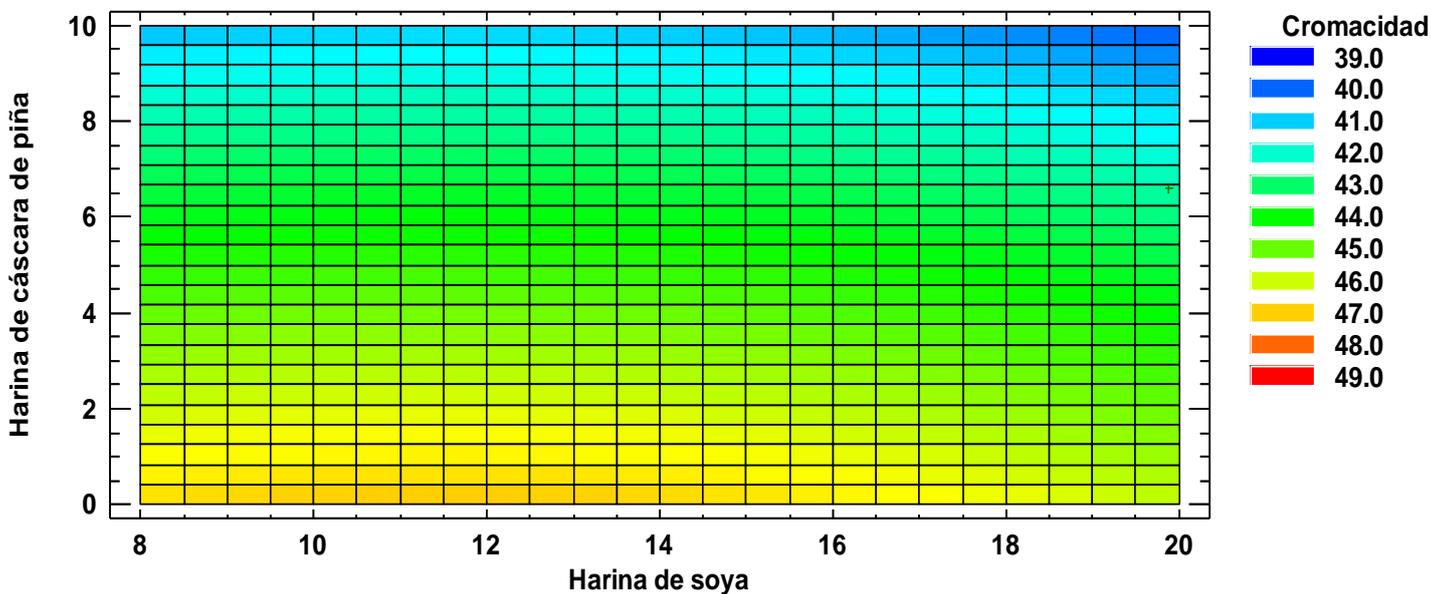


Figura 47: *Gráfico de Contornos de la Superficie de Respuesta para el valor de Cromaticidad*

- **Optimización en el valor de cromaticidad de las Cookies con chips de Cushuro**

La Tabla 57 muestra la combinación de los niveles de los factores, el cual mantiene la Cromaticidad en 42.3024 (F6) sobre la región indicada.

Tabla 57: Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Harina de soya	8.0603	19.9397	19.8782
Harina de cáscara de piña	2.0402	9.9598	6.5862

- **Evaluación de Ángulo de Tonalidad (H)**

En la Tabla 58 y Figura 48 se detallan los valores de Ángulo de tonalidad para las 11 formulaciones de cookies con chips de cushuro, a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña, y muestra control.

Tabla 58: Ángulo de tonalidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.

Formulaciones	% Harina de Soya	% Harina de Cáscara de Piña	Angulo de tonalidad h° *
F1	9.8	3.2	73.0955 ± 0.4438
F2	18.2	3.2	73.0258 ± 0.3737
F3	9.8	8.8	70.6582 ± 0.3722
F4	18.2	8.8	69.0366 ± 0.3876
F5	8	6	72.8114 ± 0.3655
F6	20	6	71.0904 ± 0.3427
F7	14	2	75.1559 ± 0.2523
F8	14	10	67.9949 ± 0.2479
F9	14	6	71.3167 ± 0.3272
F10	14	6	71.2648 ± 0.2255
F11	14	6	71.2275 ± 0.1826
CONTROL			80.7867 ± 0.3455

Nota *Media de dos repeticiones + DS

Los valores presentados en la Tabla 58 indican que la formulación F7 (14% Harina de Soya y 2% de Harina de Cascara de piña) obtuvo el mayor valor de ángulo de tonalidad, dentro de las 11 formulaciones analizadas, siendo este de 75.1559 ± 0.2523 , por lo tanto, la tonalidad de la cookie se encuentra en el primer cuadrante de las coordenadas (rojo-amarillo) con una tendencia inclinada hacia el amarillo ligeramente oscuro.

Además, se observa que la formulación F8 (14% Harina de Soya y 10% de Harina de Cascara de piña) presentó el menor valor de ángulo de tonalidad (67.9949 ± 0.2479) es decir, la tonalidad se encuentra en el primer cuadrante (rojo-amarillo) con una inclinación al tono amarillo rojizo oscuro (marrón) y esto debido a que esta formulación se elaboró con el valor más alto % de harina de cascara de piña (10%).

Por otro lado, la muestra control obtuvo un valor de ángulo de tonalidad de 80.7867 ± 0.3455 , siendo esta la cookie con tonalidad amarilla más clara en relación a las 11 formulaciones analizadas.

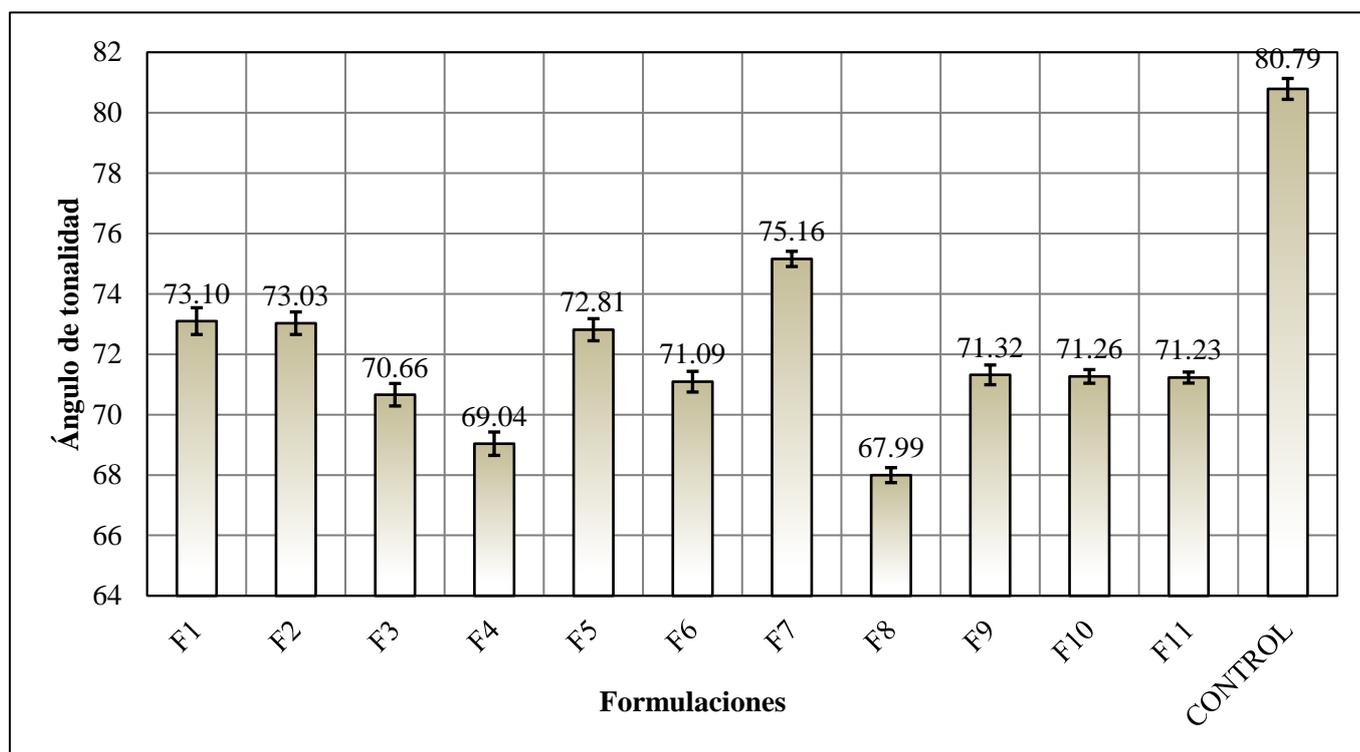


Figura 48: *Ángulo de tonalidad de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.*

La Figura 48 grafica que los valores de ángulo de tonalidad obtenidos de las 11 formulaciones se encuentran entre los valores de 67.9949 y 80.7867. Todos los valores de ángulo de tonalidad se encuentran dentro del primer cuadrante (rojo – amarillo). Formulaciones con mayor % de sustitución de harina de cascara de piña presentan menores valores de ángulo de tonalidad, y en consecuencia tonalidades amarillas rojizas (marrón).

Valores similares han sido reportados por Viva de Toledo, Nunes, Moreira da Silva, Fillet, y Canniatti (2016), en su investigación se elaboraron galletas con sustitución parcial de harina de cáscara de piña en un 0%, 5%, 10% y 15% y los valores de ángulo de tonalidad fueron 76.49, 70.99, 70.53 y 67.88 respectivamente. Sus resultados reflejan el mismo comportamiento, que a medida que aumenta la concentración de harina de cascara de piña el valor del ángulo de tonalidad decrecen, los valores que están más cercanos a 90 tienden a una tonalidad amarilla, mientras que valores más lejanos están más cerca a la tonalidad marrón.

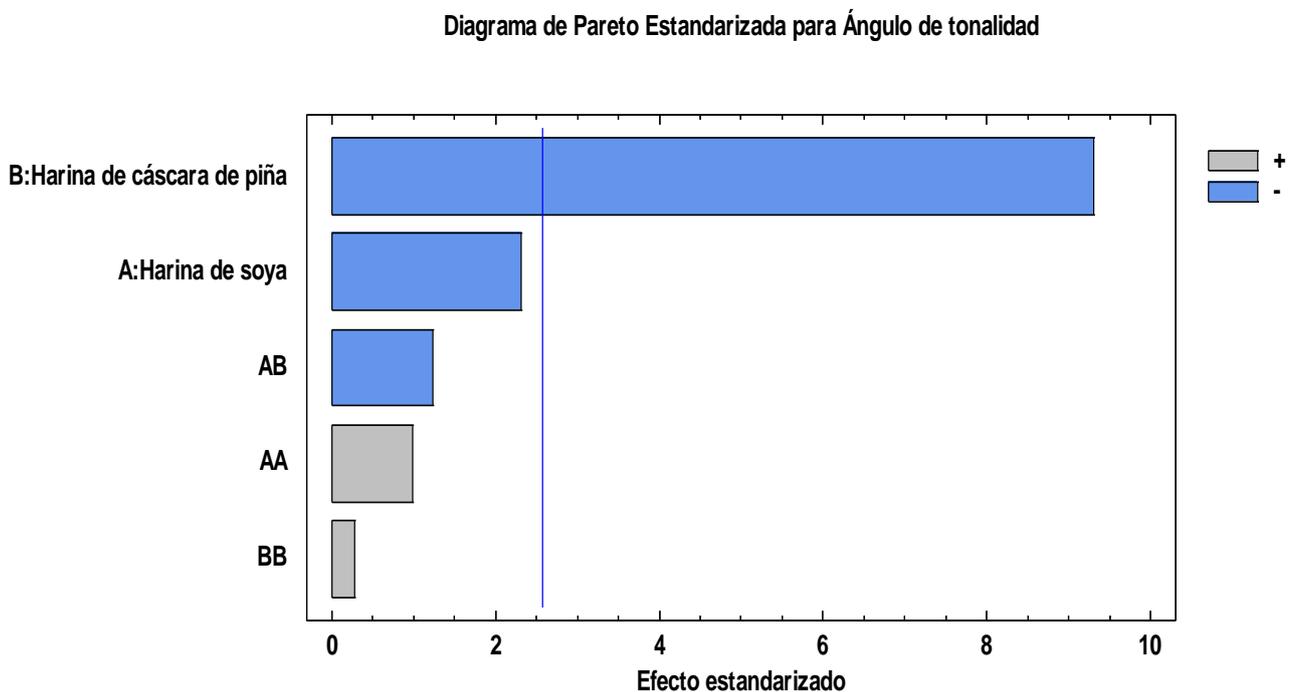


Figura 49: *Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Ángulo de tonalidad de la Cookie con Chips de Cushuro.*

La Figura 49 del diagrama de Pareto Estandarizado muestra el efecto lineal, cuadrático e interacción de las variables independientes, en ella se refleja que la harina de cáscara de piña posee un efecto lineal estadísticamente significativo en el nivel de 0.05, dado que como se observa en la figura sobrepasa la línea del margen de error, a su vez el efecto que tiene sobre la variable respuesta (ángulo de tonalidad) es negativo, es decir al aumentar el % harina de cascara de piña en la formulación el valor de ángulo de tonalidad va disminuyendo a un nivel estadístico significativo.

Por otro lado, se aprecia que la harina de soya, así como la combinación entre las Harina de Soya y Cáscara de piña tienen un efecto negativo en el contenido de Ángulo de tonalidad, sin embargo, este no es significativo.

- Análisis de Varianza para el Ángulo de Tonalidad de las Cookies con Chips de Cushuro fortificadas con Harinas de Soya y Cáscara de Piña

En la siguiente tabla ANOVA se determinan aquellos efectos significativos que influyen en los valores de Ángulo de tonalidad (variable respuesta).

Tabla 59: Análisis de varianza para los valores de Ángulo de tonalidad de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Harina de soya	2.12712	1	2.12712	5.38	0.0681
B: Harina de cáscara de piña	34.2531	1	34.2531	86.68	0.0002
AA	0.391599	1	0.391599	0.99	0.3652
AB	0.602098	1	0.602098	1.52	0.2719
BB	0.0322627	1	0.0322627	0.08	0.7865
Error total	1.97593	5	0.395187		
Total (corr.)	39.3498	10			

Nota.: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$)

La Tabla 59 de análisis de varianza muestra que el efecto lineal de Harina de Cáscara de Piña, tiene un valor-P menor que 0.05 ($p < 0.05$), lo que indica que es significativamente diferente de cero a un nivel de confianza del 95.0%.

Respecto al efecto que presenta la harina de soya en el valor de ángulo de tonalidad de las cookies no resultó significativo, por ende, la tonalidad de las 11 formulaciones las cuales se encuentran en el primer cuadrante es afectada únicamente por la concentración de harina de cascara de piña presente en la formulación.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 94.9785% de la variabilidad en Cromacidad. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 89.9571%, este valor de R^2 ajustado es inferior al R^2 , esto debido a que existen efectos lineales, cuadrático y de interacción que no contribuyen de manera significativa al modelo.

- **Efecto de las harinas de Soya y Cáscara de piña en los valores de Ángulo de tonalidad de las Cookies con chips de Cushuro**

La Figura 50 muestra la gráfica de efectos principales, en ella podemos visualizar la disminución del valor de ángulo de tonalidad al cambiar de una concentración, de una baja a un alta, esta variación se evidencia en mayor proporción por el efecto de la concentración de la harina de cáscara de piña (2% a 10%) que por la de harina de soya.

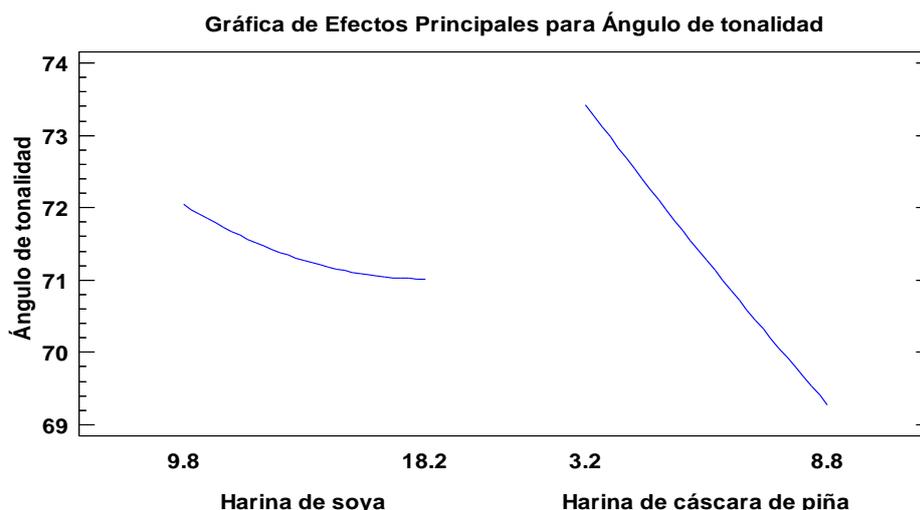


Figura 50: *Gráfica de Efectos Principales para Ángulo de tonalidad de Cookies con chips de cushuro.*

La gráfica de interacción para el ángulo de tonalidad que se muestra en la Figura 51 señala el valor de ángulo de tonalidad en relación a la variación de concentración de harina de soya para cada nivel de % de harina de cáscara de piña, siendo esta influencia no prominente. Sin embargo, esto si ocurre con la harina de cascara de piña, dado que se evidencia una diferencia significativa en la variable respuesta al variar el % de harina de cáscara de piña de una concentración inferior a una superior y para cada nivel de harina de soya. Por otro lado, no existe una interacción significativa entre ambas harinas puesto que las líneas no llegan s cruzarse.

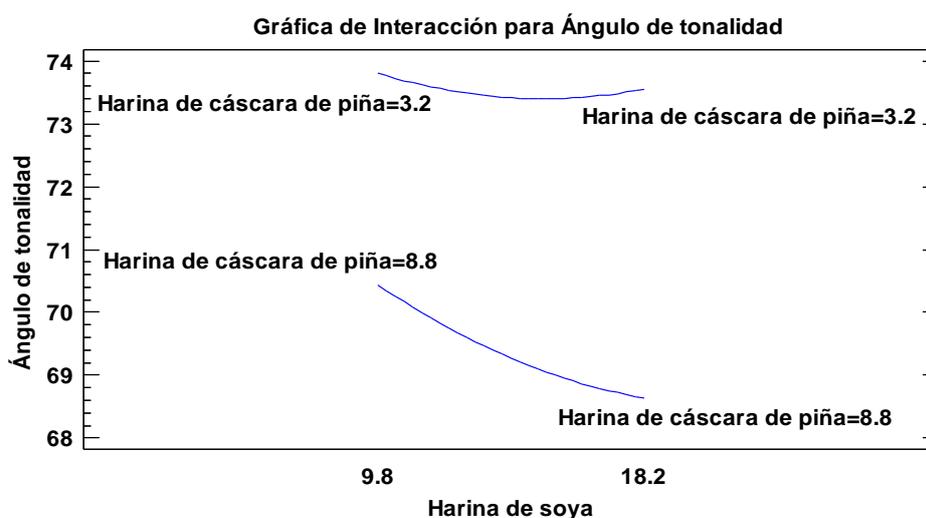


Figura 51: *Gráfica de Interacción para Ángulo de tonalidad de Cookies con chips de cushuro.*

- **Análisis de Regresión de los valores de Ángulo de Tonalidad de las Cookies con chips de Cushuro**

Los coeficientes de regresión estimados para cada factor (lineal, cuadrático y de interacción) son presentados en la Tabla 60 y con los cuales se logra obtener la ecuación modelada de regresión cuadrática del comportamiento de la variable respuesta frente a la concentración de las harinas.

Tabla 60: *Coefficientes de Regresión para Ángulo de tonalidad de las Cookies con chips de Cushuro.*

<i>Coefficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	77.9243
A: Harina de soya	-0.342819
B: Harina de cáscara de piña	-0.392821
AA	0.0149283
AB	-0.0329911
BB	0.00964102

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Ángulo de tonalidad} = 77.9243 - 0.342819 * A - 0.392821 * B + 0.0149283 * A^2 - 0.0329911 * A * B + 0.00964102 * B^2$$

Donde:

A= % Harina de soya

B= % Harina de cáscara de piña

La ecuación proporciona el modelo matemático predictivo que estima los valores de ángulo de tonalidad de las cookies en función a las concentraciones de las harinas de soya y cascara de piña.

La construcción de las gráficas de superficie respuesta y de contorno presentadas en la Figura 52 y Figura 53 fueron desarrolladas gracias al modelo matemático predictivo y en estas se observa la disminución de los valores de ángulo de tonalidad al incrementar la concentración de harina de cascara de piña, lo cual se confirma que la incorporación y/o sustitución por harina de cáscara de piña influye en la obtención de

cookies con ángulos de tonalidad que se ubican en el primer cuadrante y los cuales van del rojo al amarillo con tendencia a colores amarillo rojizo oscuro. El mayor valor de ángulo de tonalidad (cookies con tendencias a tonalidades amarillas) se localiza en la región de la gráfica de superficie respuesta que oscila entre el color naranja al rojo para niveles bajos de harina de cáscara de piña.

Cabe señalar que el análisis sensorial (presentado posteriormente) realizado para el atributo Color, arrojó que la formulación F6, es la más puntuada y aceptada sensorialmente. Además, dado su alto contenido en proteínas y fibra se estableció como la formulación con el valor de ángulo de tonalidad deseado de mantener, siendo este de 71.0904 ± 0.3427 . Este valor se encuentra entre la región celeste clara y verde clara de la gráfica de respuestas y contorno

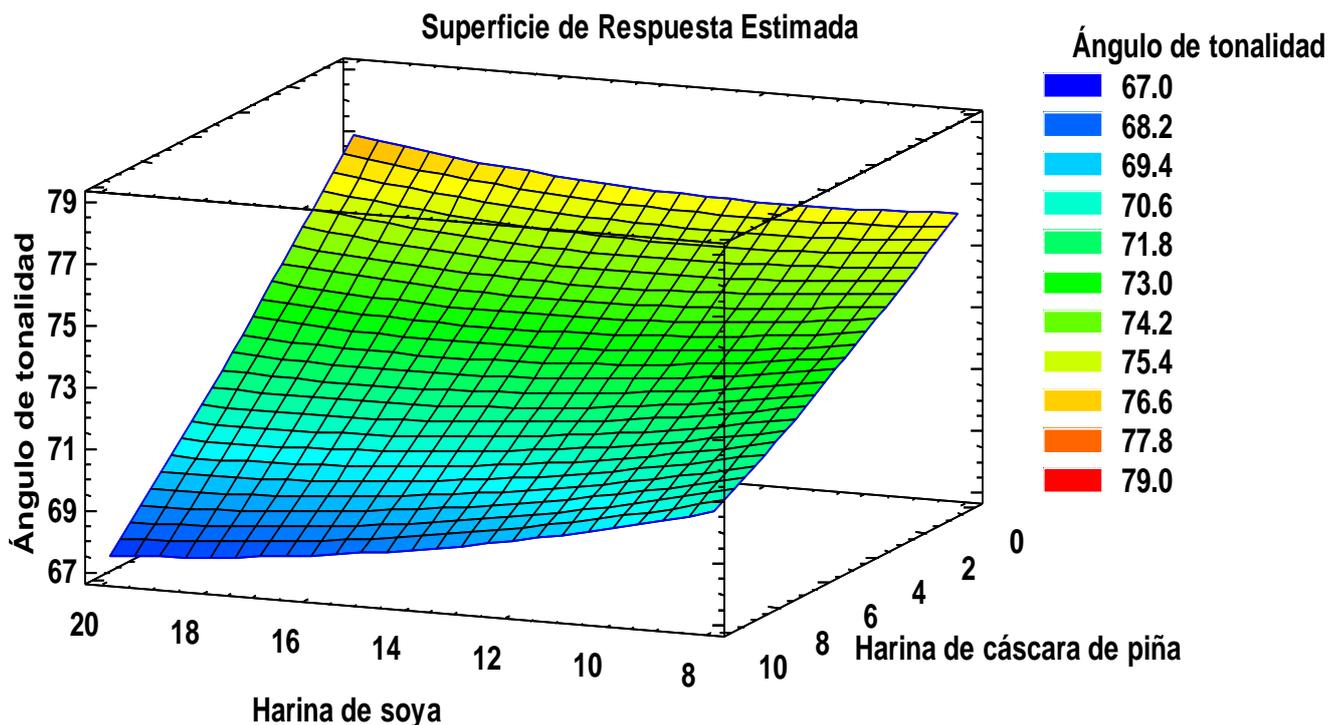


Figura 52: Gráfico de Superficie de Respuesta para el valor de ángulo de tonalidad de las Cookies con chips de Cushuro.

Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada

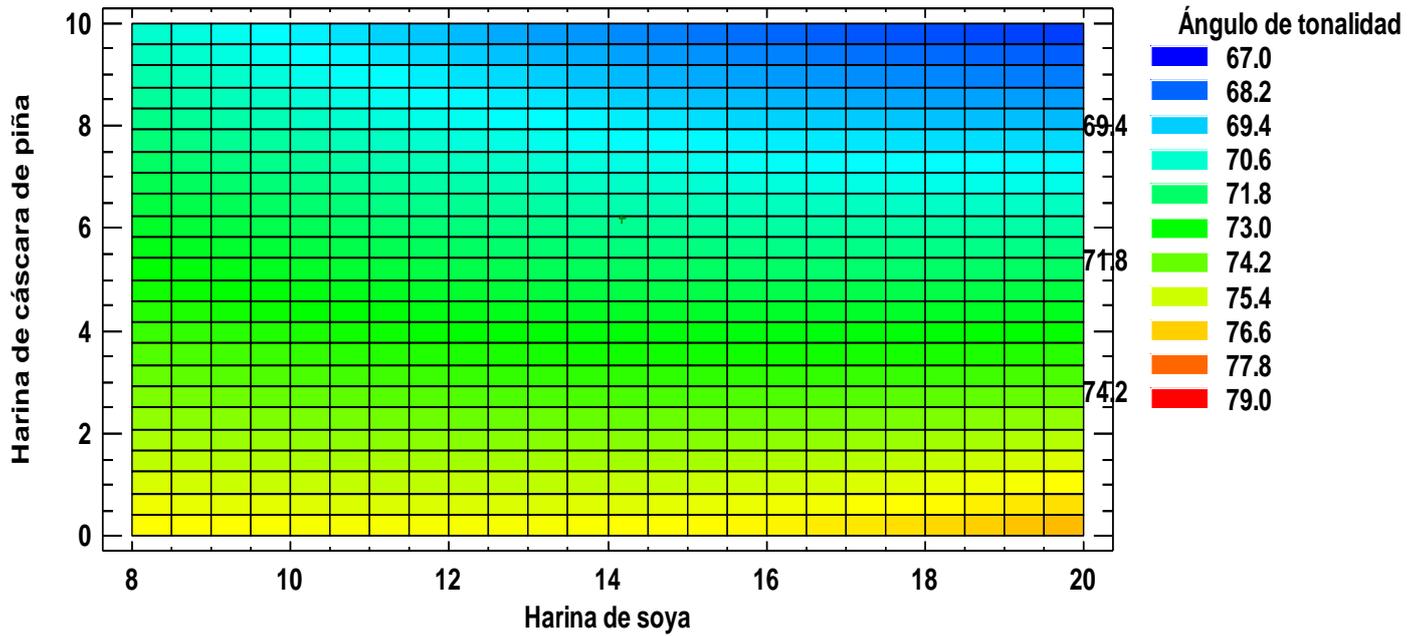


Figura 53: Gráfico de Contornos de la superficie respuesta para los valores de ángulo de tonalidad de las Cookies con chips de Cushuro.

- Optimización en el valor de Ángulo de Tonalidad de las Cookies con chips de Cushuro

La Tabla 61 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual mantiene Ángulo de tonalidad en 71.0904 (F6) sobre la región indicada.

Tabla 61: Niveles bajo, alto y óptimo de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña.

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Harina de soya	8.0603	19.9397	14.1737
Harina de cáscara de piña	2.0402	9.9598	6.21327

c. Evaluación del Volumen Específico

El parámetro tecnológico Volumen específico es un factor de calidad en productos horneados como las galletas y se ve influenciado por los ingredientes usados en la masa (harinas, bicarbonatos) y las etapas de procesos (cremado, mezclado y horneado).

Ello se debe ya que, al sustituir las harinas de trigo por otras harinas, disminuye las proteínas responsables de la formación de la estructura del gluten durante las etapas de cremado y mezclado, evitando así una adecuada retención de gas (dióxido de carbono) durante el horneado generando que la galleta no alcance su volumen deseado (Clarke et al., 2003, citado por López y Paredes, 2018).

Esta idea es corroborada por Paucar, et al., (2012)) señalando que el volumen específico de galletas elaboradas con harinas de trigo y soya disminuye significativamente al incrementar la concentración de harina de soya en la formulación, debido a que la harina de soya no contiene gluten, afectando de esta manera el desarrollo de la red gluten y por ende el volumen de las galletas.

La tabla 62 y la figura 54 muestran los valores de volumen específico en cm^3/g de las cookies con chips de cushuro fortificadas con harinas de soya y cáscara de piña obtenidos por el método de desplazamientos de semillas de baja densidad (alpiste).

Tabla 62: *Volumen Específico (cm³/g) de las cookies a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.*

Formulaciones	% Harina de Soya	% Harina de Cáscara de Piña	Volumen Especifico (cm ³ /g)*
F1	9.8	3.2	1.3770 ± 0.1101
F2	18.2	3.2	1.4251 ± 0.0148
F3	9.8	8.8	1.3623 ± 0.0256
F4	18.2	8.8	1.5641 ± 0.0778
F5	8	6	1.4544 ± 0.0296
F6	20	6	1.4706 ± 0.0180
F7	14	2	1.4159 ± 0.0054
F8	14	10	1.5183 ± 0.0110
F9	14	6	1.4929 ± 0.0118
F10	14	6	1.4863 ± 0.0076
F11	14	6	1.4291 ± 0.0054
CONTROL			1.4120 ± 0.0141

Nota * Media de dos repeticiones + DS.

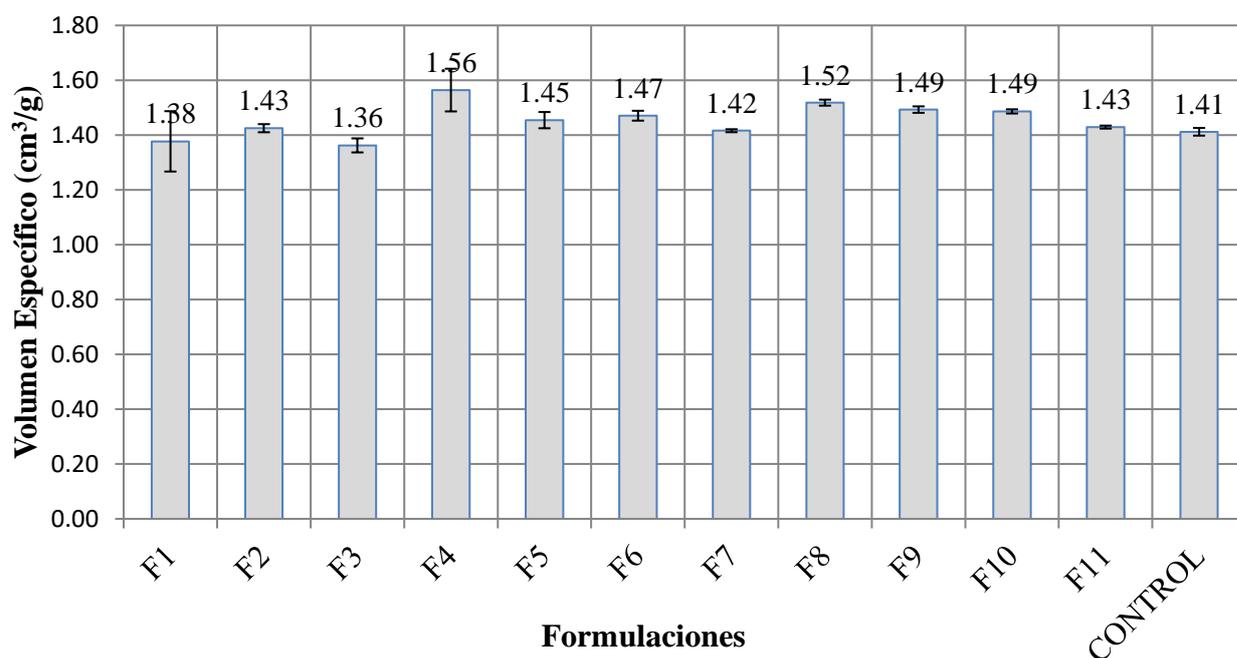


Figura 54: *Volumen Específico (cm³/g) de las cookies con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña.*

La Figura 54 muestra los valores promedios de Volumen Específico (cm³/g) de las 11 formulaciones y cookie control.

Según se aprecia en la gráfica los valores de volumen específico de las galletas no muestran mucha variación con respecto al porcentaje de incorporación de las harinas de soya y cáscara de piña, encontrando que el mayor y el menor volumen específico lo obtuvieron la F4 con $1.5641 \pm 0.0778 \text{ cm}^3/\text{g}$ y la F3 con $1.3623 \pm 0.0256 \text{ cm}^3/\text{g}$ respectivamente, con una diferencia de solo $0.2018 \text{ cm}^3/\text{g}$ entre ellas.

Se determinó el volumen específico de tres controles, uno elaborado con 100% de harina de trigo y chips de chocolate y dos comerciales de las marcas Chips de Costa y Trikis, obteniendo $1.4120 \pm 0.0141 \text{ cm}^3/\text{g}$, $1.6072 \pm 0.0109 \text{ cm}^3/\text{g}$ y $1.5575 \pm 0.0360 \text{ cm}^3/\text{g}$ respectivamente.

Cabe señalar que la poca variación en el volumen específico mostrada por el gráfico se corrobora con el diagrama de Pareto de efectos estandarizados, ya que mediante este diagrama se determina que términos (lineales, cuadráticos y las interacciones) de las harinas de soya y cáscara de piña contribuyen más a la variabilidad en el volumen específico de las galletas, para que una variable independiente sea significativa en la variable respuesta es necesario que la barra correspondiente a cada factor sobrepase la línea de referencia a un nivel de significancia del 5%.

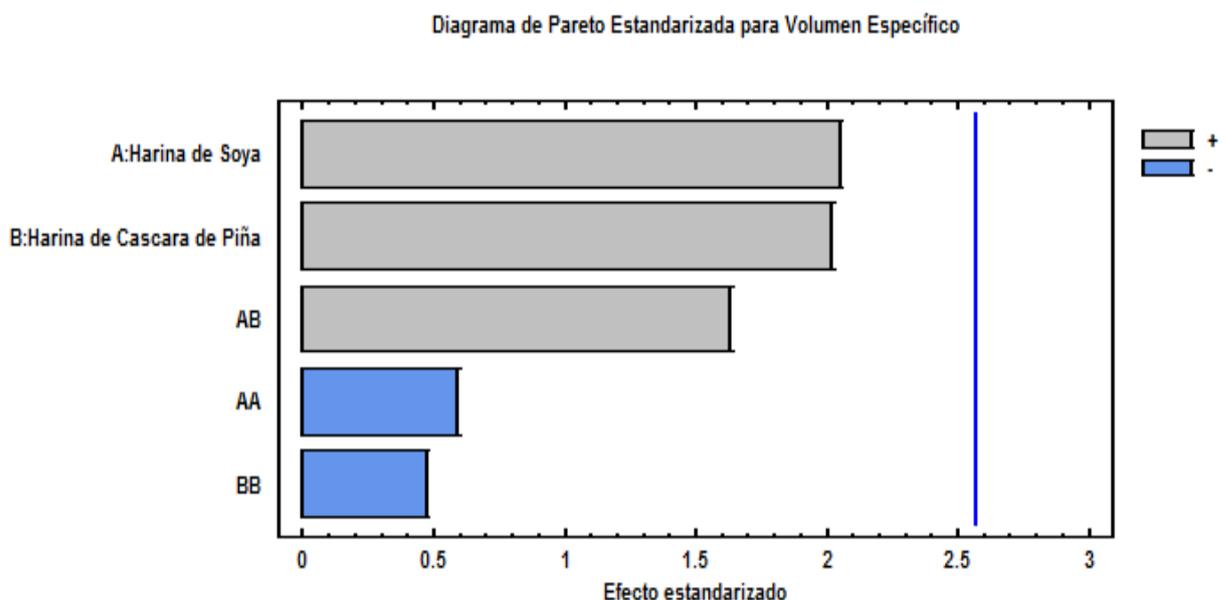


Figura 55: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el Volumen Específico de la Cookie con Chips de Cushuro.

El diagrama de Pareto Estandarizado demuestra que ningún término (lineal, cuadrático e interacción) de A: Harina de soya y B: Harina de cáscara de piña contribuye significativamente a la variabilidad del volumen específico de las cookies con chips de cushuro. Estos resultados son ratificados con el análisis de varianza que se detalla en el siguiente sub capitulo.

- Análisis de Varianza para el Volumen específico de las Cookies con Chips de Cushuro fortificadas con Harinas de Soya y Cáscara de Piña

La tabla ANOVA permite probar si la asociación entre el volumen específico (cm^3/g) y las Harinas de Soya y Cáscara de piña es estadísticamente significativa.

Tabla 63: Análisis de varianza para el Volumen específico (cm^3/g) de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Harina de Soya	0.00930319	1	0.00930319	4.19	0.0959
B:Harina de Cascara de Piña	0.00905284	1	0.00905284	4.08	0.0993
AA	0.000764521	1	0.000764521	0.34	0.5827
AB	0.00590593	1	0.00590593	2.66	0.1637
BB	0.000492144	1	0.000492144	0.22	0.6574
Error total	0.0110904	5	0.00221808		
Total (corr.)	0.0363331	10			

Nota.: Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$)

En este caso ninguno de los efectos (A, B, AA, BB y AB) de las Harinas de Soya y Cáscara de Piña tienen un valor-P menor que 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula afirmando que no existe una relación entre el volumen específico de las galletas y la incorporación de los % de las harinas de soya y cáscara de piña a la formulación.

Del mismo modo los estadísticos Coeficiente de determinación $R^2 = 69.4757\%$ y Coeficiente de determinación ajustado $R^2_{Aj} = 38.9514\%$,

responsables de determinar la calidad de ajuste del modelo con los datos, evidencian una falta de ajuste del modelo Cuadrático.

En general se puede decir que el modelo no presenta una calidad de ajuste satisfactorio, ya que ambos coeficientes tienen valores inferiores al 70% (Gutiérrez y De la Vara, 2012).

Con estos resultados no es conveniente predecir el comportamiento del volumen específico en base a las harinas de soya y cáscara de piña, por ello no es factible considerar la ecuación de regresión ni los gráficos de superficie de respuesta y de contornos.

A la vez no se puede predecir el comportamiento individual y de interacción de las harinas de soya y cáscara de piña con respecto al volumen específico de las cookies con chips de cushuro, ya que de hacerlo se incurriría en un grave error debido a la falta de ajuste del modelo cuadrático.

En conclusión, los resultados obtenidos de volumen específico de las cookies con chips de cushuro evidencian que no existe una relación entre la incorporación de las harinas de soya y cáscara de piña a la formulación con respecto a la variable dependiente (volumen específico).

Alegre y Asmat (2016), elaboraron galletas fortificadas con harina de haba, encontrando que la harina de haba produce una disminución del volumen específico (gr/cm^3) originando así galletas más compactas, este comportamiento se debe a la carencia de gluten por parte de la harina de haba evitando que la masa se esponje al no haber muchas cavidades producidas por el CO_2 , no obstante dicha variación no fue estadísticamente significativa ya que el valor-p no fue menor a 5%.

Asimismo, Sandoval (2020), evaluó el volumen específico de galletas dulces a base de harinas de trigo, hojas de moringa y soya mediante el análisis de superficie de respuesta, encontrando que el porcentaje de sustitución de harina de trigo por 6 a 18% de harina de soya no influye estadísticamente en la respuesta de estudio. No obstante, para alcanzar un volumen específico próximo al patrón ($5.6 \text{ cm}^3/\text{g}$) recomienda un rango óptimo para las harinas de soya y hojas de moringa de 1 – 3% y 3 – 5% respectivamente.

No obstante, en una investigación realizado por Cabeza (2009) manifiesta que la presencia de una harina rica en fibra (salvado de trigo) en la formulación de galletas, influyen en su peso y volumen final y por ende en su volumen específico, ello debido a una mayor retención de agua producto de la interacción de más agua a consecuencia de un mayor número de grupos hidroxilos de la estructura de la fibra a través de puentes de hidrogeno.

Del mismo modo, Silveira y Salas (2013, citado por Carranza y Toro, 2018) hallaron valores de volumen específico bajos por la presencia de alto contenido de fibra en la formulación, este efecto se debe al impedimento de la expansión de la red gluten que pueda atrapar el CO₂ producido, generando de esta manera una masa más dura, menos elástica y viscosa.

4.4.3. ANÁLISIS SENSORIAL DE LAS COOKIES

Podemos definir al análisis sensorial de los alimentos como una técnica de medida que evalúa determinadas características organolépticas de los alimentos (color, olor, sabor y textura) a través de las propiedades sensitivas de los humanos (vista, olfato, gusto, oído y tacto), consiguiendo datos cuantificables y objetables (Sancho, Bota y Castro, 2002, citado por Gonzales, 2009), los cuales son procesados e interpretados gracias a la ayuda de otras ciencias como la matemática y estadística (Hernández, 2005, citado por Mora y Ventura, 2018).

En productos como las galletas evaluar sus características sensoriales resulta ser imprescindible puesto que cualquier modificación en sus componentes (harinas, grasa, azúcar) alteran sus atributos sensoriales (color, olor, sabor y textura). Por consiguiente, es necesario realizar una evaluación sensorial de las cookies con chips de cushuro elaborada a base de harinas de soya y cáscara de piña, ya que al sustituir harina de trigo por harina de soya se origina una harina compuesta que ocasiona cambios en los atributos sensoriales de las galletas, principalmente en la textura, influyendo de esta manera en la aceptación por el consumidor (Vivas, 2009).

Del mismo modo la incorporación de la harina de cáscara de piña a la formulación por ser rica en fibra dietética modifica las propiedades

sensoriales de las galletas, debido a las propiedades de las fibras como la viscosidad, la capacidad de hinchamiento, de absorción de aceite y de retención de agua, (Mayorga, 2013).

Con ello se llevó a cabo el análisis sensorial de las 11 formulaciones de las cookies con chips de cushuro fortificadas con harinas de soya y cáscara de piña y de la cookie control, mediante una prueba afectiva que consistió en evaluar la apreciación subjetiva de 38 panelistas con respecto al color, olor, sabor, textura y aceptabilidad de la galleta utilizando una escala hedónica de 7 puntos siendo 1= Me disgusta mucho hasta 7= Me gusta mucho, así mismo se determinó la intención de compra por parte de los panelistas mediante una prueba de 5 puntos teniendo a 1= Ciertamente no compraría hasta 5= Ciertamente compraría. Antes de ejecutar el análisis sensorial se realizó una explicación previa a los 38 panelistas sobre las pautas para el otorgamiento de puntaje según la escala. Asimismo, las muestras de cookies fueron entregadas en forma codificada y aleatoria a los panelistas, de tal modo se aseguró de que no estén informados sobre la formulación de cada cookie.

a. Color

El color es uno de los atributos sensoriales que determinan la aceptación o rechazo de un producto de panificación sin siquiera ser probado, puesto que el aspecto visual que dejar el producto para el consumidor es muy determinante.

El contenido (%) de harina de cáscara de piña y harina de soya en las formulaciones resultaron afectar las características sensoriales como el color de las cookies.

Tabla 64: Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de color de superficie.

Formulación	%H. Soya	%H. Cáscara de Piña	Color de superficie*
F1	9.8	3.2	4.5789 ± 1.2868
F2	18.2	3.2	5.1316 ± 0.9056
F3	9.8	8.8	4.7895 ± 1.2768
F4	18.2	8.8	4.6316 ± 1.2611
F5	8	6	4.3684 ± 1.4222
F6	20	6	5.3421 ± 1.3209
F7	14	2	5.0789 ± 1.0999
F8	14	10	5.1053 ± 1.0078
F9	14	6	4.9211 ± 0.9968
F10	14	6	5.1316 ± 1.0698
F11	14	6	4.7895 ± 1.2978
CONTROL	0	0	4.8421 ± 1.4801

Nota * Media de 38 repeticiones + DS.

En la Tabla 65 se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el atributo de color de superficie.

Tabla 65: Análisis de varianza para el atributo sensorial Color de Cookies con Chips de Cushuro.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón -F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: PANELISTA	203.485	37	5.49959	4.96	0.0000
B: FORMULACIONES	32.761	11	2.97827	2.68	0.0024
RESIDUOS	451.489	407	1.10931		
TOTAL (CORREGIDO)	687.735	455			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El análisis presentado en la tabla ANOVA muestra que ambos efectos A: Panelistas y B: Formulaciones son estadísticamente significativos ($P < 0.05$), es decir para el efecto Formulaciones, las harinas de soya y cáscara

de piña influyen en el color de superficie de las cookies y esta es percibida por los panelistas.

Sandoval (2020) realizó una investigación sobre el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por las harinas de hoja de moringa y soya en la elaboración de galletas dulces. Sustituyó la harina de soya de un 2% a un 18%, tras su análisis sensorial y estadístico determinó que, para la obtención de mayores valores de aceptación de color, la concentración de harina de soya tenía que estar entre 7% y 10%, además la harina de soya resultó como un efecto significativo en la variable respuesta (color).

Banureka y Mahendran (2011) llevó a cabo un estudio de investigación para evaluar las características de calidad de galletas enriquecidas con harina de soya (0 al 25%). El análisis sensorial se llevó a cabo con una escala hedónica de 9 puntos, la puntuación media de todas las características sensoriales evaluadas disminuyó con el aumento de la harina de soya, el análisis estadístico indicó que no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el tratamiento control y la formulación con 10% de harina de soya para los atributos de sabor, textura y olor, pero la diferencia fue significativa para los atributos de color y aceptabilidad general.

El cambio de color en las cookies es producido por una parte debido a la reacción de Maillard, ésta es beneficiada cuando el alimento posee alto contenido de proteína, carbohidratos, contenido intermedio de humedad y un pH entre 4 y 7, la reacción de Maillard ocasiona cambios en el color y sabor en los productos de panificación como las cookies (Whitson, Miracle, y Drake, 2010).

Otro de los factores que influyen en la coloración de la cookie es atribuido por la harina de cascara de piña, puesto que presenta una coloración marrón la cual al ser incorporada en la mezcla de la formulación atribuye a que las cookies tengan ligeras coloraciones marrones oscuras.

El color de las cookies cambió de un color crema claro a un marrón oscuro, tras el incremento de las concentraciones de las harinas de soya y cascara

de piña. De acuerdo a la Tabla 64 la puntuación de color no disminuyó tras el incremento de las harinas de soya y cáscara de piña, por el contrario, estas aumentaron por lo cual se puede deducir que la combinación de ambas harinas produce cookies con coloraciones aceptables para los panelistas, en consecuencia, resulta favorable para el atributo sensorial de color la mezcla de ambas harinas.

Este efecto sensorial favorable también fue obtenido por Viva de Toledo, Nunes, Moreira da Silva, Spoto, y Canniatti (2017) en su investigación, en donde reemplazaron harina de trigo por harina de cáscara de piña de un 5% a 15%, y tras el análisis sensorial se determinó una influencia positiva en la formulación con 15% de harina de cascara de piña, inclusive superior a la muestra control, en cuanto al puntaje para los atributos como la apariencia, además presentó una aceptación del 97% de los panelistas.

La Tabla 66 muestra que tanto la F5 (8% Harina de Soya y 6% harina de cascara de piña) como la F6 (20% Harina de Soya y 6% harina de cascara de piña) fueron las únicas formulaciones que presentaron diferencia significativa, y esta se dio entre ambas formulaciones para el atributo sensorial de color de superficie de las cookies, como se puede diferenciar ambas muestras poseen el mínimo (F5) y el máximo (F6) % de concentración de harina de soya, por ende esta concentración tiene efecto en el color de superficie de las cookies y esta es percibida por los panelistas, además de ello este cambio de color fue aceptada y preferida por los panelistas, reflejando esto en la puntuación obtenida en la Tabla 64.

Tabla 66: Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial Color de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
F5 – F6	*	-0.973684	0.794247

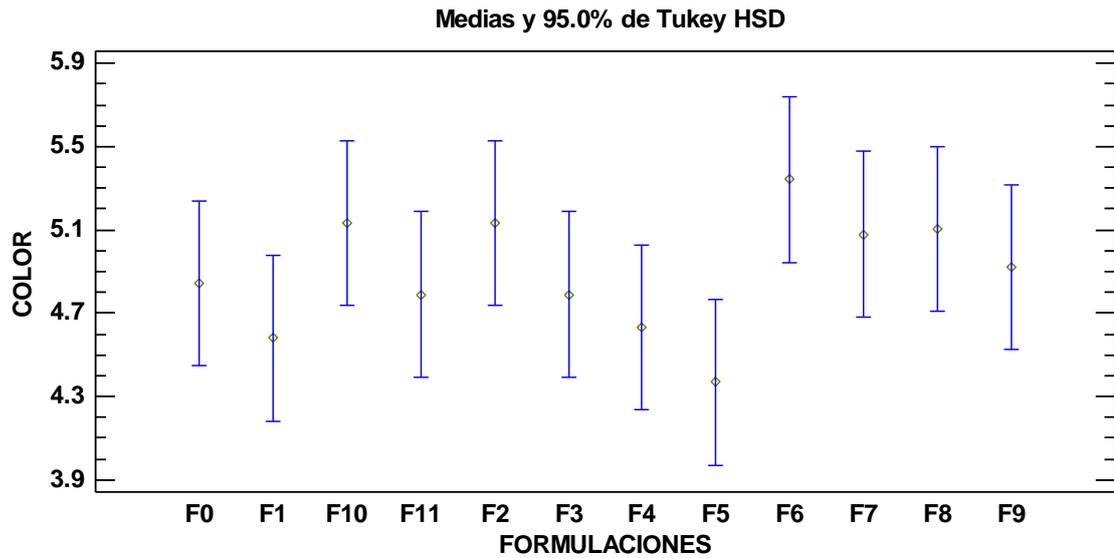


Figura 56: *Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial color de Cookies con Chips de Cushuro.*

La gráfica presentada en la Figura 56 muestra que la formulación con mayor media es la F6 (20% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña), y a su vez la formulación con la media más baja fue la F5 (8% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña). La diferencia significativa entre ambas formulaciones también se evidencia en la Tabla 66 (F5 y F6).

La formulación F6 presentó una mejor puntuación para el atributo de color de superficie de las cookies con una media de 5.3421; es decir, la formulación compuesta por la sustitución con 20% de Harina de Soya y 6% de Harina de Cáscara de piña fue la que más agradó en cuanto a color a los panelistas. Mientras que la formulación F5 obtuvo una puntuación media de 4.3684 el cual resultó la más baja entre las 11 formulaciones y el control. Cabe señalar que no existieron puntuaciones medias por debajo de 3, por lo que se puede afirmar que ninguna de las formulaciones fue de desagrado respecto al atributo de color de las cookies.

Respecto a la obtención de mejores puntajes para concentraciones más altas de sustitución estas también fueron obtenidas por McWatters (1978) en su investigación, en la que obtuvieron puntuaciones más altas (media de 9.1) respecto al a color para cookies elaboradas con 20% de sustitución de harina de soya además esta fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$) de la muestra control.

b. Olor

Este atributo es de gran relevancia en cuanto a calidad y frescura de los alimentos, la percepción del olor varía de un alimento a otro debido a las sustancias volátiles que se liberan y son captadas por medio de la nariz, es por ello para evitar una percepción de olor errónea por contaminación con otros olores se debe mantener los alimentos en recipientes herméticos (Anzaldúa, 2005, citado por Falla y Ramón, 2018).

Tabla 67: Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de olor.

Formulación	%H. Soya	%H. Cáscara de Piña	Olor de superficie*
F1	9.8	3.2	4.4211 ± 1.0813
F2	18.2	3.2	4.5789 ± 1.2221
F3	9.8	8.8	4.8421 ± 1.0007
F4	18.2	8.8	4.6053 ± 0.9455
F5	8	6	4.3421 ± 1.1217
F6	20	6	4.9737 ± 0.9996
F7	14	2	4.6842 ± 0.8089
F8	14	10	4.9474 ± 0.9285
F9	14	6	4.8947 ± 1.0078
F10	14	6	5.1053 ± 1.0078
F11	14	6	4.7632 ± 1.0764
CONTROL	0	0	4.9737 ± 1.1025

Nota * Media de 38 repeticiones + DS.

Por consiguiente, luego de obtener la puntuación para este atributo por parte de los panelistas se procedió a evaluar el olor de las galletas mediante un análisis de varianza para determinar si existe o no diferencias significativas entre las formulaciones.

Tabla 68: Análisis de varianza para el atributo sensorial Olor de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A:PANELISTA	174.529	37	4.71699	6.47	0.0000
B:FORMULACIONES	23.6557	11	2.15052	2.95	0.0009
RESIDUOS	296.761	407	0.729142		
TOTAL	494.945	455			
(CORREGIDO)					

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

En la tabla ANOVA se visualiza que ambos efectos A: Panelistas y B: Formulaciones son estadísticamente significativos al ser menores que el valor-P (0.05), es decir que las harinas de soya y cáscara de piña influyen en la percepción del olor de las cookies por parte de los panelistas.

Cabe señalar que existen más de 400 compuestos volátiles responsables del aroma característico de la piña, un estudio realizado en piñas frescas provenientes de Brasil identificó los siguientes compuestos volátiles esteroides, alcoholes, aldehídos, hidrocarburos (incluidos monoterpenos) y esteroides azufrados (Braga, Pedroso y Silva, 2009, citado en Pino, 2019).

Del mismo modo, Cedeño y Zambrano (2014) obtuvieron diferencias significativas en cuanto al olor de las galletas, siendo la mejor, la galleta con incorporación de 8% de harina de cáscara de piña.

A la vez resulta importante mencionar que la harina de soya proporciona a la galleta un olor característico agradable, esta idea es respaldada por lo mencionado por Arroyo (2014) que determinó como mejor tratamiento a la galleta elaborada con mayor porcentaje de harina de soya.

Por otro lado, al comprobar que si existe significancia estadística en las formulaciones se realizó la prueba Tukey con el objeto de encontrar que medias de las formulaciones presentan una diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 69: Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial Olor de Cookies con Chips de Cushuro.

Contraste	Sig.	Diferencia +/- Límites
F1 - F10	*	-0.684211 0.643925
F10 - F5	*	0.763158 0.643925

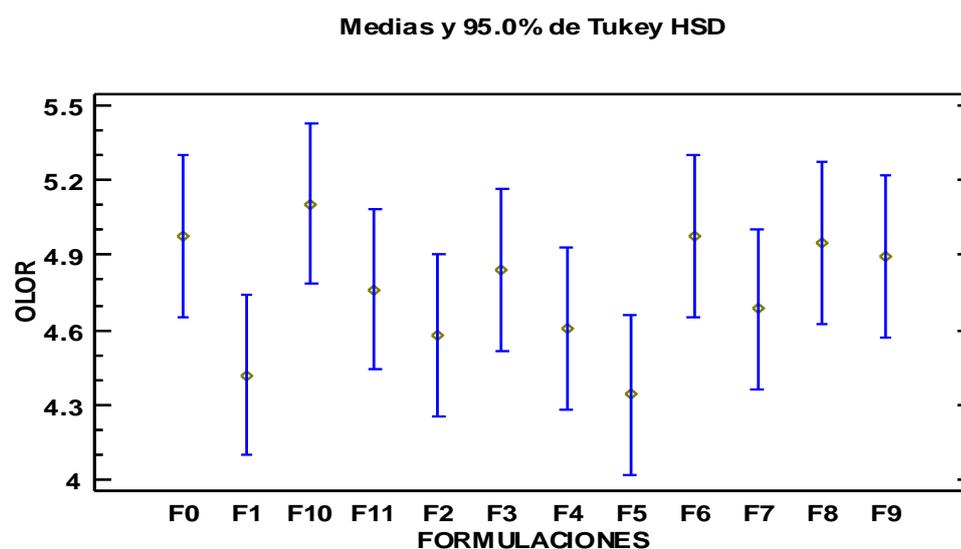


Figura 57: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial Olor de Cookies con Chips de Cushuro.

Gráficamente podemos visualizar que la formulación con mayor media es la F10 (80% Harina de Trigo, 14% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña), a diferencia de las F1 (87% Harina de Trigo, 9.8% Harina de Soya y 3.2% Harina de Cascara de piña) y F5 (86% Harina de Trigo, 8% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña) que tienen las medias más bajas.

En la Tabla 69, se muestra una diferencia significativa entre 2 pares de medias de las formulaciones F1-F10 y F10-F5.

Por consiguiente, se puede decir que la F10 fue de mayor agrado por parte de los panelistas en cuanto al atributo olor obteniendo una media de 5.11 que significa que el agrado del olor de las galletas fue leve, así mismo hay que resaltar que ninguna formulación obtuvo una media inferior a 4 lo cual indica que no les desagradó el olor de las cookies.

Cabe mencionar lo reportado por Mesta y Miñope (2018), quienes encontraron diferencias significativas ($p < 5\%$) en el olor de galletas elaboradas a base de 5%, 10%, 15% y 20% de fibra dietética de piña (FP) y 95%, 90%, 85% y 80% de harina de sorgo (HS), determinaron también el mejor tratamiento mediante una prueba de comparación de medias, resultando la galleta con 20% FP y 80% HS la mejor.

Asimismo, López (2014), realizó una investigación sobre la obtención de harina de cáscara de piña con diferentes tiempos y temperaturas de secado para elaborar galletas, efectuando un análisis sensorial con una escala hedónica de 5 puntos, obteniendo para el olor como la mejor galleta la elaborada con 30% Harina de cascara de piña y 70% Harina de Trigo, con un puntaje de 4 que indica su buena aceptación por los panelistas.

Otro estudio efectuado por Sandoval (2020), señala que llevo a cabo un análisis sensorial con una escala de 9 puntos para galletas elaboradas a base de harina de cáscara de soya y moringa, concluyendo que la formulación F8 (10% Harina de soya y 6% harina de moringa) obtuvo mayor puntaje para olor sensorial.

c. Sabor

La percepción del sabor no solo ocurre cuando probamos el alimento con la lengua, ya que las papilas gustativas de la lengua solo son capaces de determinar si el alimento es dulce, ácido, salado y amargo, es por ello para determinar correctamente el sabor de un alimento es necesario que interactúen los sentidos del olfato y gusto, así mismo el sabor es afectado por dos atributos sensoriales, el color y la textura (Falla y Ramón, 2018).

El sabor en productos horneados se debe principalmente a sus ingredientes que lo componen, siendo un ingrediente principal la harina con la que son elaborados estos productos, las harinas de soya y cáscara de piña contribuyen positivamente en el sabor de las galletas.

Ello es corroborado al analizar los puntajes otorgados por los panelistas luego de realizar el análisis sensorial, para comprobar si existe o no

diferencia significativa en las formulaciones en cuanto al sabor de las galletas se realizó el análisis de varianza de los puntajes.

Tabla 70: Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de sabor.

Formulación	%H. Soya	%H. Cáscara de Piña	Sabor*
F1	9.8	3.2	4.6316 ± 1.4411
F2	18.2	3.2	4.8158 ± 1.3528
F3	9.8	8.8	5.0000 ± 1.4519
F4	18.2	8.8	5.1579 ± 1.4431
F5	8	6	4.0000 ± 1.3950
F6	20	6	5.4737 ± 1.1327
F7	14	2	4.8684 ± 1.1894
F8	14	10	4.4474 ± 1.4832
F9	14	6	4.6316 ± 1.3032
F10	14	6	5.0000 ± 1.3950
F11	14	6	4.5263 ± 1.2678
CONTROL	0	0	5.4211 ± 1.2221

Nota * Media de 38 repeticiones + DS.

Tabla 71: Análisis de varianza para el atributo sensorial Sabor de Cookies con Chips de Cushuro.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A:PANELISTA	300.588	37	8.12399	7.28	0.0000
B:FORMULACIONES	129.123	11	11.7384	10.52	0.0000
RESIDUOS	454.044	407	1.11559		
TOTAL	883.754	455			
(CORREGIDO)					

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

La tabla ANOVA evidencia que ambos efectos principales A: Panelistas y B: Formulaciones son estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%, con ello se confirma que ambas harinas de soya y piña afectan el sabor de las galletas.

Del mismo modo, Mesta y Miñope (2018), encontraron diferencias significativas ($p < 5\%$) en el sabor de galletas elaboradas a base de 5%, 10%, 15% y 20% de fibra dietética de piña (FP) y 95%, 90%, 85% y 80% de harina de sorgo (HS), debido a ello realizaron una prueba de comparación de medias, determinando como la mejor formulación de la cookie con 20% FP y 80% HS.

A diferencia de ello es importante mencionar lo reportado por López (2014), quien no encontró diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% en el atributo sabor para galletas elaboradas con 10%, 20% y 30% de harina de cáscara de piña, no obstante, recibieron una buena puntuación puesto que la galleta obtuvo un puntaje de 4 sobre una valoración de 5 puntos.

Cabe señalar que el análisis de varianza se complementa con un análisis de comparación múltiple, de tal manera de identificar que medias de las formulaciones son significativamente diferentes de otras, el método de Tukey permite encontrar que pares de medias son significativamente diferentes con un margen de error del 5% para ello se emplea un procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD), la siguiente tabla resume los pares de las formulaciones que son significativos.

Tabla 72: Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial Sabor de Cookies con Chips de Cushuro.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F0 - F1	*	1.05263	0.796491
F0 - F11	*	1.15789	0.796491
F0 - F2	*	0.868421	0.796491
F0 - F5	*	1.68421	0.796491
F0 - F7	*	0.815789	0.796491
F0 - F8	*	1.23684	0.796491
F0 - F9	*	1.05263	0.796491
F1 - F6	*	-1.44737	0.796491
F10 - F5	*	1.0	0.796491
F10 - F6	*	-1.07895	0.796491
F11 - F6	*	-1.55263	0.796491
F2 - F5	*	0.815789	0.796491
F2 - F6	*	-1.26316	0.796491
F3 - F5	*	1.0	0.796491
F3 - F6	*	-1.07895	0.796491
F4 - F5	*	1.15789	0.796491
F4 - F6	*	-0.921053	0.796491
F5 - F6	*	-2.07895	0.796491
F5 - F7	*	-0.868421	0.796491
F6 - F7	*	1.21053	0.796491
F6 - F8	*	1.63158	0.796491
F6 - F9	*	1.44737	0.796491

Medias y 95.0% de Tukey HSD

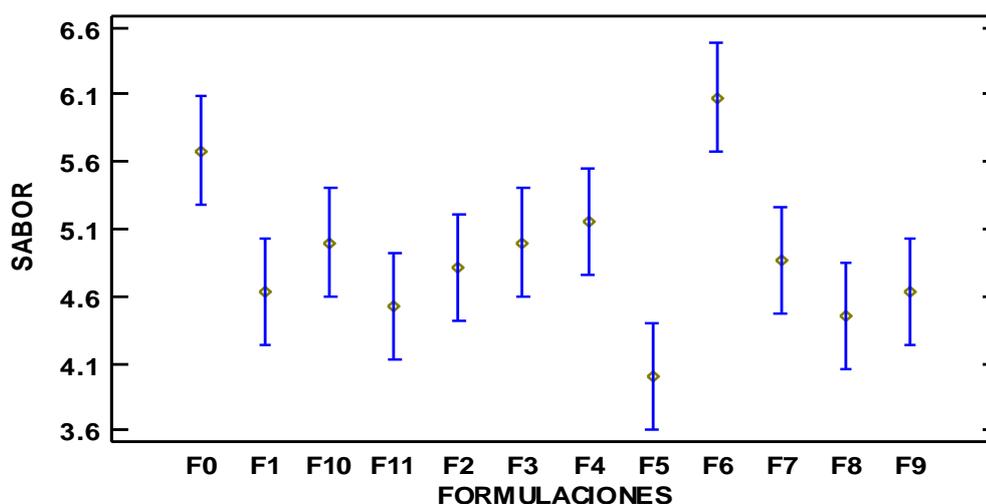


Figura 58: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial Sabor de Cookies con Chips de Cushuro.

Al observar la gráfica de medias y prueba de Tukey notamos claramente que la formulación con mayor media es la F6 (20%Harina de Soya y 6%Harina de Cáscara de Piña) seguida de la F0 o control, a diferencia de ello la F5 (8%Harina de Soya y 6%Harina de Cáscara de Piña) obtuvo el menor puntaje, siendo estos resultados respaldados por la tabla de Tukey HSD mostrando las diferencias significativas al contrastar las formulaciones F6, F0 y F5 con respecto a las otras formulaciones, resultando un total de 22 pares con diferencias significativas. Resulta relevante mencionar que la F6 obtuvo una valoración promedio de 6.08 que significa un agrado moderado por parte de los panelistas incluso ligeramente superior a la galleta control con media de 5.68, con ello podemos decir que las harinas de soya y cáscara de piña mejoran el sabor de las galletas.

Cabe resaltar el trabajo realizado por Jara (2019) quien elaboró galletas enriquecidas con harina de cascara deshidratada de piña y con edulcorante natural de Stevia, encontrando como mejor formulación para el atributo sensorial sabor a la galleta elaborada con 12% de harina de cascara de piña y 88% de harina de trigo, logrando una puntuación de 3.87 de una escala hedónica de 5 puntos, indicando que el sabor de la galleta fue buena, ello debido al sabor agridulce característico de la piña, siendo responsable los azúcares simples (fructuosa y glucosa) y ácidos orgánicos presentes en su composición.

Al igual Chumo y Rodríguez (2018) obtuvieron una galleta con sabor característico y agradable, la elaborada con 10% de harina de cascara de piña y 90% de harina de trigo; a la vez Cedeño y Zambrano (2014), hallaron como mejor tratamiento la galleta elaborada a base de 8% de harina de cáscara de piña y 92% de harina de trigo.

Por otro lado, Sandoval (2020), determinó que la incorporación de harina de soya en la elaboración de galletas disminuye la aceptación del sabor por parte de los panelistas, ya que la galleta con mayor contenido de soya obtuvo menor puntaje, no obstante, el puntaje obtenido fue de 7.44 de una escala de 9 puntos, lo cual indica que el sabor fue bueno.

Resulta importante destacar lo mencionado por Caiza (2015) quien atribuye a la fibra como la responsable de una disminución en la aceptación en cuanto al sabor, siempre y cuando se elaboren galletas con adición de fibra con niveles superiores a 20%.

d. Textura

La textura es un atributo sensorial de gran relevancia en productos alimenticios como las galletas, mediante el sentido del tacto ocasionamos la deformación del alimento conociendo así si el alimento es duro o blando (Arroyo y Barrientos, 2014). No obstante, la textura no solo es percibida a través del tacto, sino en conjunto con los sentidos de la vista y el oído. A la vez este atributo se complementa durante la masticación por el esfuerzo mecánico que se necesita para fracturar el alimento, generando ondas sonoras que producen la vibración del tímpano que se transmite al nervio auditivo de forma automática quien transfiere la sensación al cerebro (Mollo, 2021).

Asimismo, esta propiedad sensorial es afectada también por los ingredientes que se emplean en la elaboración de galletas y tiempos de horneado, siendo la harina de cascara de piña, por su alto contenido en fibra dietética, responsable de cambios en la textura de las galletas, pues como ya se mencionó anteriormente su incorporación origina que la galleta sea más dura.

Es importante mencionar el trabajo realizado por Gonzales (2007), quien elaboró galletas a base de harinas de trigo y bagazo de naranja, encontrando parámetros de sustitución aceptables entre 10% y 20 % de harina de bagazo de naranja originando una galleta con una textura crujiente, mientras al incrementar el nivel de sustitución por 30% y 40% se producen galletas duras, ello debido a un reforzamiento de la estructura desarrollada por los almidones a causa del alto contenido de fibra que tienen las harinas provenientes de cascara de frutas.

Tabla 73: Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de textura.

Formulación	%H. Soya	%H. Cáscara de Piña	Textura*
F1	9.8	3.2	4.8421 ± 1.5339
F2	18.2	3.2	4.5263 ± 1.5723
F3	9.8	8.8	4.7632 ± 1.4034
F4	18.2	8.8	4.8421 ± 1.4801
F5	8	6	3.8947 ± 1.5732
F6	20	6	5.5000 ± 1.4094
F7	14	2	4.8684 ± 1.2980
F8	14	10	4.4474 ± 1.3496
F9	14	6	4.1842 ± 1.7062
F10	14	6	5.0789 ± 1.2602
F11	14	6	4.4474 ± 1.0830
CONTROL	0	0	5.3158 ± 1.3377

Nota * Media de 38 repeticiones + DS.

Mediante el análisis de varianza de los puntajes otorgados por los panelistas para este atributo se determinó que la incorporación de las harinas de soya y cáscara de piña influyen en la textura de las galletas, ya que las formulaciones son significativas a un nivel de confianza del 95%. A diferencia de ello, Mesta y Miño (2018), no encontraron diferencias significativas ($p > 5\%$) en cuanto al parámetro sensorial textura, lo cual significa que la textura de las galletas elaboradas a base de 5%, 10%, 15% y 20% de fibra dietética de piña (FP) y 95%, 90%, 85% y 80% de harina de sorgo (HS) son similares.

Tabla 74: Análisis de varianza para el atributo sensorial Textura de Cookies con Chips de Cushuro.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón -F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: PANELISTA	341.985	37	9.24283	6.70	0.0000
B: FORMULACIONES	87.3925	11	7.94478	5.76	0.0000
RESIDUOS	561.357	407	1.37926		
TOTAL (CORREGIDO)	990.735	455			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Cabe mencionar que una vez comprobada la significancia del efecto B: Formulaciones, es necesario realizar la prueba de Tukey HSD para encontrar los pares de formulaciones que presentan diferencias estadísticamente significativas, ello se puede visualizar en la siguiente tabla.

Tabla 75: Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial Textura de Cookies con Chips de Cushuro.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F0 - F5	*	1.42105	0.885629
F0 - F9	*	1.13158	0.885629
F1 - F5	*	0.947368	0.885629
F10 - F5	*	1.18421	0.885629
F10 - F9	*	0.894737	0.885629
F11 - F6	*	-1.05263	0.885629
F2 - F6	*	-0.973684	0.885629
F4 - F5	*	0.947368	0.885629
F5 - F6	*	-1.60526	0.885629
F5 - F7	*	-0.973684	0.885629
F6 - F8	*	1.05263	0.885629
F6 - F9	*	1.31579	0.885629

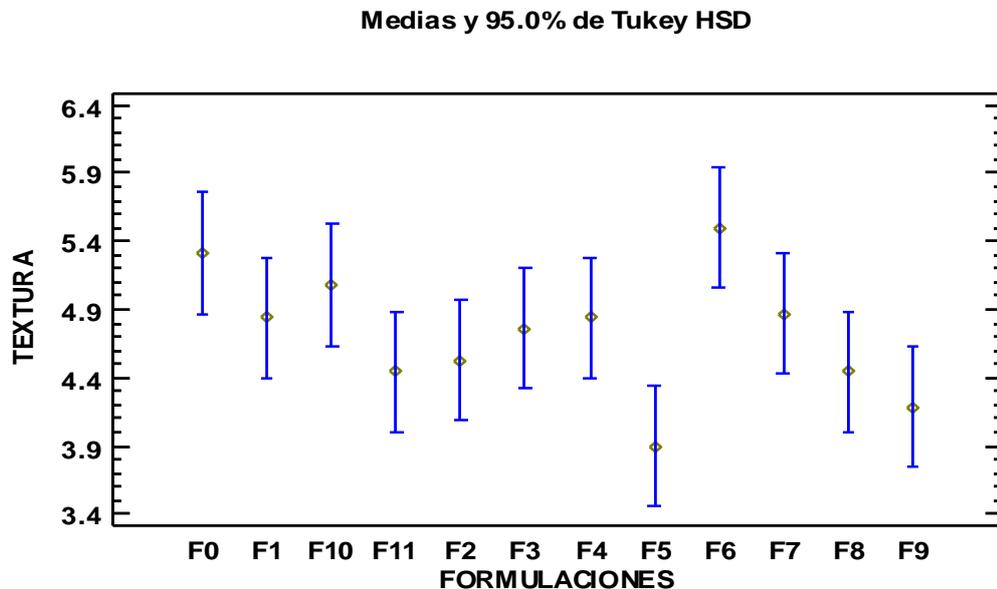


Figura 59: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial Textura de Cookies con Chips de Cushuro.

En la tabla 75 visualizamos que 12 pares de formulaciones presentan diferencia estadísticamente significativa, y con la ayuda de la figura 59 determinamos que la F6 (20% Harina de Soya y 6% Harina de Cáscara de Piña) y F0 (control) son las formulaciones con mejor media con 5.5 y 5.3 respectivamente, mientras que la F5 (8% Harina de Soya y 6% Harina de Cáscara de Piña) obtuvo el menor puntaje con una media de 3.9.

Es preciso mencionar que ambas formulaciones tienen 6% de harina de cascara de piña a diferencia del % harina de soya que es mayor en la F6, lo cual puede indicar que la harina de soya mejora la textura de las galletas. Esta idea es respaldada por Sandoval (2020), quien determinó como mejores tratamientos para la textura sensorial las galletas elaboradas con incorporación de 7 y 13% harina de soya y 4 y 6% de harina de moringa respectivamente, obteniendo un puntaje de 7.91 de una escala hedónica de 9 puntos indicando que la textura de la galleta es agradable para los panelistas, en parte gracias a las proteínas de la harina de soya que mejora las propiedades texturales de la galleta, a ello se le suma la alta capacidad de retención de agua que presenta esta harina.

Es necesario tener en cuenta que la harina de cáscara de piña por su alto contenido en fibra dietética modifica la estructura interna de la galleta cambiando la textura de la galleta por tanto su incorporación en la galleta debe ser controlada, de tal manera de verificar que al aumentar el nivel de sustitución no origine una galleta dura y poco agradable para el consumidor.

Resulta importante mencionar lo realizado por López (2014), quien elaboró galletas a partir de la obtención de harina de cáscara de piña con diferentes tiempos y temperaturas de secado, al realizar un análisis sensorial con una escala hedónica de 5 puntos, obtuvo que no existe diferencias significativas a un nivel de confianza del 95% para la textura de las galletas, siendo la mejor galleta la elaborada con 20% Harina de cascara de piña y 80% Harina de Trigo, con un puntaje de 4 que indica que la textura de las galletas es satisfactorio para los panelistas.

Por otro lado, Cedeño y Zambrano (2014) luego de realizar el análisis sensorial para el atributo textura, los panelistas establecieron una diferencia altamente significativa en las formulaciones, consiguieron

como mejor formulación la galleta elaborada con 8% de harina de cáscara de piña y 92% de harina de trigo.

En concordancia Jara (2019) señala que obtuvo una galleta con textura crujiente, elaborada a base de 88% harina de trigo y 12% harina de cáscara deshidratada de piña, a la vez consiguió la aceptación por parte de los panelistas quienes le otorgaron el mayor puntaje a esta formulación.

e. Aceptabilidad general

La aceptabilidad general abarca el agrado o rechazo de todos los atributos sensoriales en conjunto de las cookies. Los resultados de su puntuación representaran la opinión global de la cookie, puesto que se evaluarán todas sus características sensoriales y se le asignaran una puntuación referente.

En la Tabla 76 se muestran los puntajes promedios obtenidos luego de la evaluación sensorial respecto al atributo de aceptabilidad general de las cookies.

Tabla 76: Valores de puntuación promedio para el atributo sensorial de aceptación general de cookies.

Formulación	%H. Soya	%H. Cáscara de Piña	Aceptabilidad General*
F1	9.8	3.2	4.8684 ± 1.4364
F2	18.2	3.2	4.7105 ± 1.2715
F3	9.8	8.8	5.0526 ± 1.0892
F4	18.2	8.8	5.4200 ± 1.4215
F5	8	6	4.2368 ± 1.4225
F6	20	6	5.5789 ± 1.1302
F7	14	2	4.8947 ± 1.0853
F8	14	10	4.6842 ± 1.3377
F9	14	6	4.6316 ± 1.4222
F10	14	6	5.1842 ± 1.1355
F11	14	6	4.7895 ± 1.1427
CONTROL	0	0	5.3947 ± 1.1280

Nota. * Media de 38 repeticiones + DS.

La Tabla 76 muestra que la formulación F5 (8% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña) posee la menor puntuación promedio de Aceptabilidad General (4.2368 ± 1.4225) mientras que la formulación F6 (20% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña) presentó la mayor puntuación promedio (5.5789 ± 1.1302) entre todas las formulaciones e inclusive fue superior a la muestra control evaluada (5.3947 ± 1.1280).

En la Tabla 77 se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico de varianza (ANOVA) para el atributo de aceptabilidad general.

Tabla 77: *Análisis de varianza para el atributo de Aceptabilidad General de Cookies con Chips de Cushuro.*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: PANELISTA	352.632	37	9.53058	11.02	0.0000
B: FORMULACIONES	54.7807	11	4.98006	5.76	0.0000
RESIDUOS	352.053	407	0.864994		
TOTAL (CORREGIDO)	759.465	455			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

La tabla ANOVA muestra que los 2 efectos principales, Panelistas y Formulaciones, son estadísticamente significativos ($p < 0.05$), en consecuencia, para el efecto Formulaciones, la concentración de las harinas de soya y cáscara de piña influyen en la aceptabilidad general de las cookies por parte de los panelistas.

La obtención de puntuaciones favorables y altas para concentraciones altas (15%) de harina de soya también fueron reportadas en otras investigaciones como la de Taghdir, y otros (2016), en su investigación realizaron un estudio el cual fue evaluar el efecto de la harina de soya sobre las características nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales de pan sin gluten. En esta investigación se reemplazó la harina de soya en un 5%, 10% y 15%, y, tras ser evaluada por un grupo de jueces y analizada con una ficha sensorial con escala hedónica de 5 puntos se determinó que la muestra de pan con 15% de harina de soya resultó tener la puntuación más

alta para los atributos de aceptabilidad general ($4.45 \pm 0,68$), color, olor, textura excepto para el atributo de sabor. Así, la incorporación de harina de soja en 15% producen galletas con alta aceptabilidad general.

Se realizó la prueba de Tukey con el objeto de encontrar que medias de las formulaciones presentan diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%.

La Tabla 78 muestran la combinación de formulaciones que presentaron diferencia significativa, para el atributo sensorial de aceptabilidad general de las cookies, como se puede diferenciar en la tabla la mayoría de las muestras poseen el mínimo y el máximo % de concentración de las harinas de soja y cáscara de piña, un ejemplo de ellos son la formulación F5 (8% Harina de Soya y 6% harina de cascara de piña) y la F6 (20% Harina de Soya y 6% harina de cascara de piña), en todos los casos se evidencia un mayor ponderación de puntaje para la formulaciones con más alto nivel de sustitución.

Tabla 78: Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para el atributo sensorial de Aceptabilidad General de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
F0 - F5	*	1.15789	0.701352
F0 - F8	*	0.710526	0.701352
F0 - F9	*	0.763158	0.701352
F1 - F6	*	-0.710526	0.701352
F10 - F5	*	0.947368	0.701352
F11 - F6	*	-0.789474	0.701352
F2 - F6	*	-0.868421	0.701352
F3 - F5	*	0.815789	0.701352
F4 - F5	*	0.842105	0.701352
F5 - F6	*	-1.34211	0.701352
F6 - F8	*	0.894737	0.701352
F6 - F9	*	0.947368	0.701352

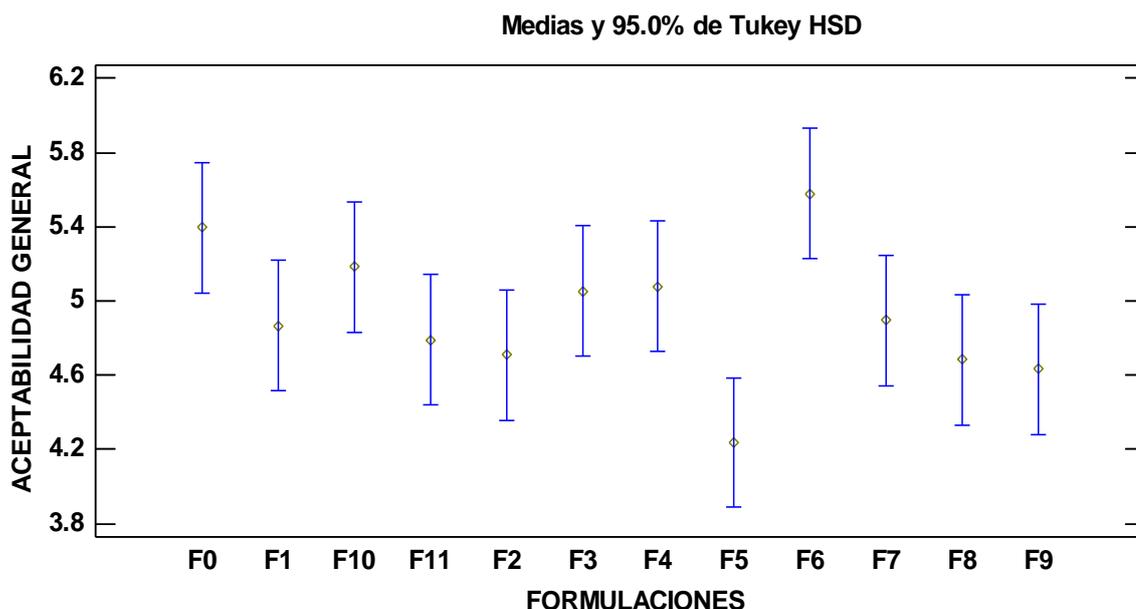


Figura 60: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial de Aceptabilidad General de Cookies con Chips de Cushuro.

La grafica de medias que se observa en la Figura 60 muestra que la formulación con mayor media es la F6 (20% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña), asimismo la formulación que presentó la media más baja fue la F5 (8% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña). diferencia significativa entre ambas formulaciones también se evidencia en la Tabla 75 (F5 y F6).

La formulación F6 presentó una mejor puntuación para el atributo de aceptabilidad general de las cookies con una media de 5.5789, es decir la formulación compuesta por la sustitución con 20% de Harina de Soya y 6% de Harina de Cáscara de piña fue la que más cumplió o satisfizo los atributos sensoriales de los panelistas. Mientras que la formulación F5 obtuvo una puntuación media de 4.2368 el cual resultó la más baja entre las 11 formulaciones y el control.

Es importante señalar que no existieron puntuaciones medias por debajo de 3, por lo que se puede afirmar que ninguna de las formulaciones fue de desagrado respecto al atributo de color de las cookies.

f. Intención de Compra

La intención de compra está relacionada con la aceptación de las características del producto tanto físicas sensoriales como del costo. Con la finalidad de determinar el nivel de aceptación de compra o agrado de las cookies, se utilizó una escala hedónica de 5 puntos (1 - Ciertamente no compraría, 2 - Probablemente no compraría, 3 - Tal vez compraría / tal vez no compraría, 4 - Probablemente compraría, 5 - Ciertamente compraría), de esta manera se determinó cual de la formulación tiene mejor ponderación o puntuación de Intención de compra.

En la tabla 79 se describen las puntuaciones obtenidas tras la evaluación sobre el factor de Intención de compra.

Tabla 79

Valores de puntuación promedio para la Intención de compra de cookies.

Formulación	%H. Soya	%H. Cáscara de Piña	Intención de compra*
F1	9.8	3.2	3.6579 ± 1.0681
F2	18.2	3.2	3.4211 ± 1.0560
F3	9.8	8.8	3.5000 ± 1.0064
F4	18.2	8.8	4.0500 ± 1.1009
F5	8	6	2.8947 ± 1.0601
F6	20	6	4.1579 ± 1.0694
F7	14	2	3.5000 ± 0.9515
F8	14	10	3.4474 ± 1.0830
F9	14	6	3.3947 ± 1.2221
F10	14	6	3.7895 ± 1.0617
F11	14	6	3.4211 ± 0.8893
CONTROL	0	0	4.0789 ± 0.9118

Nota. * Media de 38 repeticiones + DS.

Tabla 80: Análisis de varianza para la Intención de compra de Cookies con Chips de Cushuro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: PANELISTA	192.825	37	5.21147	7.30	0.0000
B: FORMULACIONES	48.9123	11	4.44657	6.22	0.0000
RESIDUOS	290.754	407	0.714384		
TOTAL (CORREGIDO)	532.491	455			

Nota. Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

La tabla 80 ANOVA muestra que ambos efectos (Panelistas y Formulaciones) son estadísticamente significativos ($p < 0.05$), es decir, para el efecto principal Formulaciones, la concentración de las harinas de soya y cáscara de piña presente en la mezcla influyen en la intención de compra de las cookies por parte de los panelistas.

Viva de Toledo, Nunes, Moreira da Silva, Spoto, y Canniatt (2017) investigaron la influencia de la harina de los subproductos de piña, manzana y melón en las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas, dentro de las características que se evaluaron estaban el análisis sensorial y la intención de compra. Las galletas elaboradas con un 15% de harina de cáscara de piña tuvieron una intención de compra del 53% del total de sus panelistas, es decir más de la mitad de los panelistas señalaron que comprarían las galletas. Si bien este valor no puede ser directamente comparado con el obtenido en la Tabla 79, se puede verificar en esta tabla que ninguna de las 11 formulaciones tuvo una puntuación promedio inferior a 2 (no lo compraría), por lo que se infiere que de ser comercializadas tendrían aceptación por parte de los consumidores.

Luego de verificar que existe significancia estadística en las formulaciones se procedió a realizar la prueba Tukey, con la finalidad de definir que medias de las formulaciones presentan diferencia estadísticamente significativa entre ellas, a un nivel de confianza del 95% ($p < 0.05$).

Tabla 81: Prueba de Múltiples Rangos Tukey HSD para Intención de compra de Cookies con Chips de Cushuro.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F0 - F11	*	0.657895	0.637375
F0 - F2	*	0.657895	0.637375
F0 - F5	*	1.18421	0.637375
F0 - F9	*	0.657895	0.637375
F1 - F5	*	0.789474	0.637375
F10 - F5	*	0.921053	0.637375
F11 - F6	*	-0.789474	0.637375
F2 - F6	*	-0.789474	0.637375
F3 - F6	*	-0.684211	0.637375
F4 - F5	*	0.736842	0.637375
F5 - F6	*	-1.31579	0.637375
F6 - F7	*	0.710526	0.637375
F6 - F8	*	0.763158	0.637375
F6 - F9	*	0.789474	0.637375

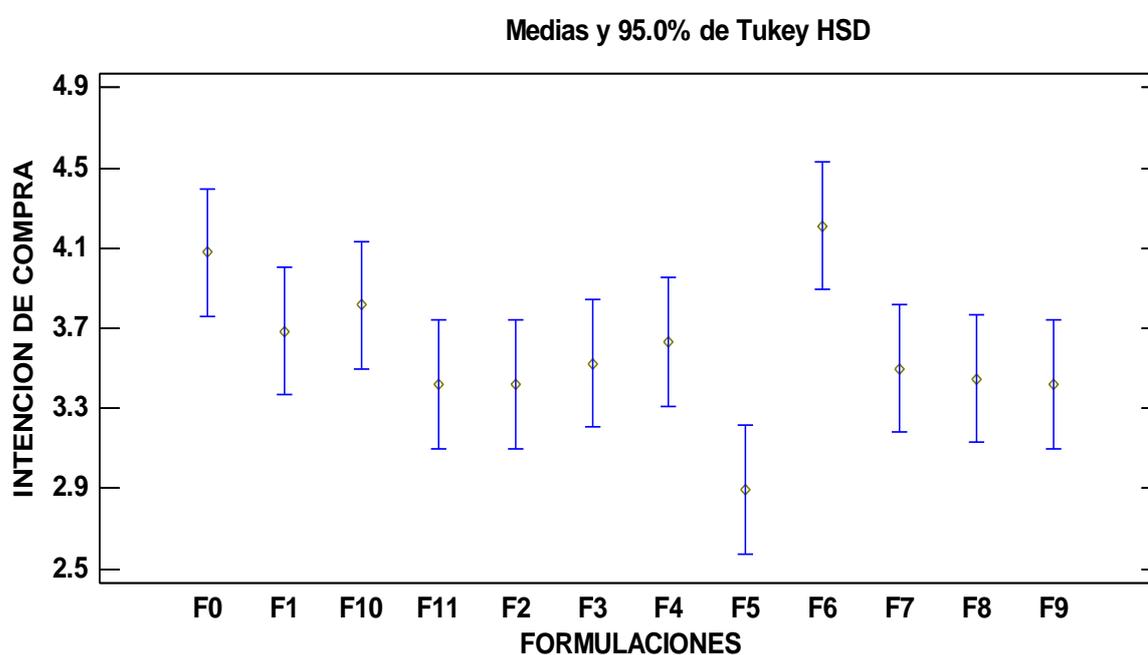


Figura 61: Medias y Prueba de Tukey HSD para el atributo sensorial de Intención de compra de Cookies con Chips de Cushuro.

En la tabla 81 se aprecia sobre todo la diferencia significativa que existe entre formulaciones con concentraciones mínimas y máximas, es así por ejemplo las formulaciones F5 y F6 quienes presentaron mayor diferencia significativa, no obstante, la F6 a pesar de tener una mayor concentración de harina de soya presentó mejor puntuación en relación a todas las formulaciones desarrolladas.

Otras de las formulaciones que presentaron mayor diferencia significativa fueron la F5 y F0, siendo esta última la que recibió mayor puntuación promedio (4.0789), es decir los panelistas prefieren la formulación control por encima de la cookie elaborada con 8% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña.

En la gráfica 61 se puede visualizar que la formulación con mayor media es la F6 (20% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña), mientras que la menor media la obtuvo la F5 (8% Harina de Soya y 6% Harina de Cascara de piña).

En conclusión, se puede decir afirmar que la F6 fue de mayor agrado y tiene mayor intención de compra por parte de los panelistas con una media de 4.1579 que significa que el nivel de intención de compra de las cookies fue alta, así mismo se debe mencionar que ninguna formulación obtuvo una media inferior a 2, lo cual infiere que todas las formulaciones son consideradas como opción de compra.

4.5. ELECCION DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA

La formulación óptima de cookie con chips de cushuro se determinó por medio de una optimización de múltiples respuestas con ayuda del software statgraphics mediante el método de la función de deseabilidad, para ello se tomaron los criterios de optimización de las variables dependientes significativas (Proteína, fibra dietética, dureza, fracturabilidad, luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad), estos criterios fueron tomados de tal manera de elegir el % de harinas de soya y cáscara de piña que otorguen una mayor deseabilidad global.

Tabla 82: *Deseabilidad baja, alta y Criterios de optimización de múltiple respuesta para la elección de la formulación óptima de la cookie con chips de cushuro a base de harinas de trigo, soya y cáscara de piña*

<i>Respuesta</i>	<i>Deseabilidad</i>		<i>Meta</i>
	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	
Proteína	9.775	13.335	Maximizar
Fibra Dietética	7.7567	11.1849	Maximizar
Dureza	8.1028	41.855	21.8371
Fracturabilidad	7.5291	27.8412	12.0009
Luminosidad	37.8667	48.0333	39.2213
Cromaticidad	40.0154	46.5686	42.3024
Angulo de Tonalidad	67.9949	75.156	71.0904

Cabe señalar que las variables de respuesta tecnológicas dureza, fracturabilidad, luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad al no tener un límite de control específico se contrastó con la formulación que obtuvo mayor puntaje en el análisis sensorial tanto para el color como para la textura, la cual fue la F6, por lo tanto, se fijó como meta los valores obtenidos experimentalmente de cada una de las variables mencionadas para la F6.

Por otro lado, es preciso mencionar que no se tomó a consideración la variable respuesta volumen específico, puesto que al realizar el análisis estadístico correspondiente resultó tener una falta de ajuste por tanto fue no significativo.

Tabla 83: Deseabilidad Prevista y Observada para cada formulación de acuerdo a los criterios de optimización de cada variable de respuesta.

F	Proteína	Fibra Dietética	Dureza	Fracturabilidad	Luminosidad	Cromaticidad	Angulo de Tonalidad	Deseabilidad Prevista	Deseabilidad Observada
1	10.51	7.7567	28.2482	8.5735	45.8333	44.9371	73.0955	0.230691	0.0
2	12.77	8.5757	8.1028	7.5291	41.2	44.5752	73.0258	0.0	0.0
3	10.41	9.6333	30.136	7.8356	41.1333	42.2902	70.6582	0.534364	0.406886
4	12.59	10.3085	31.2809	18.4194	39.0333	41.9244	69.0366	0.584914	0.660184
5	9.775	9.3763	41.855	21.3467	41.2333	43.7649	72.8114	0.270749	0.0
6	13.335	10.0289	21.8371	12.0009	39.2213	42.3024	71.0904	0.808175	0.921035
7	11.5	7.8976	11.947	9.2404	48.0333	46.5686	75.156	0.0	0.0
8	11.09	11.1849	19.5448	11.4297	37.8667	40.0154	67.9949	0.56162	0.0
9	11.18	8.9251	35.4806	27.0837	39.6667	43.7382	71.3167	0.367423	0.380712
10	11.27	8.9084	37.9813	26.8385	39.6	43.6812	71.2648	0.367423	0.376312
11	11.21	8.8015	33.4801	27.8412	39.7401	43.8352	71.2275	0.367423	0.0

Al visualizar la Tabla 83 notamos que la F6 (20% harina de soya y 6% harina de cáscara de piña) es la formulación que obtiene la mejor deseabilidad prevista y observada al combinar las variables de respuesta optimizándolas de forma simultánea, lo cual se logra mediante una transformación de los valores predichos de cada variable de respuesta a una escala [0,1] con el objeto de determinar su deseabilidad, valores cercanos al cero predice un valor inaceptable mientras que valores superiores al 0.5 son aceptables, por tanto cuando la deseabilidad obtenga valores más próximos al 1 la deseabilidad global es máxima, (Gutiérrez y De la Vara, 2012).

Por ello podemos afirmar que la deseabilidad máxima se logra con la F6, no obstante, para determinar la deseabilidad global optima es necesario optimizar la deseabilidad, con lo cual se obtuvo un valor óptimo de 0.831902 de deseabilidad, para niveles óptimos de sustitución de harinas de soya y cáscara de piña mostrados en la Tabla 84.

Tabla 84: Niveles bajo, alto y óptimo de las harinas de soya y cáscara de piña para la optimización de la función deseabilidad.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Harina de Soya	8.0603	19.9397	19.9397
Harina de Cascara de piña	2.0402	9.9598	5.5898

Una vez obtenida la formulación optima se procedió a realizar nuevamente la cookie con chips de cushuro con estos nuevos porcentajes de harinas (19.9397% Harina de Soya y 5.5898% Harina de Cáscara de Piña) de tal manera la galleta se caracterizó químicamente, así como se evaluó su tiempo de vida útil y se analizó microbiológicamente, estos resultados se muestran en la siguiente sección.

4.6. CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL Y MICROBIOLÓGICA DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA.

Luego del análisis estadístico, se llevó a cabo la optimización múltiple en donde se obtuvieron las concentraciones de las harinas de soya y cascara de piña óptimas para obtener los valores metas para proteína, fibra, textura y color descritas en la Tabla 82, las concentraciones obtenidas fueron de 19.9397% Harina de Soya y 5.5898% Harina de Cáscara de Piña.

4.6.1. COMPOSICIÓN QUÍMICO - PROXIMAL DE FORMULACIÓN OPTIMA.

En la tabla 85 se detalla la composición química proximal porcentual de la cookie con formulación optima, así como de dos muestras control.

Tabla 85: *Composición químico – proximal de Cookies óptimas y Control.*

Componente	Control*	Control con Cushuro*	Formulación Óptima*
% Humedad	2.9033 ± 0.1489	2.9221 ± 0.0714	2.4364 ± 0.0262
% Proteína	7.9000 ± 0.1414	8.2500 ± 0.3536	13.1000 ± 0.1414
% Grasa	15.7788 ± 0.1628	14.2896 ± 0.0865	16.8907 ± 0.1510
% Cenizas	2.2925 ± 0.0291	1.3797 ± 0.0209	3.0428 ± 0.0363
% Carbohidratos	63.5169 ± 0.1698	68.9005 ± 0.4175	54.3063 ± 0.1554
% Fibra dietética total	7.6085 ± 0.0435	4.2581 ± 0.0280	10.2239 ± 0.0834
% FDI	3.3677 ± 0.0302	1.0442 ± 0.0069	8.7065 ± 0.0707
%FDS	4.2408 ± 0.0737	3.2139 ± 0.0349	1.5173 ± 0.1540

Nota *Media de dos repeticiones + DS

Con la finalidad de comparar la composición químico-proximal de la cookie elaborada con la formulación optima, se elaboraron 2 muestras control. La primera muestra control fue elaborada con 100% harina de trigo y chips de chocolate, mientras que la segunda cookie control, fue elaborada con 100% harina de trigo y chips de cushuro.

Respecto al contenido de %Humedad, las 3 muestras presentaron un valor por debajo del límite máximo (12%), como se describe en la NTP 206.001de requisitos para galletas (2016). Asimismo la cookie de formulació óptima presentó el menor valor obtenido de %H (2.4364%) de entre las 3 muestras,

lo cual permitiría mencionar que esta cookie presentaría mejores características para su conservación, puesto que su contenido de humedad no favorece las condiciones para el crecimiento microbiano.

El contenido de proteínas de la formulación óptima (13.1%) fue superior a las 2 muestras control, esto se debe principalmente a la concentración de harina de soya presente en la formulación, así mismo esta influencia fue confirmada tras el análisis estadístico realizado anteriormente, en donde se determinó el efecto significativo ($p < 0.05$) que tiene el % de harina de soya en el contenido de proteínas de las cookies.

Dentro de las galletas comerciales que elaboran este tipo de galletas como son las Cookies con chips de chocolate, se encuentran las Chips de Costa y TRIKIS, en ambos casos la información nutricional en su etiqueta (ver imagen en Anexo 25) describen que su contenido de proteínas es de 7.2% y 4% respectivamente, lo que confirmaría el bajo aporte proteico que brindan las galletas comerciales y las cuales son consumidas con frecuencia.

Otras de las investigaciones en las que la composición química - proximal de la formulación óptima de Cookies con chips de cushuro resultó superior, respecto al contenido de proteínas y fibra, fue a la realizada por Contreras (2015), cuyos valores de composición proximal de la combinación optimizada (13.87% Harina de Trigo, 8.88% Harina de quinua y 2.25% Almidón de maíz) fueron de 3.8% Humedad, 20.5% Grasa, 0.74% Fibra cruda, 8.1% Proteínas y 64% Carbohidratos.

Cabe señalar que dentro de las dos muestras controles desarrolladas, la elaborada con 100% harina de trigo y chips de cushuro presentó ligeramente un % superior de proteínas, por lo cual se puede afirmar que la incorporación de cushuro resultó favorable a la mezcla. Como se mencionó anteriormente se optó por sustituir los chips de chocolate por cushuro, con la finalidad de mantener la fortificación de las cookies con las harinas de soya y cáscara de piña, sin embargo la concentración de cushuro se mantuvo constante en todas las formulaciones puesto que no se tomó como variable independiente en esta investigación, por lo que es objeto de estudio para futuras investigaciones ya

que se ha comprobado que su sola presencia en la mezcla proporciona un incremento destacable en la cookie control con cushuro.

Es así que, un equipo de estudiantes desarrollaron una galleta de avena enriquecida con cushuro denominada “Quri”, con una adición del 37% de cushuro y 43% de avena reportando valores referenciales de 17% proteína, 16% grasa, 1.48% fibra, 80.74 mg Calcio y 21.48 mg Hierro (Defilippi, Hurtado, Mendoza, Morales, y Negrini, 2019).

Así mismo, sería interesante e importante investigar otros métodos de incorporación de cushuro a la mezcla que permita mantener sus propiedades nutricionales, no obstante resulta un punto de partida muy importante la realizada en esta investigación.

Otro de los componentes de la formulación óptima es el % de grasas (16.8907%) el cual resultó superior a la muestra control (15.7788%) y control con cushuro (14.2896%), no obstante resultó inferior a la galleta Chips de Costa (20.8%). Esto se atribuye principalmente a que la formulación óptima (19.9397% Harina de Soya y 5.5898% Harina de Cáscara de Piña) adquiere parcialmente la concentración de grasas presente en la harina de soya, no obstante sería importante analizar el tipo de grasa que está presente en la cookie óptima. Estas en su mayoría son beneficiosas puesto que provienen de la harina de soya.

El contenido de cenizas está relacionado con el % de minerales presentes, como se puede observar en la Tabla 85 la formulación óptima presentó el mayor valor de % de cenizas (3.0428%) lo cual indicaría además su mayor valor en minerales. Resulta favorable esta determinación puesto que en las galletas comerciales como Chips de Costa y TRIKIS no se evidenciaron algún contenido de minerales en su composición.

Otro de los componentes importantes en la formulación óptima es la fibra dietética, esta fue de 10.2239%, siendo destacablemente superior a las muestras control. Del mismo modo fue superior a galleta tipo cookie realizada por Laguna y Sifuentes (2019) elaborada con la sustitución parcial de harina de kiwicha (10.5%) y harina de tarwi (8.8%), en la que se obtuvo un valor de 1.455% de fibra dietética.

La fibra dietética total se descompone en FDI y FDS, Suleiman (2004) menciona en su investigación que la fibra dietética de mayor contenido presente en la piña es la insoluble y esta conformada principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa. Esto se confirma con lo presentado en la Tabla 85, puesto que la formulación óptima (19.9397% Harina de Soya y 5.5898% Harina de Cáscara de Piña) presenta valores mas altos de %FDI en relación a las muestras controles, siendo estos valores de 8.7065% de FDI. Esta concetracion de FDI presente en cookies resultan favorables puesto que tienen un efecto benefico en el sistema digestivo (Hijar,2008).

Por otro lado el contenido de FDS en la formulación óptima fue de 1.5173%, si bien este valor es menor en relacion a la muestras controles, esto es lógico dado que existe un mayor contenido de FDI en la cookie óptima.

Es importante mencionar que la FDS contribuye a regular los niveles de colesterol en sangre, y la velocidad de absorción intestinal de los azucares de los alimentos ingeridos (Hijar, 2008).

4.6.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETÉTICA DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA.

Tabla 86: *Propiedades funcionales de la fibra dietética (CRA, CRAc y CH) de la formulación óptima.*

Componente	Formulación óptima
	Valores obtenidos*
Capacidad de Retención de Agua (CRA) (g agua/g muestra)	1.4837 ± 0.0853
Capacidad de Retención de Aceite (CRAc) (g aceite/ g muestra)	0.9578 ± 0.0770
Capacidad de hinchamiento (CH) (ml agua/ g muestra)	0.7971 ± 0.0012

Nota. *Media de dos repeticiones + DS

Los valores de CRA, CRAc y CH de la galleta óptima elaborada con 74.5% Harina de Trigo, 19.9% Harina de Soya y 5.6% Harina de Cáscara de Piña, que se aprecian en la tabla 86 son considerablemente inferiores a los valores obtenidos para la harina de cáscara de piña, los cuales fueron de 4.60 g agua/g muestra, 1.33 g aceite/ g muestra y 5.70 ml agua/ g muestra, para CRA, CRAc y CH respectivamente. Esta diferencia es comprensible ya que la CRA, CRAc y CH son propiedades funcionales propias de la fibra dietética, la cual es aportada a la cookie principalmente por la harina de cáscara de piña, asimismo dichos valores nos dan una idea de que efectos fisiológicos se generarían en el organismo (Martinez, 2021), por la ingesta de fibra dietética proveniente de la harina de cáscara de piña variedad Golden.

Cabe señalar que el bajo valor de CRA (1.4837 g agua/g muestra) de la cookie con chips de cushuro se debe a que la fibra de cáscara de piña presenta un importante contenido en fibra dietética insoluble (43.9902%) con una relación FDI/FDS de 22.25/1, además Abarca (2010, citado por Núñez, (2014)), menciona la fibra dietética puede comportarse de forma hidrofóbica por sus componentes insolubles como la lignina. La importancia de esta propiedad radica en su efecto sobre la viscosidad de los productos con ello se determina el nivel máximo de incorporación a un alimento (Matos y Chambilla, 2010).

A nivel fisiológico un elevado CRA indica una mayor capacidad para formar soluciones viscosas en el estómago, con lo cual se mejora el flujo intestinal y se produce el efecto de saciedad (Núñez, 2014).

Mientras que el bajo valor de CRAc (0.9578 g aceite/ g muestra) de la cookie con chips de cushuro es explicado ya que al tratarse de una fibra dietética proveniente de una fruta, sus valores son menores a 2 g de aceite/ g de muestra como lo menciona Núñez (2014), a la vez esta propiedad tecno-funcional presenta valores superiores en las fibras insolubles a comparación de las solubles, gracias a su composición química (principalmente lignina), tamaño y área superficial de partícula de fibra (Villaruel, Acevedo, Yáñez, Bioley, 2003). De igual forma es importante resaltar que una buena CRAc podría favorecer la textura en galletas y su

estabilidad (Ramírez y Pacheco, 2009), mientras que a nivel fisiológico su relevancia es debido a la absorción de cancerígenos (acción de arrastre de sustancias) (Menéndez, 2013).

Por otro lado la capacidad de hinchamiento (CH) para la cookie con chips de cushuro obtuvo un valor bajo de 0.7971 ml agua/ g muestra con una diferencia significativa con respecto a la harina de cáscara de piña que tuvo 5.70 ml agua/ g muestra de CH, ello es debido ya que al combinar la harina de cáscara de piña con las otras harinas (soya y trigo) disminuyeron de forma considerable la capacidad de hinchamiento propia de la fibra dietética presente en la harina de cáscara de piña, con lo cual se originó que la cookie no fue voluminosa y por tanto al realizar el análisis estadístico para volumen específico arrojó que no fue significativo para un nivel de confianza de 0.05, es decir no existe una relación entre el volumen específico de la cookie y la incorporación de harinas de soya y cáscara de piña. Asimismo, es importante señalar que las fibras solubles tienen mayor capacidad de hinchamiento para la formación de soluciones viscosas que las fibras insolubles (Lecumberri, Mateos, Izquierdo, Goya, y Bravo, 2007).

4.6.3. ANÁLISIS DE HIERRO Y CALCIO DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA.

La determinación de hierro y calcio de la formulación óptima fue realizada por el laboratorio COLECBI, el reporte del análisis también se puede apreciar en el anexo 24.

Tabla 87: *Análisis de Hierro y Calcio de la formulación óptima.*

Ensayo	Formulación óptima
	Valores obtenidos
Hierro (mg/Kg)	63
Calcio (mg/Kg)	2855

En la Tabla 87 se aprecia la cantidad de hierro y calcio (mg/kg) obtenido tras el análisis de la Cookie con chips de cushuro elaborado con la formulación óptima (19.9397% Harina de Soya y 5.5898% Harina de Cáscara de Piña).

La cantidad de hierro obtenido (63mg/Kg o 6.3mg/100gr) resultó superior a la determinada por López (2014) en su investigación, en donde elaboró galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de piña, siendo su formulación óptima la conformada por 20% harina de cáscara de piña y 80% harina de trigo y cuyo contenido de Hierro fue de 41.5ppm o 41.5mg/Kg. Por otro lado, el contenido de calcio que obtuvo López (2014) fue de 0.4ppm o 0.4mg/Kg siendo este inferior al que se presenta en la Tabla 86 (2855mg/Kg).

Asimismo, Documet (2015) realizó una investigación titulada “Evaluación nutricional y sensorial de galletas fortificadas con hígado de res”, en ella se evaluó el contenido de hierro (mg/100gr) en galletas con niveles de concentración de hígado de res de 0% a 20%, en donde el control obtuvo 5.6 mg/100gr, para 10% su contenido de hierro fue de 6.1 mg/100gr, además para 15% fue de 6.6 mg/100gr y para 20% de 6.9 mg/100gr. Como se puede apreciar la cookie con chips de cushuro optimo presenta similar valor de hierro en comparación a las galletas elaboradas por Document (2015) con 10% y 15% de hígado de res.

Otra de las investigaciones, como la realizada por Ponka, Bisso, Zomegni, Bissada, Fokou, (2022) determinaron el contenido de minerales como hierro y calcio de galletas elaboradas con harina de trigo, camote y soya, se sustituyó la harina de trigo por las harinas de camote y soya en un 50 % y 75%, el contenido de hierro y calcio para 50% de sustitución fue de 3.598 mg/100gr y 37mg/100gr respectivamente. En ambos casos los valores fueron inferiores a los reportados en la Tabla 87.

Es importante señalar que se revisaron diversas marcas de cookies como Chips de Costa y Trikis, sin embargo, no se evidenciaron en su composición la presencia de algún mineral como hierro y calcio, por lo que esto confirmaría el bajo aporte nutricional que tienen las galletas y/o cookies.

El consumo frecuente de productos de trigo como los panes y galletas resultan un punto de partida para fortificar estos productos, son escasas las galletas comerciales que presentan en su composición un aporte en hierro o calcio, es por ello que la presente investigación resulta interesante y se plantea como una alternativa para la elaboración de formulaciones de cookies con un nivel destacable de hierro y calcio en relación a otro tipo de galletas que podemos encontrar en cualquier centro de venta.

4.6.4. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE MOHOS Y LEVADURAS DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA.

En la Tabla 88, se describe los análisis microbiológicos (mohos y levaduras) realizados a las cookies elaborados con la formulación óptima (19.9397% Harina de Soya y 5.5898% Harina de Cáscara de Piña). Este análisis fue llevado a cabo por el laboratorio COLECBI, su reporte además se encuentra en el Anexo 24.

Tabla 88: *Análisis microbiológico de la Cookies con formulación óptima.*

Ensayo	Formulación óptima
	Valores obtenidos
Recuento de Mohos (UFC/g) <10	<10
Recuento de Levaduras (UFC/g)	<10

Tabla 89: Especificaciones microbiológicas para galletas de la NTP 206.001.

Agentes microbianos	Categoría	Clases	n	C	Límite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ²
Escherichia coli (*)	6	3	5	1	3	20
Staphylococcus aureus (*)	8	3	5	1	10	10 ²
Clostridium perfringens (**)	8	3	5	1	10	10 ²
Salmonella sp. (*)	10	2	5	0	Ausencia/25g	---
Bacillus cereus (***)	8	3	5	1	10 ²	10 ⁴

(*) Para productos con relleno

(**) Adicionalmente para productos con rellenos de carne y/o vegetales

(***) Para aquellos elaborados con harina de arroz y/o maíz

FUENTE: Norma Técnica Peruana “NTP 206.001”, (2016)

La NTP 206.001 establece las especificaciones microbiológicas para galletas, en la Tabla 89 se describe que los agentes microbianos que se deben analizar para la Cookie óptima elaborada es la de Mohos, los demás agentes microbianos no aplican dado que la cookie elaborada no contiene relleno, ni está elaborada de harina de arroz y/o maíz.

No obstante, se realizaron 2 análisis microbiológicos (mohos y levaduras) a la cookie con formulación óptima luego de ser elaborada con la finalidad de verificar que esta cumpla con los límites establecidos, como se aprecia en la Tabla 88, el recuento de mohos y levaduras (UFC/g) resultó ser <10 UFC/g, el cual es inferior al requisito microbiológico establecido, es decir la Cookie óptima elaborada con 19.9397% Harina de Soya y 5.5898% Harina de Cáscara de Piña es apta para su consumo, puesto que cumple con los requerimientos solicitados.

Los análisis de mohos y levaduras en alimentos como las Cookies, son de importancia puesto que también permiten determinar la vida útil del producto.

4.7. VIDA ÚTIL DE LA FORMULACIÓN ÓPTIMA Y CONTROL

4.7.1. DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL DE COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS

La vida útil de las galletas depende de varios factores intrínsecos (humedad, A_w y acidez) y extrínsecos (empaque, temperatura y humedad relativa de almacenamiento), dichos factores en sinergia afectan la vida útil de la galleta provocando diversos cambios físicos y químicos, ocasionando que la galleta pierda calidad y propiedades sensoriales, siendo la pérdida de crocancia, dureza y el desarrollo de sabores desagradables cambios notorios que evidencian la presencia y desarrollo de agentes microbiológicos como los mohos (Mollo, 2021).

Aguiar (2019) manifiesta que existe una relación inversa entre el tiempo de vida útil y la temperatura de almacenamiento, es decir si el producto es almacenado a una temperatura baja su duración se incrementa. Ello resulta lógico siempre y cuando el producto en este caso la galleta tenga empaque hermético a manera de protección de la humedad relativa que aumenta a medida que la temperatura desciende.

Al ser las galletas un producto perecedero es necesario someterlo a condiciones adversas de almacenamiento aumentando la temperatura y humedad relativa de almacenamiento a fin de acelerar los procesos cinéticos de reacción que en condiciones normales de almacenamiento tomarían un lapso mayor, el método de Arrhenius vincula a las fluctuaciones de temperatura con la velocidad de reacción de deterioro.

Asimismo la importancia del contenido de humedad y Actividad de Agua (A_w) en productos de baja humedad como son las galletas radica en el hecho de que el agua no solo es un componente más sino que a la vez interviene en algunas reacciones bioquímicas que se desarrollan durante el almacenamiento del producto, además juega un papel de gran relevancia en el aspecto microbiológico por el desarrollo de mohos que se da con una $A_w > 0.80$; y en las características sensoriales del producto, la disminución o el incremento del contenido de humedad afecta significativamente la textura de la galleta, ocasionando una galleta dura o sin crujencia (Vito, 2019).

El experimento consistió en someter a las cookies con chips de cushuro optima y galleta control a condiciones críticas de almacenamiento para ello

se acondicionaron estufas con temperaturas de 30, 40 y 50°C y con humedades relativas superiores a 70% de tal manera de evaluar la ganancia de humedad en las galletas el cual es un factor crítico en este tipo de productos, se determinó el % humedad en las muestras de las galletas durante los días 0, 3, 5, 7, 10, 12 y 14 para las tres temperaturas obteniéndose las siguientes gráficas.

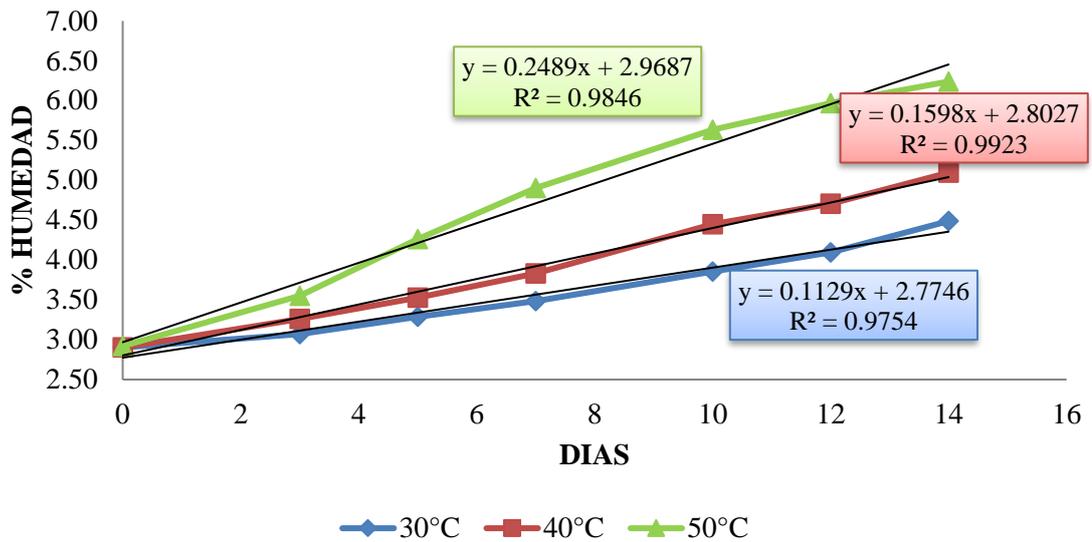


Figura 62: Variación del %Humedad en la galleta control para las temperaturas de 30, 40 y 50°C.

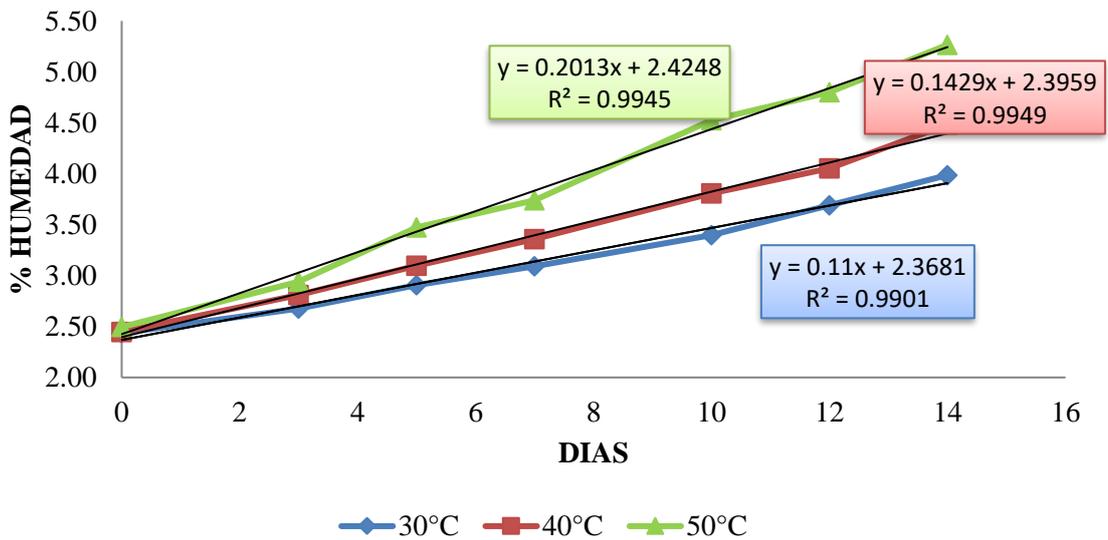


Figura 63: Variación del %Humedad en cookies con chips de cushuro óptima para las temperaturas de 30, 40 y 50°C.

Luego de graficar la humedad vs la temperatura de almacenamiento para ambas galletas, obtenemos la constante de velocidad de la reacción de deterioro (k) que viene hacer la pendiente de la recta, siendo necesaria en el empleo de la ecuación de Arrhenius, la cual describe la cinética de reacción bajo condiciones aceleradas de almacenamiento con la siguiente formula:

$$k = k_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Dónde:

- k: Constante de velocidad de la reacción de deterioro
- k_0 : Constante conocida como factor pre exponencial
- E_a : Energía de activación (J/mol)
- R: Constante de los gases (8,3143 J/K mol)
- T: Temperatura absoluta (K = °C + 273,15)

Cabe señalar que para obtener los parámetros de la ecuación de Arrhenius E_a/R y K_0 , es necesario linealizar dicha ecuación aplicando logaritmo natural, para luego tabular $\ln k$ vs. $1/T$ (°K).

Tabla 90: *Constantes de velocidad de ganancia de humedad (k) para 30, 40 y 50°C de las galleta control y cookies con Chips de Cushuro optima*

GALLETA	T (°C)	k (g H2O/g galleta . Dia)	1/T (1/°K)	lnk
CONTROL	30	0.1129	0.0033	2.1812
	40	0.1598	0.0032	1.8336
	50	0.2489	0.0031	1.3908
ÓPTIMA	30	0.1100	0.0033	2.2075
	40	0.1429	0.0032	1.9459
	50	0.2013	0.0031	1.6028

Es preciso mencionar que en la ecuación linealizada de Arrhenius el comportamiento de la pendiente E_a/R es fundamental para comprender la relación que la temperatura tiene con la velocidad de reacción, es por ello que si el valor de E_a/R es grande implica una mayor dependencia de la reacción (%contenido de humedad) con la temperatura (Puma et al., 2018).

Debido a ello un incremento en la temperatura de almacenamiento produce que el contenido de humedad en la galleta se eleve, ello debido a la aceleración de la transferencia de masa de vapor de agua hacia el interior del empaque (Bustamante, 2015).

La recta obtenida expresa como pendiente a la Ea/R y como intersección al $\ln k_0$, estos valores permiten calcular la constante de velocidad de reacción de deterioro a cualquier temperatura, en este caso como las galletas son almacenadas a temperatura ambiente se calculó la constante k a 25°C.

Tabla 91: *Parámetros de la ecuación de Arrhenius k_0 , Ea/R y k_{25} de las galletas control y cookies con Chips de Cushuro optima.*

GALLETA	k_0	Ea/R	k_{25}
CONTROL	38158.8120	3865.1979	0.0894
OPTIMA	1863.4032	2956.9029	0.0919

Para determinar el tiempo de vida útil que tienen la galleta control y la cookie con chips de cushuro fortificada con harinas de soya y cáscara de piña se emplea una reacción de orden cero la cual describe la velocidad del incremento del contenido de humedad en las galletas:

$$\theta = \frac{C_0 - C_f}{k}$$

Dónde:

- θ : Vida útil o durabilidad
- C_0 : Valor inicial del índice de calidad (%Humedad)
- C_f : Valor límite del índice de calidad (%Humedad)
- k : Constante de velocidad a 25°C (t^{-1})

Resulta conveniente mencionar que se ha tomado como valor límite de humedad en las galletas el valor de 12% que establece la N.T.P. 206.001 (revisada el 2016), mientras que en la NMX-F-006 (1983) menciona para galletas comerciales un 8% de humedad como valor máximo y un parámetro de pH entre 6-8; por otro lado, Badui (2012) establece una A_w de 0.35 para este tipo de productos.

Tabla 92: *Tiempo de vida útil (Θ) de las cookies control y cookies con Chips de Cushuro óptima.*

GALLETA	C0 (%)	Cf (%)	Θ (días)	Θ (meses)
CONTROL	2.8487	12	102	3.4
ÓPTIMA	2.3963	12	105	3.5

Después de haber realizado todos los cálculos matemáticos obtenemos un total de 102 y 105 días para las galletas control y optima respetivamente.

Cabe señalar que Carrasco y Sanchez (2019) obtuvieron 60 días de vida útil para una galleta a base de 15% harina de coronta de maíz morado y 85% harina de trigo.

Por otro lado, Caiza (2015) elaboro una galleta rica en fibra dietética a base de 5g/100g de salvado de trigo, 2.2 g de oligofructosa y 15 g/100g arándano deshidratado alcanzando una duración de alrededor de 3 meses bajo condiciones normales de almacenamiento.

Es importante mencionar el estudio realizado por Arista y Ramírez (2018), quienes evaluaron la vida útil de una galleta a base de 75% Harina de trigo, 15% Harina de Quinoa, 10% Harina de Chía y 287 mg de Glicerol mediante un estudio acelerado de vida útil para la ganancia del porcentaje de humedad en la galleta logrando un total de 88 días para un almacenamiento de 25°C y 80-90% Humedad Relativa.

Entre los valores obtenidos 102 y 105 días de vida útil para las galletas control y optima no existen una gran diferencia, teniendo ligeramente más días de duración la galleta optima, lo cual se pudo verificar al analizar el %humedad en ambas galletes a temperatura ambiente al inicio y hasta un periodo de 53 días, obteniendo valores iniciales para la galleta control de 2.8487% y cookie optima 2.3963%, mientras que los valores en el día 53 fueron de 4.3561% y 4.0084% para las galletas control y optima respetivamente.

Es relevante mencionar que la incorporación de fibra dietética en diversos productos influye en el aumento del contenido de humedad, lo cual es debido a su buena capacidad de absorción de agua (CRA) (Espinoza y Ludeña, 2018), no obstante el agua se encuentra atrapada por la fibra lo cual es beneficioso ya que no aumenta el contenido de agua libre que es la responsable del deterioro de los alimentos, recordemos que la CRA es mayor en fibra dietética

soluble que en la insoluble, en este caso la harina de cascara de piña es rica en fibra insoluble, lo cual explica un menor contenido de humedad inicial en la galleta optima que en la galleta control.

Asimismo, se llevó un control de Actividad de Agua (A_w) en las galletas control y optima a temperatura ambiente arrojando valores iniciales de 0.345 y 0.338, mientras que en el día 53 se obtuvo 0.394 y 0.4090 respectivamente. La A_w es afectada por una temperatura mayor a 30°C siendo más evidente el aumento en alimentos de baja e intermedia humedad como son las galletas (Puma et al., 2018); Badui (2012) menciona que la velocidad de reacción se incrementa hasta tres veces por cada 10°C de incremento de temperatura de almacenamiento.

A la vez Reid (2007, citado por Vito, 2019), menciona que un incremento en la A_w provoca que haya más humedad (agua libre) superior al de la monocapa lo cual aumenta exponencialmente la velocidad de reacción de diversas reacciones de deterioro.

4.7.2. EVALUACIÓN DE % ACIDEZ DE COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO DURANTE ALMACENAMIENTO

Durante 105 días de almacenamiento a temperatura ambiente se evaluó el %Acidez en la galleta control y optima, la Figura 64 evidencia una considerable diferencia en los %acidez entre ambas galletas.

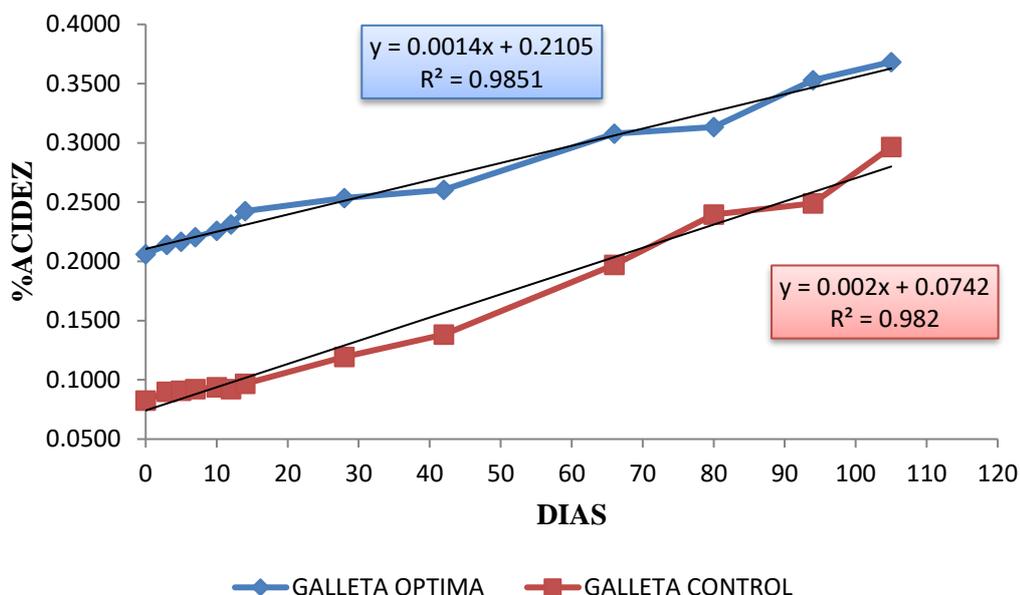


Figura 64: Variación del %Acidez en cookies con chips de cushuro óptima y galleta control durante 105 días de almacenamiento a T° Ambiente.

Gráficamente se aprecia que la galleta optima presenta un %acidez superior a la galleta control con valores iniciales de 0.2061% y 0.0827% y valores finales de 0.3683% y 0.2965% respectivamente, dicha diferencia es explicada por la presencia de harina de cascara de piña en la formulación de la galleta optima, puesto que presenta 2.3848% de acidez, a diferencia de la harina de trigo que solo tiene 0.1330% y la harina de soya con 0.7367%.

Por otro lado, se visualiza que la pendiente de la recta correspondiente a la galleta optima es ligeramente inferior al de la galleta control lo cual nos indica que la tasa de crecimiento del% acidez en la galleta es menor con respecto a la galleta control.

Asimismo es importante mencionar que si bien la R.M. N°1020-2010/MINSA (2011) indica que las galletas deben tener como máximo 0.10% acidez expresado en ácido láctico, en la galleta con chips de cushuro esto no aplicaría ya que no se ha incorporado en su preparación ningún ingrediente

que contenga lactosa, por tanto se decidió tomar como ácido predominante al ácido sulfúrico ya que este es el ácido predominante de la harina de trigo que es el ingrediente mayoritario.

Es preciso resaltar lo señalado por Ancco (2008), quien manifiesta que la acidez de una galleta varía entre 0.2 a 0.4% expresado en ácido sulfúrico, asimismo menciona que existe una relación directa entre la acidez de la galleta y la temperatura de almacenamiento, ello debido a una reacción de liberación de ácidos grasos por acción de enzimas lipasas que hidrolizan con mayor velocidad la grasas presentes en las galletas cuando no existe un correcto almacenamiento, lo cual ocasiona un aumento de acidez y disminución de pH a consecuencia de ello la galleta es más susceptible a oxidarse generando olores y sabores desagradables.

A la vez se determinó el pH en ambas galletas obteniendo para la galleta control 7.926 ± 0.037 y para la galleta óptima 7.689 ± 0.061 en el día 105 de almacenamiento a temperatura ambiente, encontrándose dentro del parámetro de pH entre 6-8 que menciona la NMX-F-006-1983.

4.7.3. EVALUACIÓN DE TEXTURA DE COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO DURANTE ALMACENAMIENTO

La textura es una característica de calidad de suma importancia en productos horneados como son las galletas, para mantener una correcta textura en las cookies durante su vida de anaquel es importante evaluar qué factores la afectan significativamente, la humedad en las galletas es un factor que interfiere negativamente en los cambios de textura en la galletas principalmente en la fracturabilidad, Cauvani (2002, citado por Mollo, 2021.) menciona que a medida que se incrementa el contenido de humedad en la galleta se requiere una mayor fuerza para fracturar la galleta debido a que existe una mayor elasticidad y deformabilidad en la estructura interna generando valores elevados de dureza y fracturabilidad.

Debido a ello se evaluó la dureza (N) y fracturabilidad (N) en las galletas óptima y control durante 105 días de almacenamiento a temperatura ambiente obteniendo las siguientes gráficas.

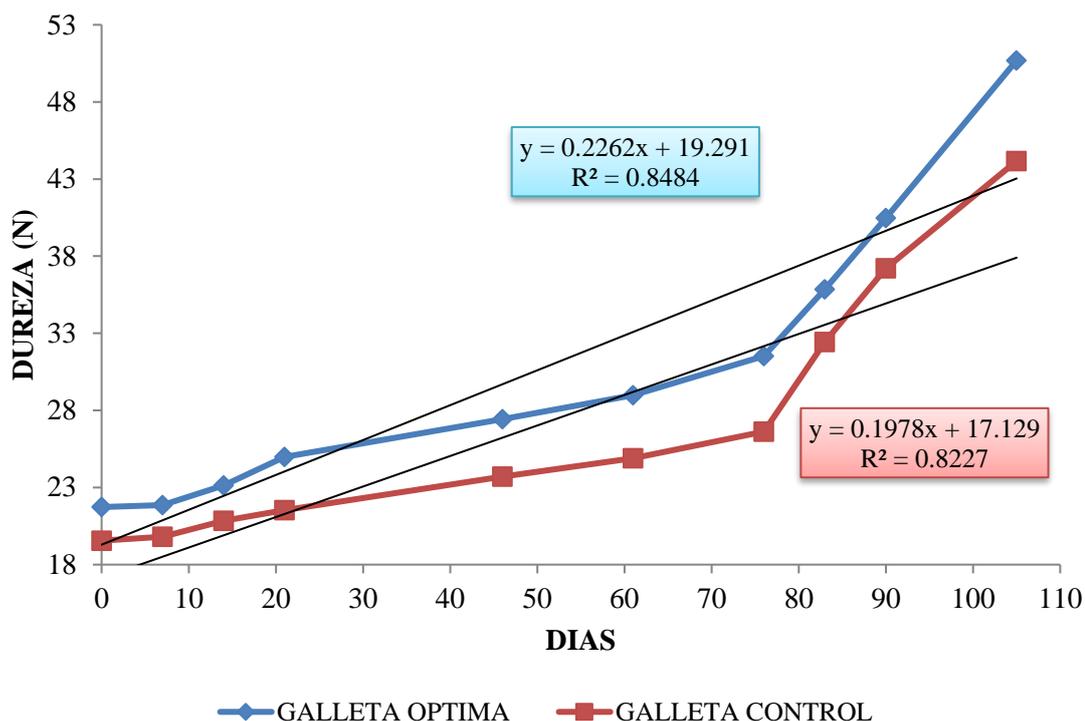


Figura 65: Variación de la Dureza Instrumental (N) en cookies con chips de cushuro óptima y galleta control durante 105 días de almacenamiento a T° Ambiente.

La grafica de dureza muestra que la galleta óptima presenta valores superiores de dureza con respecto a la galleta control, ello se debe principalmente a la incorporación de harina de cáscara de piña en la galleta óptima, las harinas elaboradas a partir de cáscaras al ser ricas en fibras insolubles, principalmente en celulosa y lignina, producen el reforzamiento de la estructura desarrollada por los almidones lo cual origina el aumento de la dureza en las galletas, (González, 2007).

Asimismo, Herrera (2009, citado por Contreras, (2015)), señala que un incremento en el grosor de la corteza de las galletas interviene en la dureza ocasionando su incremento, este comportamiento es causado por las proteínas diferentes del gluten y almidones de las harinas incorporadas que originan un menor desarrollo del gluten por la dificultad del acceso del agua a la harina de trigo.

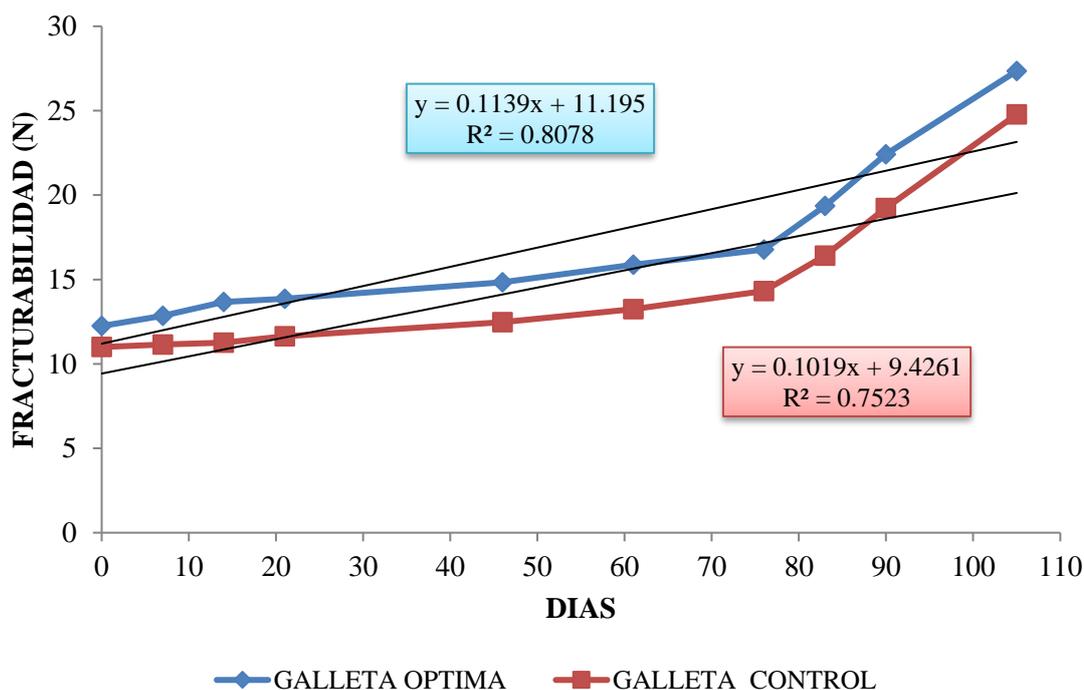


Figura 66: Variación de la Fracturabilidad Instrumental (N) en cookies con chips de cushuro óptima y galleta control durante 105 días de almacenamiento a T° Ambiente.

El comportamiento que presento la fracturabilidad para las galletas óptima y control es similar al comportamiento de la dureza, ambos parámetros instrumentales aumentan al transcurrir los días, aunque la tasa de crecimiento es mayor en la dureza que en la fracturabilidad debido a una mayor pendiente, siendo a la vez superior en la galleta óptima. Dicha conducta puede ser explicada por la sustitución de la harina de trigo por harinas de soya y cáscara de piña que cambian la estructura interna de la galleta haciéndola más resistente a la rotura y provocando un comportamiento distinto frente a la ganancia de humedad durante el tiempo de almacenamiento.

A ello se le suma la presencia de los chips de cushuro al ser un hidrocoloide rico en gomas y mucílagos, y su propiedad de restituirse en presencia de agua, hace que exista una mayor unión entre los ingredientes de la galleta y por ende se requiera una mayor fuerza para fracturarla, lo cual es a causa de la propiedad de viscoelasticidad que caracterizan a los hidrocoloides, que combinan propiedades viscosas y elásticas (Gomis, 2012).

Asimismo, un factor extrínseco que propicia cambios de la dureza y fracturabilidad en las galletas es un almacenamiento inadecuado con una temperatura elevada (superior a 30°) y una alta humedad relativa (superior a 70%) ocasionando que las galletas ganen humedad y por ende se pierda crocantes a causa del ablandamiento y plastificación (Puma et al., 2018).

Por otro lado, Gewer y Muñoz (2006, citado por Puma et al., 2018) no evidenciaron una relación entre la dureza de las galletas y las concernientes temperaturas de almacenamiento, lo cual puede deberse a la variación que existe entre las galletas en cuanto a los espacios de aire internos nos referimos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones a las cuales se llega después de la investigación son:

- La composición química proximal de las harinas empleadas en la elaboración de cookies con chips de cushuro determinó que la harina de soya posee mayor % de proteína con $37.3354 \pm 0.1007\%$, mientras que el mayor % de fibra dietética lo obtuvo la harina de cáscara de piña con $45.9578 \pm 0.1054\%$.
- Dentro de los parámetros fisicoquímicos, la acidez de la harina de trigo cumple con los requisitos de la NTP 205.064, asimismo presentó la mayor Aw (0.5745) que las harinas de soya y cáscara de piña, siendo esta última la harina que obtuvo mayor % acidez (2.3848%) y por ende menor pH (4.0775).
- El cushuro deshidratado aporta un buen contenido de proteínas y fibra dietética con $27.6139 \pm 0.3674\%$ y $19.4725 \pm 0.3695\%$ respectivamente, asimismo se destaca su contenido en cenizas con $6.4070 \pm 0.0223\%$.
- El computo químico de aminoácidos, de las 11 formulaciones, con respecto a la lisina sobrepasan el límite mínimo de 70% recomendado por la FAO/OMS/UNU, por tanto, no existe ningún aminoácido limitante.
- Las propiedades funcionales evaluadas para las 11 formulaciones determinaron una relación directa entre la harina de soya y el % de proteína siendo la F6 con 13.3350% la mayor, este mismo efecto se observó para la harina de cáscara de piña y el % de fibra dietética, siendo la más alta la F8 con 11.1849%.

- Dentro de las 11 formulaciones de cookies con chips de cushuro se determinó que la F6 obtuvo valores más cercanos a la cookie control con respecto a dureza y fracturabilidad, mientras que para el color instrumental se evidenció que la harina de cascara de piña influye de forma directa en los valores obtenidos de luminosidad, cromaticidad y ángulo de tonalidad. Por otro lado, el efecto de las harinas sobre el volumen específico no fue significativo para un nivel de confianza $p < 0.05$.
- El análisis sensorial estableció que la F6 alcanzó mayor puntaje en los atributos de color, olor, sabor, textura, aceptabilidad general e intención de compra, demostrando que la incorporación de las harinas de soya y cáscara de piña, no perjudican si no que influyen de manera positiva en la preferencia y agrado de los panelistas.
- La formulación óptima presenta 19.9397 % de Harina de Soya y 5.5898% de Harina de Cáscara de Piña, y está compuesta por 2.4364% Humedad, 13.1% de Proteínas, 16.8907% Grasas, 10.2239% FDT, 8.7065% FDI, 1.5173% FDS, 3.0428% Ceniza, 54.3063% Carbohidratos, 1.4387g agua/g muestra de CRA, 0.9578 g aceite/g muestra CRAc, 0.7971ml agua/g muestra CH, 2855 mg/kg calcio, 63 mg/kg hierro.
- El tiempo de vida útil estimado para la cookie con chips de cushuro óptima mediante pruebas aceleradas para la ganancia del % de humedad fue de un periodo de 105 días. Asimismo, se verificó a través del análisis microbiológico que el recuento de mohos y levaduras se encontraron dentro de los límites que establece la norma NTP 206.001.

Las recomendaciones a las cuales se llega después de la investigación son:

- Realizar un análisis fisicoquímico, tecnológico, sensorial y microbiológico a la formulación óptima al finalizar el periodo de 105 días, con la finalidad de compararlo con la obtenida en el Día 0 y evaluar posibles pérdidas o cambios significativos.
- Complementar la evaluación de las cookies con el análisis de polifenoles y capacidad antioxidante.

- Investigar otros métodos de incorporación del cushuro a la mezcla de las formulaciones, que contribuyan nutricionalmente de forma significativa en las cookies.
- Analizar reológicamente las masas de la mezcla de las harinas de trigo, soya y cascara de piña junto con los chips de cushuro para evaluar posibles cambios estructurales durante su preparación que influyan en las propiedades texturales del producto final.
- Investigar métodos que permitan la incorporación directa de fibra dietética de cascara de piña u otros tipos de residuos de frutas en productos horneados.
- Evaluar un estudio económico financiero de las cookies, que permitan determinar si su producción a nivel comercial es rentable.
- Realizar una investigación sobre el tipo de empaque más adecuado para las cookies con chips de cushuro de tal manera que permitan mantener sus características (sensoriales y nutricionales) intactas por un periodo mas largo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y VIRTUALES

- Aguiar, P. (2019). *Estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de galletas con sustitución parcial de moringa oleífera* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Aguilar, A. (2002). Caracterización fisicoquímica de fibra y mezclas de fibra dietaria obtenidas de residuos vegetales. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Aguilera, C., et. al. (2007). *Alimentos Funcionales Aproximación a una nueva alimentación*. Madrid, España: Dirección General de Salud Pública y Alimentación.
- Alagbaoso, S. O., Nwosu, J. N., Njoku, N. E., Umelo, M. C., Eluche, C., y Agunwa, I. M. (2015). *Effect of processing on the nutritional and anti-nutritional properties of Canavalia plagioperma piper seeds*. European Journal of Food Science and Technology, 45-69.
- Aldave, A. (2016). *Conoce el «Cushuro», el alimento más nutritivo del mundo y está en Áncash*. Chimboteonline.com. Recuperado de <http://www.chimbotenlinea.com/locales/12/09/2016/conoce-el-cushuro-el-alimento-mas-nutritivo-del-mundo-y-esta-en-ancash>
- Alegre, K. y Asmat, R. (2016). *Sustitución parcial de la harina de trigo por harina de haba (Vicia faba L.), en la elaboración de galletas fortificadas usando panela como edulcorante* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Alvarado, C., y Blanco, T. (2008). *Alimentos Bromatología*. Lima, Perú: YoPublico S.A.C.
- Alvarado, F. (2016). *Alimenta el Futuro*. Diferencia entre Adicionado, Enriquecido y Fortificado. Recuperado de <https://alimentaelfuturo.com/es/2016/03/diferencia-entre-adicionado-enriquecido-y-fortificado/>

- Akubor, P., y Ukwuru, M. (2003). Functional properties and biscuit making potential of soybean and cassava flour blends. *Plant Foods for Human Nutrition*, 1-12.
- Ancco, T. (2008). *Determinación de vida en anaquel de galletas enriquecidas con kanihua (Chenopodium pallidicaule Sp) por pruebas aceleradas de almacenamiento* (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Andina. (28 de Noviembre de 2019). *El 80% de casos de estreñimiento se debe a la falta de fibra y líquidos*. Obtenido de [https://andina.pe/agencia/noticia-el-80-casos-estreñimiento-se-debe-a-falta-fibra-y-liquidos-484535.aspx#:~:text=El%2080%20por%20ciento%20de,de%20la%20Solidaridad%20\(SISOL\).](https://andina.pe/agencia/noticia-el-80-casos-estreñimiento-se-debe-a-falta-fibra-y-liquidos-484535.aspx#:~:text=El%2080%20por%20ciento%20de,de%20la%20Solidaridad%20(SISOL).)
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist.
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. Ed. 18.
- AOAC. (2012). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. Ed. 19. 2001.11.
- AOAC. (2016). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical.
- Arista, J., y Ramírez, L. (2018). *Sustitucion parcial de la harina de trigo por la harina de quinua (Chenopodium quinoa W.) y chía blanca (Salvia hispánica L.) usando glicerol en la elaboración de galletas enriquecidas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Armas, L. (17 de junio de 2012). *La Soya*. Recuperado de <http://sojapropiedades.blogspot.com/2012/06/la-soya-es-una-importante-semilla.html>.

- Armas, L. (17 de junio de 2012). *Países Productores de Soya*. Recuperado de <http://sojapropiedades.blogspot.com/2012/06/paises-productores-de-soya.html>
- Arroyo, M. (2014). *Elaboración y evaluación de las características organolépticas de galletas dulces integrales enriquecidas con salvado de trigo y soya* (Tesis de pregrado). Junin, Perú.
- Arroyo, M., y Barrientes, A. (2014). *Elaboración y evaluación de las características organolépticas de galletas dulces integrales enriquecidas a base de trigo (*triticum vulgare*) y salvado de quinua (*chenopodium quinoa willd*) variedad blanca junin* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú.
- Avecillas, R. (2015). *Estudio de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de quinua cruda y lavada en la elaboración de pan*. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Ayala, Z., Vega, V., Rosas, D., Palafox, C., y Villa, R. (2011). Review: Agro-industrial potential o exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44, 1866-1874.
- Badui, D. (2012). *La ciencia de los Alimentos en la práctica*. México: Pearson Educación.
- Badui, D. (2012). *Química de los Alimentos*. México: Pearson Educación.
- Banureka, V. D., and Mahendran, T. (2011). Formulation of Wheat-Soybean Biscuits and their Quality Characteristics. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 12(2), 4-7.
- Banureka, V., y Mahendran, T. (2009). Formulation of Wheat-Soybean Biscuits and their Quality Characteristics. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 62-66.
- Bardon, I., Belmonte, C., Fuster, L., Marino , H., y Ribes, R. (2010). *El sector de los productos de panadería, bollería y pastelería industrial, y galletas en la comunidad de Madrid: Características de calidad, actitudes y percepción del*

- consumidor*. Instituto de Nutricion y Transtornos Alimentarios de la Comunidad de Madrid, Madrid, España.
- Barrera, G., Bassi, E., Reyes-Martínez, R., León, A. y Ribotta, P. (2012). Effects of different fractions of wheat flour bread obtained with industrial mill on the quality of sweet cookies. *Agriscientia*, 29(2), 69-79.
 - Barriga, X. (2015). *Galletas*. Madrid, España: Random House Mondadori.
 - Bartholomew, P., and Rohrbach, G. (2002). *The Pineapple botany, production and uses*. Honolulu, USA: CABI Publishing.
 - Bayas, A. (2010). *Grasas y aceites. Utilización de residuo fibroso seco obtenido de la cáscara de palmito de pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K); en la elaboración de barras alimenticias energéticas, (BAE), en la industria Agrícola Exportadora* (Tesis de pregrado). Universidad tecnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
 - Becher, P., Beuchat, J., Gademann, K., y Jüttner, F. (2005). Nostocarboline: Isolation and Synthesis of a New Cholinesterase Inhibitor from Nostoc 78-12A. *J. Nat. Prod.*, 68(12), 1793-1795.
 - Bezerra Leal, M. J., Damasceno Silva, K. J., Dos Reis, R. S., Teixeira de Figueiredo, E. A., De Moura Rocha, M., & Minohu Hashimoto, J. (2018). *Chemical, granulometric and technological characteristics of whole flours from commercial cultivars of cowpea*. *Caatinga*, 217-224.
 - Bustamante, B. (2015). *Estudio de la vida útil de galleta salada mediante la ecuación de Arrhenius* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Callao, Lima, Perú.
 - Cabeza, S. (2009). *Funcionalidad de las materias primas en la elaboracion de galletas* (Tesis de Maestria). Universidad de Burgos, Burgos, España.
 - Caiza, N. (2015). *Efecto de la incorporación de oligofructosa, arándano deshidratado (Vaccinium myrtillus L.) y salvado de trigo en la aceptabilidad de galletas dulces* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

- Calaveras, J. (2004). *Nuevo Tratado de Panificación y Bollería* (Segunda ed.). Madrid: AMV ediciones y Mundi-prensa.
- Calvo, D. (2003). *La Soya: valor dietético y nutricional*. Equilibrio alimentario en los escolares. Recuperado de http://www.diodora.com/documentos/nutricion_soja.htm
- Campos, D., (2010). *Caracterización fisicoquímica del espejo de agua de la laguna Cushuro de la provincia de Sánchez Carrión donde se desarrolla el Nostoc commune* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Cañas, Z., Restrepo, D., y Cortés, M. (2011). Piña (Ananas comosus). Productos vegetales como fuente de fibra dietaria en la industria de alimentos. *Revista Fac. Nal. Agr. Medellín*.
- Cardenas, P., Cardozo, C., Garza, J., y Rios, C. (2017). *Obtención de harina de trigo (Triticum sativum) por molienda seca y análisis granulométrico*. Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
- Carías, A. (2015). *Elaboración de una Harina de Cáscara de Piña (Ananas comosus (l.) Merr) para su Aplicación en una Harina Alta en Fibra con su Respectiva Evaluación Nutricional y Organoléptica* (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Carranza, M., y Toro, J. (2018). *Efecto de la sustitucion parcial de harina de trigo (Triticum spp) por harina de quinua (Chenopium Quinoa) y harina de kiwicha (Amaranthus Caudatus) en las características fisicoquímicas y sensoriales de un pan de molde*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Peru.
- Carrasco, C., y Sánchez, k. (2019). *Determinación de la aceptabilidad de galletas elaboradas con diferentes concentraciones de harina de coronta de maíz morado (Zea mays l)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Castro, E., Verdugo, M., Miranda, M. y Rodríguez, A., (2003). *Determinación de parámetros texturales de galletas*. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Recuperado de <https://silo.tips/download/determinacion->

- Chimborazo, M. M. (2015). *Elaboracion de una masa de harinas trigo - arroz laminada de humedad intermedia para alimentos gourmet*. Tesis de pregrado, Escuela politécnica nacional, Quito-Ecuador.
- Chumo, C. y Rodríguez, G. (2018). *Influencia de la Sustitución Parcial de Harinas de Cáscara de Frutas en Perfil de Textura y Calidad Nutricional de una Galleta*. Ingeniero Agroindustrial (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Ecuador.
- CODEX ALIMENTARIUS STAN 152. (1985). Norma del CODEX para la harina de trigo.
- Codex Standard 155. (1985). Norma del Codex para la Harina y la Sémola de Maíz sin Germen.
- Codex Alimentarius. (2016). *Norma del Codex para la harina de trigo*. Obtenido de Codex Stan 152-1985: <http://www.codexalimentarius.org/normas-oficiales/es/>
- Conferencia De Las Naciones Unidas Sobre Comercio Y Desarrollo. (2015). *Piña. Fondo de la UNCTAD para la información sobre los mercados de productos básicos agriculturas*.
- Contreras, M., (2015). *Desarrollo de una galleta dulce enriquecida con harina de quinua blanca (Chenopodium quinoa) utilizando diseño de mezclas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Cortez, C., y Morales , C. (2018). *“Efecto del tiempo y temperatura de pretratamiento de lavado y tipos de secado en la calidad de la fibra dietética obtenida a partir del bagazo de piña (Ananas Comosus)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Chimbote,Peru.
- Criscaut, A. (2006). *Harina de Soya*. Recuperado de <http://alimentos.org.es/harina-soja>
- Crisologo, C. (2019). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de kiwicha (Amaranthus caudatus) en la elaboración de galletas nutritivas*. Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.

- Crivelenti, F., Brites, M., Paucar, L., Schmiele, M., y Chang, Y. (2012). Desarrollo de galletas tipo cookie con sustitución parcial de harina de soya germinada. *IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 100-106.
- De la Cruz, W. (2009). *Complementación proteica de harina de trigo (triticum aestivum L.) por harina de quinua (Chenopodium quinua Willd) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Defilippi, P., Hurtado, V., Mendoza, H., Morales, N., y Negrini, J. (2019). *Quri: galletas de avena enriquecidas con Cushuro*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- De Simas K.N. et al. (2009). Effect of King Palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(1), 531-538.
- Dieter, H., y Grosch, W. (1997). *Química de los Alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Dirección de Información Agraria. (2000). *La Libertad: Estudio del cultivo de piña 2000*. Recuperado de <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20PI%C3%91A%20EN%20LA%20LIBERTAD%202000.pdf>
- Documet, K. (2015). *Evaluación nutricional y sensorial de galletas fortificadas con hígado de res*. Tesis de maestría, Universidad de Piura , Piura.
- Duncan, M. (1989). *Tecnología de la Industria Galletera: galletas, crackers y otros*. Zaragoza: Acribia.
- Elías, J. (14 de noviembre de 2017). Áncash está por encima del promedio nacional de desnutrición crónica. *La Republica*. Recuperado de <https://larepublica.pe/sociedad/1143986-Ancash-esta-por-encima-del-promedio-nacional-de-desnutricion-cronica-infantil/?fbclid=IwAR05trjuLjxVrlecms6LNKATPD2JLE>

- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., y Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124, 411-421.
- elPeriódico. (06 de Octubre de 2015). *Sanidad*. Obtenido de: El estreñimiento afecta a casi el 20% de la población:
<https://www.elperiodico.com/es/sanidad/20151005/el-estrenimiento-afecta-a-casi-el-20-de-la-poblacion-4564909>
- Espinoza, L. y Ludeña, F. (2018). *Evaluación de la calidad del pan de molde enriquecido con harina de chía (Salvia Hispánica L.) desgrasada y sin desgrasar* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Falla, F., y Ramón, M. (2018). *Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca)*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- FAO. (2017). Evaluación de la calidad de la proteína de la dieta en nutrición humana. *Artículo FAO Alimentación y Nutrición*. Recuperado de <https://www.finut.org/wp-content/uploads/2017/11/Estudio-FAO-92-y-documentosadicionalesal231120171.pdf?fbclid=IwAR1dZfaDwTpc5ybyqEaZabanGmP2QlQsC0STXVRT55kaXi84OMhS0-h0UfCo>
- FAO, OMS, y ONU. (2001). *Necesidades de Energía y Proteína*. Informe de una reunión consultiva conjunta de expertos. Serie de informes técnicos 724.
- Fernández, W., y Suyón, S. (2018). *Efecto del secado convectivo en el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante in vitro del Nostoc sphaericum Vaucher ex Bornet & Flahault "cushuro" procedente de Recuay*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Fort, S. (2019). *Potencialidad de la fibra de caqui como ingrediente funcional en masas de galletas* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

- Galetovic, A., Araya, J., y Gomez, B. (2017). Composición bioquímica y toxicidad de colonias comestibles de la cianobacteria andina *Nostoc* sp. Llayta. *Revista Chilena de nutrición*.
- Gani A., et al. (2014). Effect of whey and casein protein hydrolysates on rheological, textural and sensory properties of cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5718-5726.
- Gantar, M. (2008). Microalgae and Cyanobacteria: Food for Thought. *Phycological Society of America*, 44, 260-268.
- Gao, J., Xueyan, J., Lim, J., Jeyakumar, H., y Weibiao, Z. (2015). Influence of bread structure on human oral processing. *Journal of Food Engineering*, 167, 147–155.
- Gil, Á. (2010). *Composición y calidad Nutritiva de los Alimentos*. Granada, España: Panamericana.
- Gomis, A. (2012). *Estructura y Propiedades de los polímeros. In Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. Universidad de Alicante.
- Gonzales, L. (1976). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología: Determinación de Ácidos Grasos en una Nueva Especie de Alga del Genero Nostoc* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Autónoma de México. .
- González, M. (2006). *cushuro Alga-Alto andino peruano*. Lima, Perú.
- González, N., (2007). *Elaboración de galletas con harina de bagazo de naranja* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.
- Gonzáles, I. (2009). *Estrategia de diferenciación de productos de consumo para su posicionamiento en la preferencia del consumidor* (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
- Gonzalez , E., y Martinez, A. (2017). *Sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum aestivum) por la haria de kiwicha (amaranthus caudatus) y la harina de cáscara de maracuya (pasiflora edulis) en las características fisicoquímicas y*

- sensoriales de galletas fortificadas*. Informe de tesis, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Ancash.
- Granados, C., Acevedo, D., Cabeza, A. y Lozano, A., (2014). Texture Profile Analysis in Bananas Pelipita, Hartón and Topocho. *Información Tecnológica*, 25(5), 35-40.
 - Granito, M., Valero, Y. y Zambrano, R., (2010). Desarrollo de productos horneados a base de leguminosas fermentadas y cereales destinados a la merienda escolar. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(1), 85-92.
 - Gupta, M., Bawa, A. y Abu-Ghannam, N., (2011). Effect of barley flour and freeze-thaw cycles on textural nutritional and functional properties of cookies. *Food and Bioproducts Processing*, 89(4), 520-527.
 - Gutiérrez, H., y De la Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. Guanajuato, México: McGraw-Hill.
 - Hidalgo Yamashiro, V. C., y Perez Mejia, F. P. (2018). *Galletas fortificadas con harina de maca (Lepidium Meyenii) y kiwicha (Amaranthus Caudatus) y evaluación de características fisicoquímica y sensoriales*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Ancash.
 - Hijar, M. (2008). *Obtención de fibra dietética a partir de piña (Ananas comosus) del cultivar Cayena Lisa*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Satipo, Perú.
 - Hosseney, C. (1994). *Principles of Cereal Science and Technology*. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.
 - Hoyos, D., y Palacios, A. (2015). *Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación*. Tesis de pregrado, Universidad del Vale, Cali, Colombia.
 - Hui, Y., Barta, J., Cano, P., Gusek, T., Sidhu, J., y Sinha, N. (2008). Food Additives in Fruit Processing. In *Handbook of Fruits and Fruit Processing*. Wiley.

- Hu, G. H., Yang, F., Ma, Z., and Zhou, Q. (2007). Development of Research and application of rice bran dietary fibre. *China food addit*, 80-85.
- Ibañez, A. (29 de mayo de 2018). Áncash: 48% de niños padecen de anemia. *La Republica*. Recuperado de https://larepublica.pe/sociedad/1251610-ancash-48-ninos-padecen-anemia/?fbclid=IwAR1QBGTk9oIAmWCE9nZKBSHHS_YSatxvw2LQyyX20smt_x2rcY_XYkdFIIM
- INACAL. (2020). *Trigo. Harina de trigo para consumo humano*. NTP 205.064, Lima.
- Instituto nacional de estadística e informática. (2018). *Producción agropecuaria, según principales productos*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2005). Galletas requisitos. NTE INEN 2 085:2005.
- Jara, L. (2019). *Elaboración de galletas con un edulcorante natural stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) enriquecida con harina de cáscara deshidratada de piña (Ananas comosus)*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Jimenez, N., y Duque, E. (2018). *Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum aestivum L.) por harina de castaña (Bertholletia excelsa) en el comportamiento reológico de su masa para la aplicación en la industria de la panificación* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.
- Jurado, B., Fuertes, C., Tomas, G., Ramos, E., J., A., Cáceres, J., y otros. (2014). Estudio Físicoquímico, Microbiológico y Toxicológico de los Polisacáridos del Nostoc Commune y Nostoc Sphaericum. *Rev. Perú Quim Ing Quim*(17), 15-22.
- Kristensen, M., y Jensen, M. (2011). Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite*, 56, 65-70.
- Kuehl, R. (2000). *Diseño de Experimentos*. International Thomson Editores.

- Laguna, L., Varela, P., Salvador, A., y Fiszman, S. (2013). A new sensory tool to analyse the oral trajectory of biscuits with different fat and fibre contents. *Food Research International*, 51(2), 544-553.
- Laguna, C., y Sifuentes, C. (2019). *Optimización de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum Aestivum) por harina de tarwi (Lupinus Mutabilis) y harina de kiwicha (Amaranthus Caudatus) en galletas tipo cookie destinados a niños en edad escolar*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Ancash.
- Lajolo, F., y Wenzel, E. (2006). *Carbohidratos en Alimentos Regionales Iberoamericanos*. Sao Paulo, Brasil: Editora de Universidad de Sao Paulo.
- Larrauri, P., y Saura, C. (1997). Pineapple shell as a source of dietary fiber with. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(10), 4028-4031.
- Lecumberri, E., Mateos, R., Izquierdo, P. R., Goya, L., y Bravo, L. (2007). Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Food Chemistry*, 104, 948-954.
- Leiva, C., y Guerra, P. (2018). *Evaluación de la aceptabilidad del cushuro (Nostoc sphaericum) en preparaciones culinarias saladas y dulces* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Union.
- León, A., y Rosell, C. (2007). *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. Córdoba: Hugo Báez Editor.
- López. (2014). *Obtención de harina de cascara de piña (Ananas comosus) con diferentes tiempos y temperaturas de secado para elaborar galletas*. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Santo Domingo, Ecuador.
- López, J. y Paredes, K. (2018). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum vulgare) por harina de ajonjolí (Sesamum indicum L.) desgrasada y harina de arveja (Pisum sativum) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.

- López, R. (2018). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum L.) por cáscara de mango (Mangífera indica L.) var. kent en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces*. Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Maache, Z., y Bouvier, J. (1989). *Effect of principal ingredients on Rheological Behaviour of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits*. Journal of Food Engineering,, 23-42.
- Mancebo, C., Picón, J., y Gómez, M. (2015). Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 264-269.
- Manresa, A., y Vicente, I. (2007). *El color en la industria de los alimentos*. Ciudad de la Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- Martínez, J. et. al. (2003). *Nuevos Alimentos para nuevas necesidades*. Madrid, España: Nueva Imprenta S.A.
- Martinez, M. (2021). *Aprovechamiento de dos subproductos agroindustriales en el desarrollo de un snack rico en fibra dietaria*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Mayorga, A. (2013). *Desarrollo de fibra dietética a partir de un subproducto industrial de piña y su aplicación en un producto alimenticio* (Tesis de pregrado). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Matos, A., y Chambilla, E. (2010). *Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria*. Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1(1), 4-17.
- McWatters, K. H. (1978). Cookie baking properties of defatted peanut, soybean, and field pea flours. *Cereal Chemistry*, 55, 853-863.
- Melgarejo, D. (2011). *Elaboración de una bebida fermentada a partir de la cáscara de piña (Ananas comosus) variedad samba*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

- Menchú, M. T., Méndez, H., y INCAP. (2007). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. Serviprensa, S.A.
- Mendoza, L. (2015). *Diversidad de algas (excepto bacillariophyceae) asociadas a macrofitas en la laguna El Oconal, Villa Rica, Oxapampa, Pasco, durante la época de transición vaciante-creciente* (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Mendoza, J., y Cruz, D. (2015). *Elaboracion de galletas con harina de arrochillo (Oryza Sativa) y harina de sacha inchi (Plukenetia Volubilis L.), como sustitutos parciales en su formulacion*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Menéndez, M. (2013). *Los alimentos funcionales. Nuevos alimentos para un nuevo estilo de vida*. Asturias, España: Ediciones Trea, S.L.
- Mesta, D., y Miñope, Y. (2018). *Formulación y evaluación sensorial para determinar la aceptabilidad de galletas con fibra dietética de piña (Ananas comosus) y harina de sorgo (Sorghum vulgare) para personas celíacas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Ministerio de salud, y Instituto nacional de Salud. (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima: Centro de informacion y documentacion científica del INS.
- Ministerio de Salud. (3 de Marzo de 2019). *Perú es uno de los países con mayor incidencia del Síndrome de Intestino Irritable en Latinoamérica*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/26151-peru-es-uno-de-los-paises-con-mayor-incidencia-del-sindrome-de-intestino-irritable-en-latinoamerica>
- Ministerio de Salud. (14 de Noviembre de 2020). *Minsa: Cuatro de cada cien peruanos mayores de 15 años padecen diabetes en el Perú*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/314367-minsa-cuatro-de-cada-cien-peruanos-mayores-de-15-anos-padecen-diabetes-en-el-peru>
- MINSA. (2006). *Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a base de granos y otros, destinados a programas sociales de Alimentación*. Lima, Peru.

- Mollo, J. (2021). *Análisis de propiedades acústicas relacionadas a propiedades mecánicas de textura de galletas* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Mohsen, S., Fadel, H., Bekhit, M., Edris, A., and Ahmed, M. (2009). Effect of substitution of soy protein isolate on aroma volatiles, chemical composition and sensory quality of wheat cookies. *International Journal of food science and technology*, 44, 1705-1712.
- Moncayo, A. (2017). *Caracterización Morfológica, Análisis Proximal y Análisis Microbiológico de una muestra de la cianobacteria Nostoc sp. recolectada en el páramo de Papallacta*. (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Montoya, J., y Giraldo, G. (2010). *Caracterización físico-química de harina de trigo, masa y pan*. Revista de Investigacione de la Universidad de Quindio, 7.
- Mora, L. y Ventura, C. (2018). *Propuesta para la elaboración de una harina a base de cáscara de piña (ananás comosus) y su aplicación en la pastelería* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Moreno, R. (2000). *Nutrición y Dietética para Tecnólogos de Alimentos*. Madrid, Ediciones Díaz de Santos, S. A., España.
- Muñoz, D. y Cabrera, G., (2006). El secado directo e indirecto de la piña. *Biotechnología II. Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 4(1), 58 - 66.
- Murillo, S. (2018). *Características fisicoquímicas, sensoriales y compuestos bioactivos de galletas dulces elaboradas con harina de cáscara del fruto de cacao (Theobroma cacao L.)*. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú.
- Navarro, J. (2012). Efecto del consumo de fibra en la dieta del paciente diabético. *Revista Medica de Costa Rica y Centroamerica*, 69(600), 21-23.
- NCBI. (2014). *National Center for Biotechnology Information*. Recuperado de <http://www.gbif.org/species/105948654> on 2014-01-31

- Neira, A. M. (2021). *Análisis bromatológico de la harina de soya. Examen complejo*, Universidad técnica de Machala, Machala - Ecuador.
- NMX-F-006. (1983). Alimentos. Galletas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-007. (1982). *Alimento para humanos. Harina de trigo*
- NTP 205.038. (1975). Harinas. Determinación de cenizas.
- NTP 205.039. (1975). Harinas. Determinación de la acidez titulable.
- NTP 206.001. (revisada 2016). Panadería, pastelería y galletería. Galletas. Requisitos.
- Núñez, J. (2014). *Extracción, cuantificación, caracterización fisicoquímica y funcional de fibra dietaria obtenida a partir de residuos de maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.)*. Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Owen, F. (1996). *Química de los Alimentos* (Segunda ed.). Zaragoza: Acribia.
- Palomino, D. (2016). *El Llullucha: un poderoso alimento apurimeño echado al olvido*. Cultura Gastronómica de América. Recuperado de <http://comucamapu.blogspot.com/2016/10/el-llullucha-un-poderoso-Parra>
- Pamplona, J. (2013). *El poder medicinal de los alimentos*. Madrid, España: Safeliz, S. L.
- Park, J., Choi, I., y Kim, Y. (2015). Cookies formulated from fresh okara using starch, soy flour and hydroxypropyl methylcellulose have high quality and nutritional value. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 660-666.
- Paucar, L., Crivilenti, F., Brites, M., Schmiele, M., Chang, Y., y Clerici, M. (2012). Desarrollo de galletas tipo cookie con sustitución parcial de harina de soya germinada. IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.
- Paucar, L., Salvador, R., Guillén, J., y Mori, S. (2016). *Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características*

- tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. Scientia Agropecuaria, 7(2), 121-132.*
- Paucar, U. (2014). *Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y harina de bagazo de naranja valencia* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Satipo, Perú.
 - Paula, A. y Conti-Silva, A., (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of Food Engineering, 121, 9-14.*
 - Perea, J., Cadena, T., y Herrera, J., (2009). El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: efecto del procesamiento. *Rev. Univ. Ind. Santander, Salud, 41(2), 128-134.*
 - Picón, J. (2014). *Estudio de la influencia del tipo de harina en el desarrollo de galletas sin gluten*. Tesis de Maestría, Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
 - Pino, J. (2019). Contribuyentes del aroma de la piña. *Ciencia y Tecnología de Alimentos, 29(2), 72 – 81.*
 - Ponce, E. (2014). Nostoc un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. *IDESIA, 32(2), 115-118.*
 - Ponka, R., Bisso, M., Zomegni, G., Bissada, N., and Fokou, E. (2022). Nutritional composition of biscuits from wheat-sweet potato-soybean composite flour. *International Journal of Food Science, 1-8.*
 - Prakongpan, T., y Nitihamyong, P. (2002). *Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores*. *Journal of food science, 67(4), 1308-1313*
 - Puma, G., Liñañ, J., Coavoy, I., Coronado, J., Salas, W. y Vargas, L., (2018). Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas. *Anales Científicos, 79(1), 218 – 225.*

- Raghavendra, S., Ramachandra, S., Rastogi, N., Raghavarao, K., S., Kumar, y otros. (2006). Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: a source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*, 72(3), 281-286.
- Ramirez, A., y Pacheco de Delahaye, E. (2009). *Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietetica obtenidas de piña, guayaba y guanabana*. Recuperado de <http://37.redalyc.org/articulo.oa?id=33911575012>
- Ramulu, P., y Udayasekhara, P. (2003). Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 677-685.
- Ranasalva, N., y Visvanathan, R. (2014). Development of cookies and bread from cooked and fermented pearl millet flour. *African Journal of Food Science*, 8(6), 330-336.
- Rasmussen, H., Blobaum, K., Jesch, E., Ku, C., Park, Y., Lu, F., y otros. (2009). Hypocholesterolemic effect of *Nostoc commune* var. *sphaeroides* Kützing, an edible blue-green alga. *Eur J Nutr*, 48, 387-394.
- Rawat, S. (2015). *Food Spoilage: Microorganisms and their prevention*. Asian Journal of Plant Science and Research, 47-56.
- Repo-Carrasco, R. (1998). *Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y granos andinos*. Lima, Perú: Edit. Agraria.
- Repo-Carrasco, R. (2002). *Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y granos andinos*. Lima, Perú: Edit. Agraria.
- Ridner, E. (2006). *Soya-Propiedades Nutricionales y su impacto en la Salud*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Grupo Q S.A.
- RM N°1020-2010/MINSA (2011). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería.
- Rodríguez, E., Fernández, A., y Ayala, A. (2005). Rheology and texture of doughs: Applications on wheat and corn. *Ingeniería e Investigación*, 25(2), 72-78.

- Roldan, W. (2015). *Caracterización y cuantificación del comportamiento reológico del hidocoloide proveniente del Nostoc (Nostoc sphaericum V)*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Romero, D., Cambero, M., Ordóñez, J., De la Hoz, L., y Herrero, A. (2014). Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test and texture profile analysis (TPA). *Meat Science*, 98(2), 310-315.
- Salvatierra, Y., y Azorza, M., (2017). *Evaluación y optimización de galletas enriquecidas con chía (Salvia hispánica) y aceite extraído de tarwi (Lupinus Mutabilis)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Salvatierra, Y., Azorza, M., y Paucar, L. (2019). Optimización de las características nutricionales, texturales y sensoriales de cookies enriquecidas con chía (Salvia hispánica) y aceite extraído de tarwi (Lupinus mutabilis). *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 7-17.
- Sanchez, J. (2012). *Manual para la producción de una piña de calidad*. Recuperado de Minagri: <http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/index.php/f-ciencia-y-produccion-vegetal/f01-cultivo/664-manual-para-la-produccion-de-pina>.
- Sandoval, D. C. (2020). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de hojas de moringa (Moringa oleifera) y harina de soya (Glycine max) en elaboración de galletas dulces*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa, Chimbote - Perú.
- Serena, A., y Bach, K. (2007). *Chemical and physicochemical characterisation of co-products from vegetable food and agroindustries*. *Animal Feed Science and Technology*, 139(1-2), 109-124.
- Sibaja, R., Moya, M., Durán, M., Pereira, R., y Madrigal, R. (1988). Caracterización química de algunos desechos agroindustriales en Costa Rica. *Uniciencia*, 5(1-2), 27-35.
- Sing, R., y Villalobos, C. (2015). *Elaboración y Evaluación Nutricional de Alfajores Enriquecidos con Harina de Camote (Ipomea Batata Lam) y Soya*

- (*Glicine Max Meir*) con Sustitución Parcial de la Margarina por Aceite de Ajonjolí (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.
- Smallwood, N. (2000). *Producción de aceite crudo, pasta y harina de soya*. México D.F.: ASA.
 - Suleiman, N. (2004). *Dietary fibre source from pineapple by product*. Food Chemistry, 85, 189-194.
 - Taghdir, M., Mohammad, S., Honar, N., Sepandi, M., Ashourpour, M., and Salehi, M. (2016). Effect of soy flour on nutritional, physicochemical, and sensory characteristics of gluten-free bread. *Food Science and Nutrition*, 5.
 - Tarancón, P., (2013). *Influencia de la grasa en las propiedades físicas y sensoriales de galletas. Alternativas para la mejora del perfil de acidos grasos* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
 - Toledo, D. (2016). *Evaluación de la Calidad Proteica de la Formulación de Harinas de Soya (*Glycyne max*), Avena (*Avena sativa l.*) y Trigo (*Triticum aestivum l.*) (1:1:2) y su Efecto sobre la Recuperación de la Desnutrición Proteica Inducida en Ratas Albinas (*Rattus norvegicus*)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
 - Torpoco, N. A. (2014). *Evaluación de la calidad panadera de 4 líneas promisorias de trigo de la estación experimental Santa Ana Inia - Huancayo*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo - Perú. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1258/TORPOCO%20VIVAS.pdf?sequence=1>
 - Torres, G., Torres G., Acevedo, C. y Gallo, G. (2015). Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Vector*, 10, 14 -25.
 - Velásquez, M., y Obando, L. (2017). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soja en la elaboración de pan de molde*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Peru.

- Velásquez, J., y R., M. (2020). *Estudio de la deshidratación convencional de la semilla de mango (Mangifera indica L.) de descarte, para la obtención de harina, en la elaboración de galletas*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- Villarroel, M., Acevedo, C., Yañez, E. y Bioley, E., (2003). Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Interciencia, Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53, 400-407.
- Viva de Toledo, N., Nunes, L., Moreira da Silva, P., Fillet, M., and Canniatti, S. (2016). Influence of pineapple, apple and melon by-products on cookies: physicochemical and sensory aspects. *International Journal of Food Science and Technology*, 53.
- Viva de Toledo, N., Porreli, P., Spoto, M., and Cinniati-Brazaca, S. (2017). Influence of pineapple, apple and melon by products on cookies: Physicochemical and sensory aspects. *Journal of Food Science and Technology*, 50, 1227-1237.
- Vivas, O. (2009). *Perfil descriptivo cuantitativo y de textura de productos elaborados con harinas de leguminosas fermentadas* (Tesis de maestría). Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.
- Visentín, A. N., Drago, S. R., Osella, C. A., De la Torre, M. A., Sánchez, H. D., y González, R. J. (2009). *Efecto de la adición de harina de soja y concentrado proteico de suero de queso sobre la calidad del pan y la dializabilidad de minerales*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(3). Obtenido de <http://www.alanrevista.org/ediciones/2009/3/art-14/>
- Vito, J. (2019). *Determinación de la vida útil mediante pruebas aceleradas (ASLT) de un producto extruido enriquecido con concentrado proteico de pota (Dosidicus gigas)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Vitonica, L. (2018). *Las Galletas tambien son bolleria industrial y por esto deberias evitarlas*. Recuperado de <https://www.vitonica.com/alimentos/si-las-galletas-tambien-son-bolleria-industrial-y-por-esto-deberias-evitarlas>

- Whitson, M. E., Miracle, R. E., and Drake, M. (2010). Sensory characterization of chemical components responsible for cardboard flavor in whey protein. *Journal of Sensory Studies*, 25(4), 616-636.
- WHO/FAO/UNU. (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Who Technical Report Series 935.
- Yalegama, L., Karunaratne, N., Sivakanesan, R., y Chithrangani, J. (2013). Chemical and functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. *Food Chemistry*.
- Yeh, H., Su, N., y Lee, M. (2005). *Chemical compositions and physicochemical properties of the fiber-rich materials prepared from shoyu mash residue*. Journal of Agricultural and food chemistry, 53, 4361.
- Yılmaz, E., y Öğütçü, M. (2015). The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food and function*, 6(4), 1194-1204.
- Zavala, A. (2016). *Efecto de la proporción de sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum spp) por harina de algarroba (Prosopis pallida) en la textura, color, aceptabilidad general y composición proximal de galletas dulces* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.

VII. ANEXOS

ANEXO 1. Balance de materia para la obtención de harina de soya.

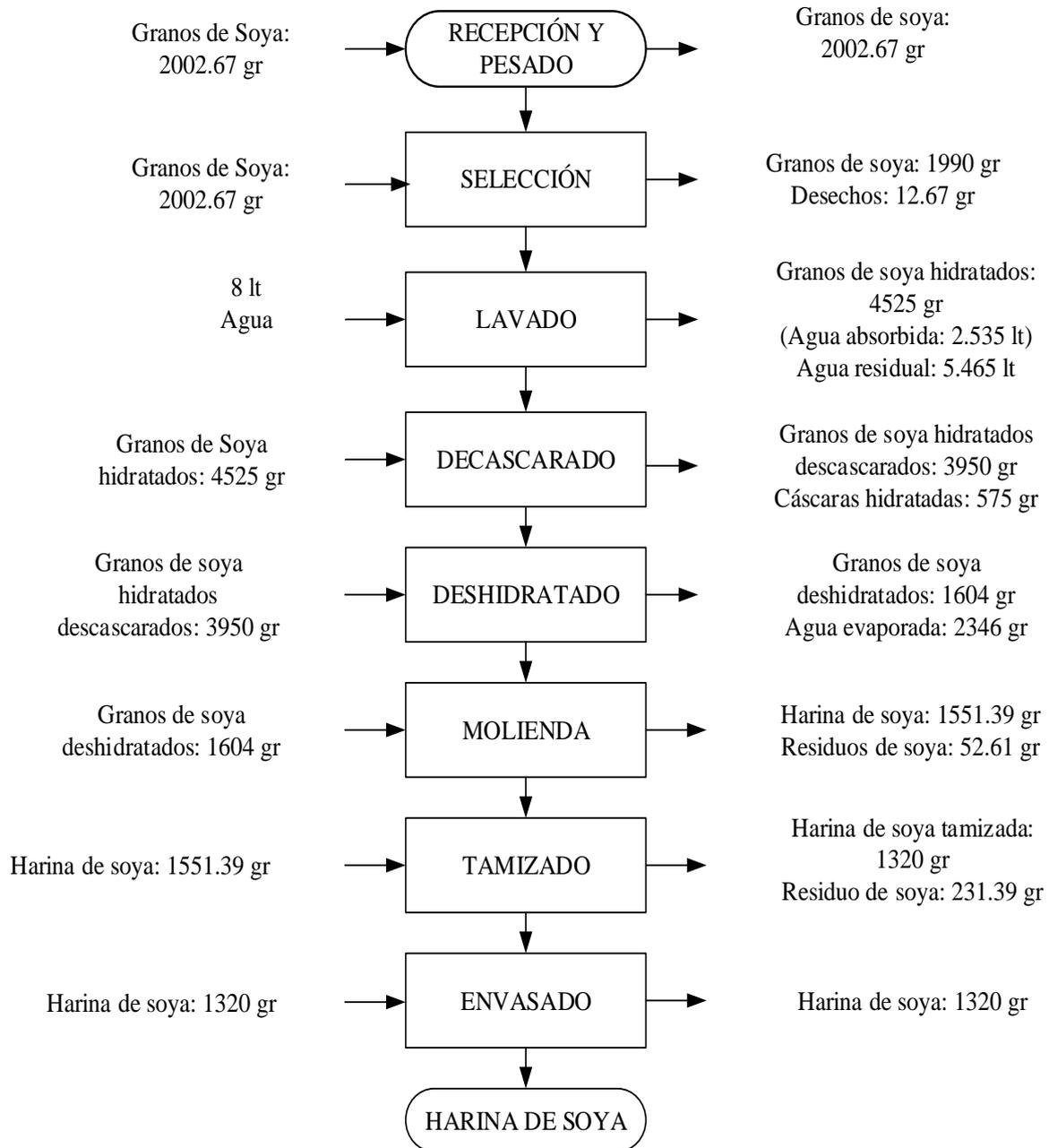


Figura 67: Diagrama de flujo del balance de materia para la obtención de harina de soya.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{1320.00 \text{ gr}}{2002.67 \text{ gr}} * 100 = 65.91\%$$

ANEXO 2. Balance de materia para la obtención de harina de cáscara de piña.

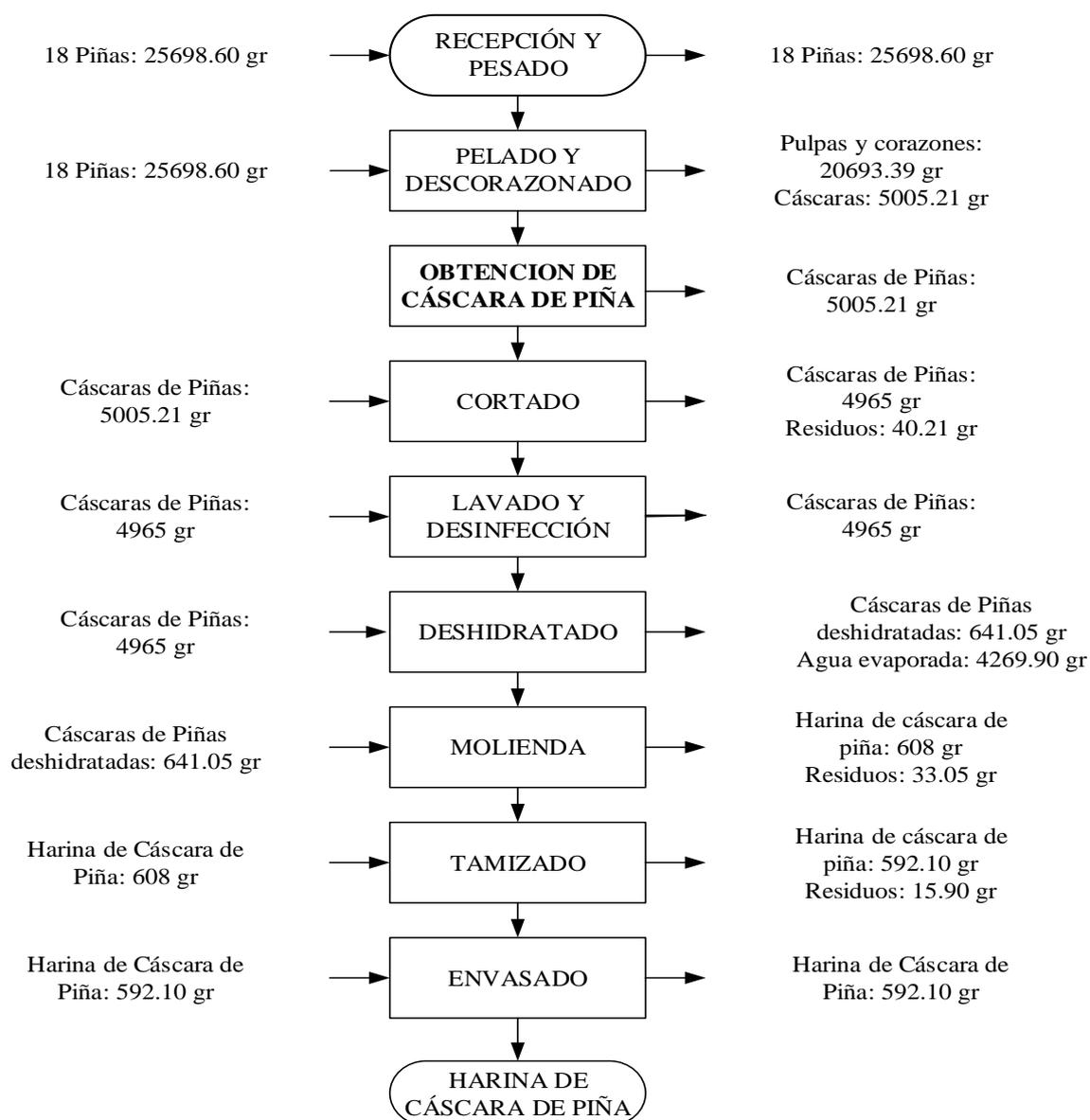


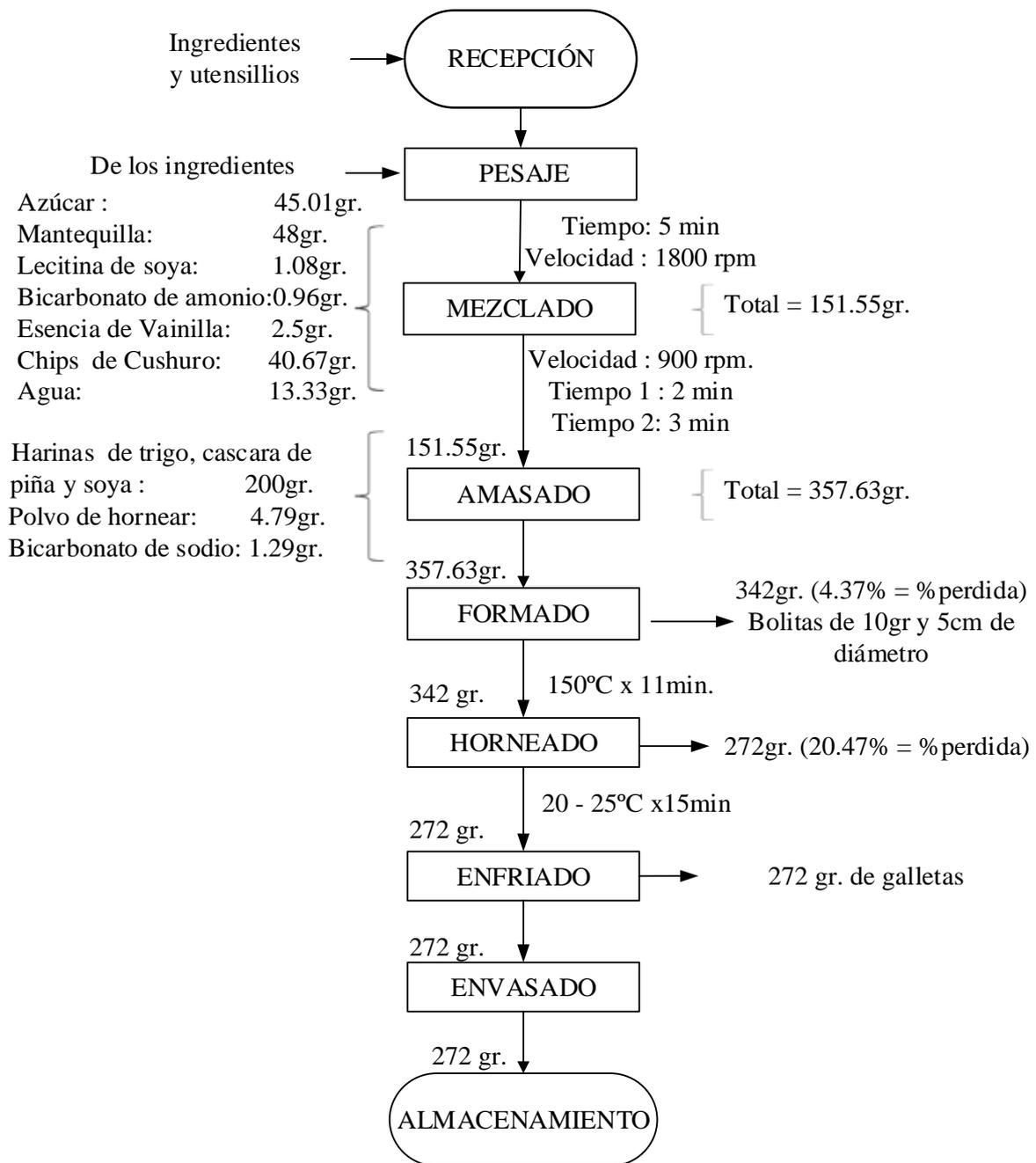
Figura 68: Diagrama de flujo del balance de materia para la obtención de harina de cáscara de piña.

$$\text{Rendimiento 1 (\%)} = \frac{592.10 \text{ gr}}{25698.60 \text{ gr}} * 100 = 2.30 \%$$

$$\text{Rendimiento 2 (\%)} = \frac{592.10 \text{ gr}}{5005.21 \text{ gr}} * 100 = 11.83 \%$$

- Rendimiento 1: Harina obtenida a partir de las piñas enteras.
- Rendimiento 2: Harina obtenida a partir de las cáscaras de piñas.

ANEXO 3. Balance de Materia para la obtención de cookies con chips de cushuro.



Masa inicial = 357.63 gr.
Masa de galletas final = 272 gr.
Rendimiento = 76.06%

Figura 69: Diagrama de flujo del balance de materia para la obtención de cookies con con chips de cushuro.

ANEXO 4. Etapas del proceso de obtención de harina de soya.



Figura 70: Recepción de granos de soya.



Figura 71: Lavado de granos de soya.



Figura 72: Descascarado de granos de soya y su posterior pesado.



Figura 73: *Deshidratado de granos de soya en secador de bandejas.*



Figura 74: *Molienda de granos de soya deshidratados.*



Figura 76: *Tamizado de harina de soya.*



Figura 75: *Envasado de harina de soya.*

ANEXO 5. Etapas del proceso de obtención de harina de cáscara de piña.



Figura 77: *Recepción y pesado de piñas.*



Figura 78: *Pelado y descorazonado.*



Figura 80: *Obtención y pesado de cáscaras de piñas.*



Figura 79: *Cortado de cáscaras de piñas.*



Figura 81: *Lavado y desinfección de cáscaras de piñas.*

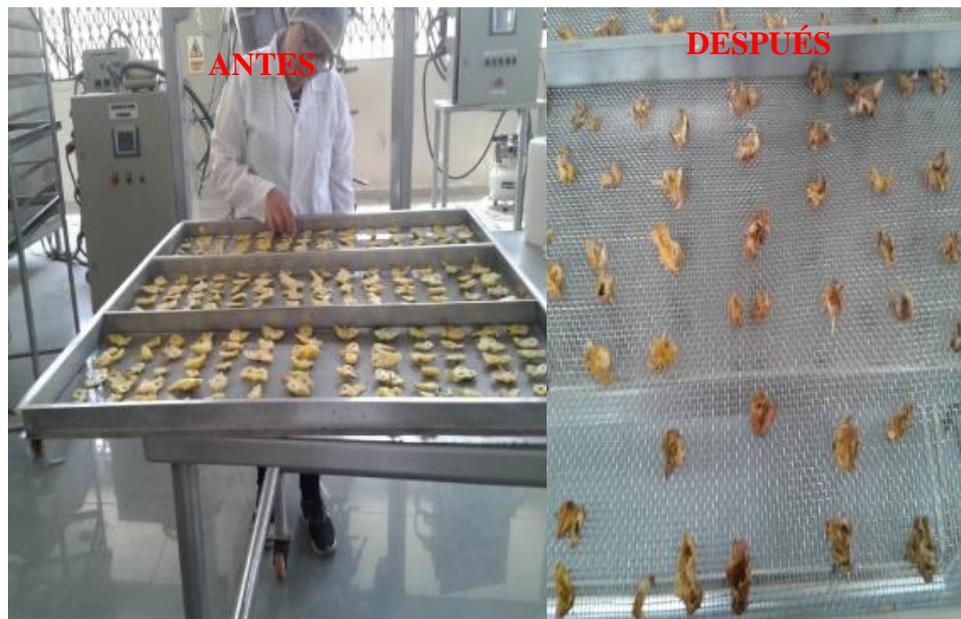


Figura 82: *Deshidratado de cáscaras de piñas en secador de bandejas.*



Figura 83: *Pre molienda y molienda de cáscaras de piñas deshidratadas.*



Figura 84: *Tamizado de harina de cáscara de piña.*



Figura 85: *Envasado de harina de cáscara de piña.*

ANEXO 6. Etapas del proceso de elaboración de cookies con chips de cushuro.



Figura 86: Recepción de ingredientes y utensilios.



Figura 87: Pesado de ingredientes.



Figura 89: Mezclado de azúcar y mantequilla.



Figura 88: Luego de incorpora a la mezcla lecitina de soya, bicarbonato de amonio, esencia de vainilla, cushuro y agua. Se bate x 5min.



Figura 91: En un recipiente aparte se ciernen las harinas, polvo de hornear y bicarbonato de sodio.



Figura 90: Amasado de los ingredientes.



Figura 92: *Formado de las cookies, a partir de bolitas de 10gr cada una.*



Figura 93: *Horneado de las bolitas de masa a 150°C x 11min.*



Figura 94: *Enfriamiento de las cookies a 20°C-25°C x 15min.*



Figura 95: *Envasado de las cookies en bolsas de polipropileno.*



Figura 96: *Almacenamiento de las cookies.*

ANEXO 7. Determinación del Contenido de Humedad (Método de la estufa, A.O.A.C., 1990) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro*(Método de la estufa, A.O.A.C 2012.925.10) y cookies.

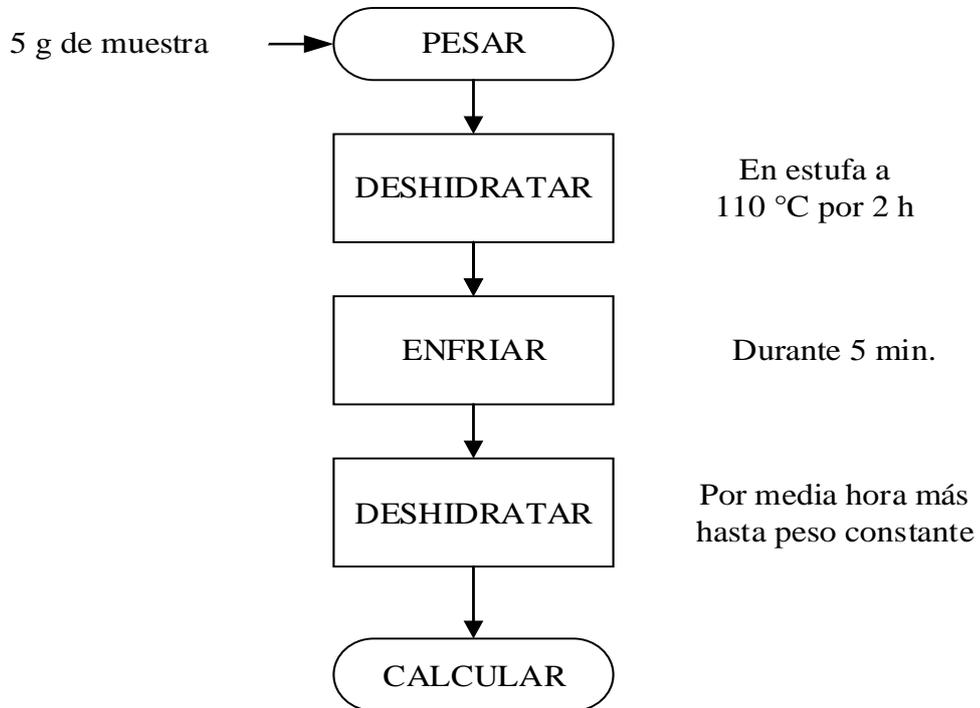


Figura 97: Diagrama de Flujo de la Determinación de Humedad.

*Para el caso del cushuro el tiempo fue de 24hr a 65°C.

Fórmula:

$$\%Humedad = \frac{P_1 - P_2}{m} * 100$$

Donde:

- P1= peso de placa más muestra
- P2= peso de placa más muestra seca
- m= peso de la muestra



Figura 99: *Pesado de 5 g de muestra.*



Figura 98: *Deshidratado en estufa a 110 °C por 2 h.*



Figura 101: *Enfriado en campana desecadora durante 5 min.*



Figura 100: *Pesado de muestra deshidratada.*

ANEXO 8. Determinación del Contenido de Proteína (Método Kjeldahl, A.O.A.C., 2001.11, 2012) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro (Método Kjeldahl, A.O.A.C. 2012.920.87) y cookies.

ETAPA DE DIGESTIÓN

Ecuación:

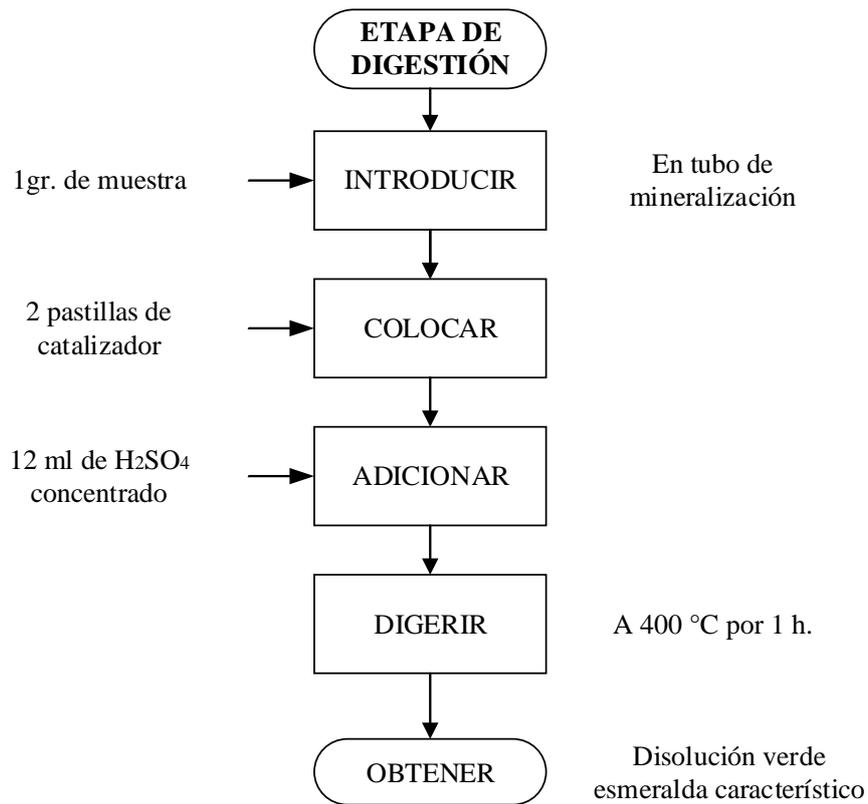
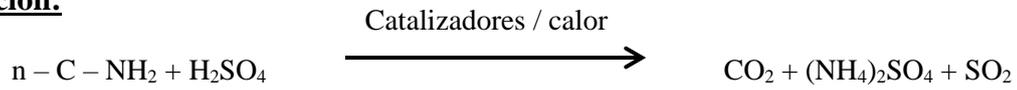


Figura 102: Diagrama de Flujo de la Etapa de Digestión para la Determinación de Proteínas.

ETAPA DE DESTILACIÓN

Ecuación:

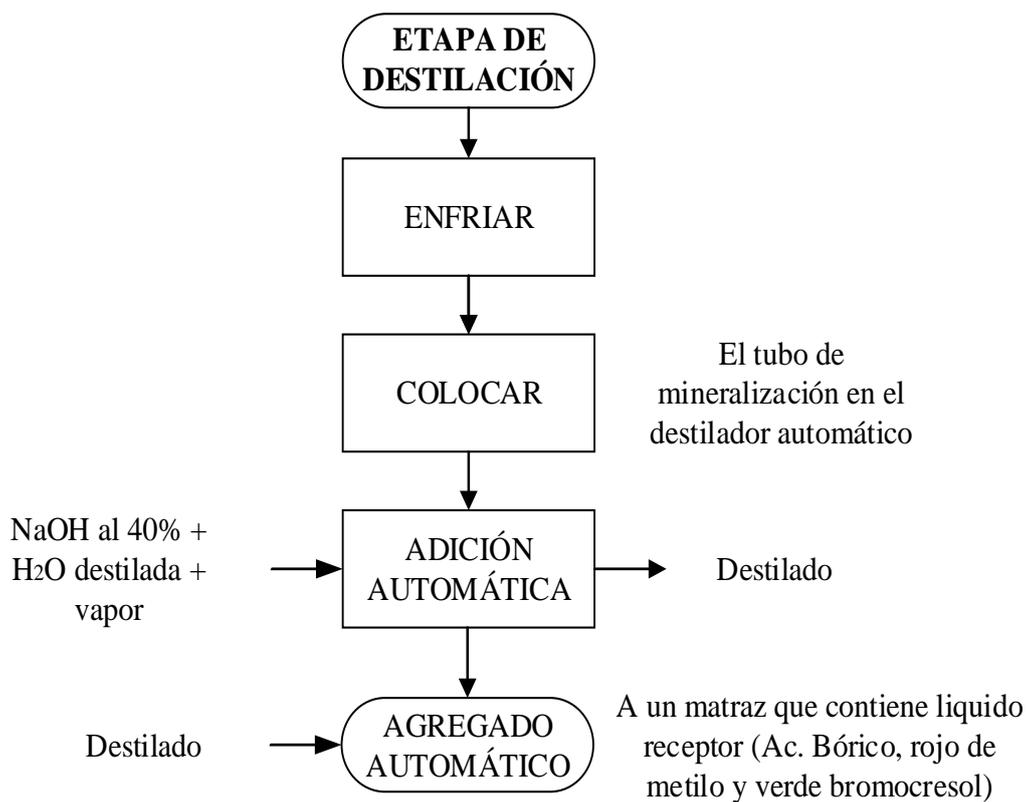
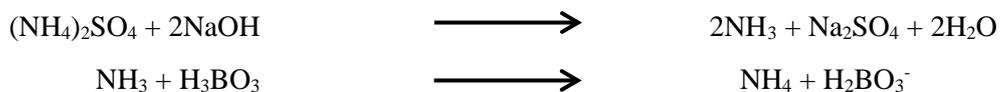


Figura 103: Diagrama de Flujo de la Etapa de Destilación para la Determinación de Proteínas.

ETAPA DE TITULACIÓN

Ecuación:

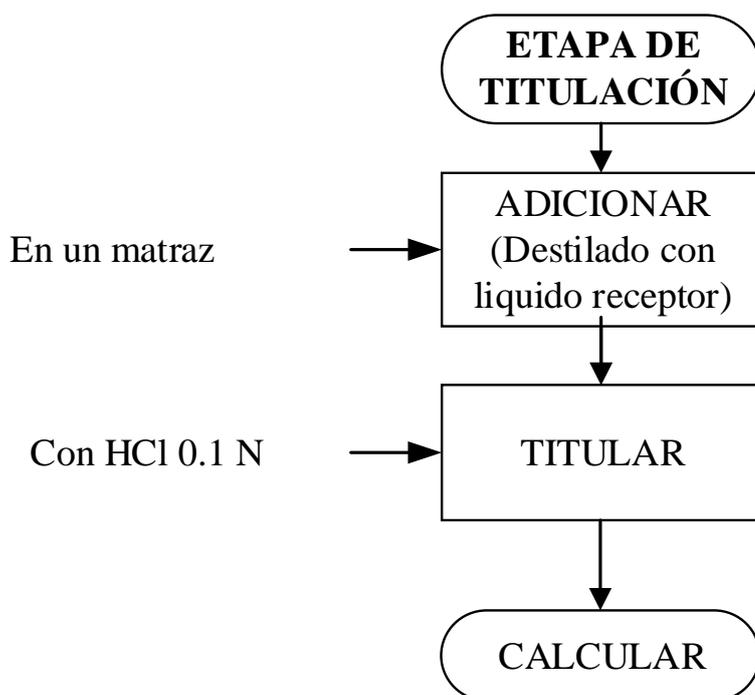


Figura 104: Diagrama de Flujo de la Etapa de Titulación para la Determinación de Proteínas.

Fórmula:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{(ml_{\text{muestra}} - ml_{\text{blanco}}) * N * 0.014 * 100}{g_{\text{muestra}}} * k$$

Dónde:

- ml muestra = gasto titulación de la muestra
- ml blanco = gasto de titulación del blanco
- N = normalidad del HCl (0.1 N)
- g muestra = peso de la muestra

El resultado obtenido debe de ser multiplicado con el factor (k), de acuerdo al tipo de muestra analizada.

Tabla 93: Factores de conversión de proteína usados para convertir nitrógeno a proteína, entre diferentes ingredientes alimenticios.

Alimentos	Factor (k)
Harina de trigo	5.70
Trigo, centeno, cebada	5.83
Arroz	5.95
Cacahuetes	5.46
Almendras	5.18
Soja	5.71
Semillas oleaginosas	5.30
Leche y derivados	6.38
Carne y derivados	6.25
Clara de huevo	6.70
Yema de huevo	6.62
Huevo entero	6.68
Gelatina	5.55
Vegetales	6.25
Otros alimentos	6.25

FUENTE: FAO, 1973.



Figura 106: *Introducido de 1 g de muestra en el tubo de mineralización.*



Figura 105: *Digestión a 400°C por 1 hr, previa adición de 2 pastillas de catalizador y 12 ml de H₂SO₄*



Figura 107: *Destilación con NaOH al 40%, agua destilada y vapor.*



Figura 108: *Titulación con HCl 0.01 N hasta coloración rosa intenso.*

ANEXO 9. Determinación del Contenido de Grasa (Método Soxhlet, A.O.A.C., 963.15, 2005) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro (Método Soxhlet, A.O.A.C. 2012.922.06) y cookies.

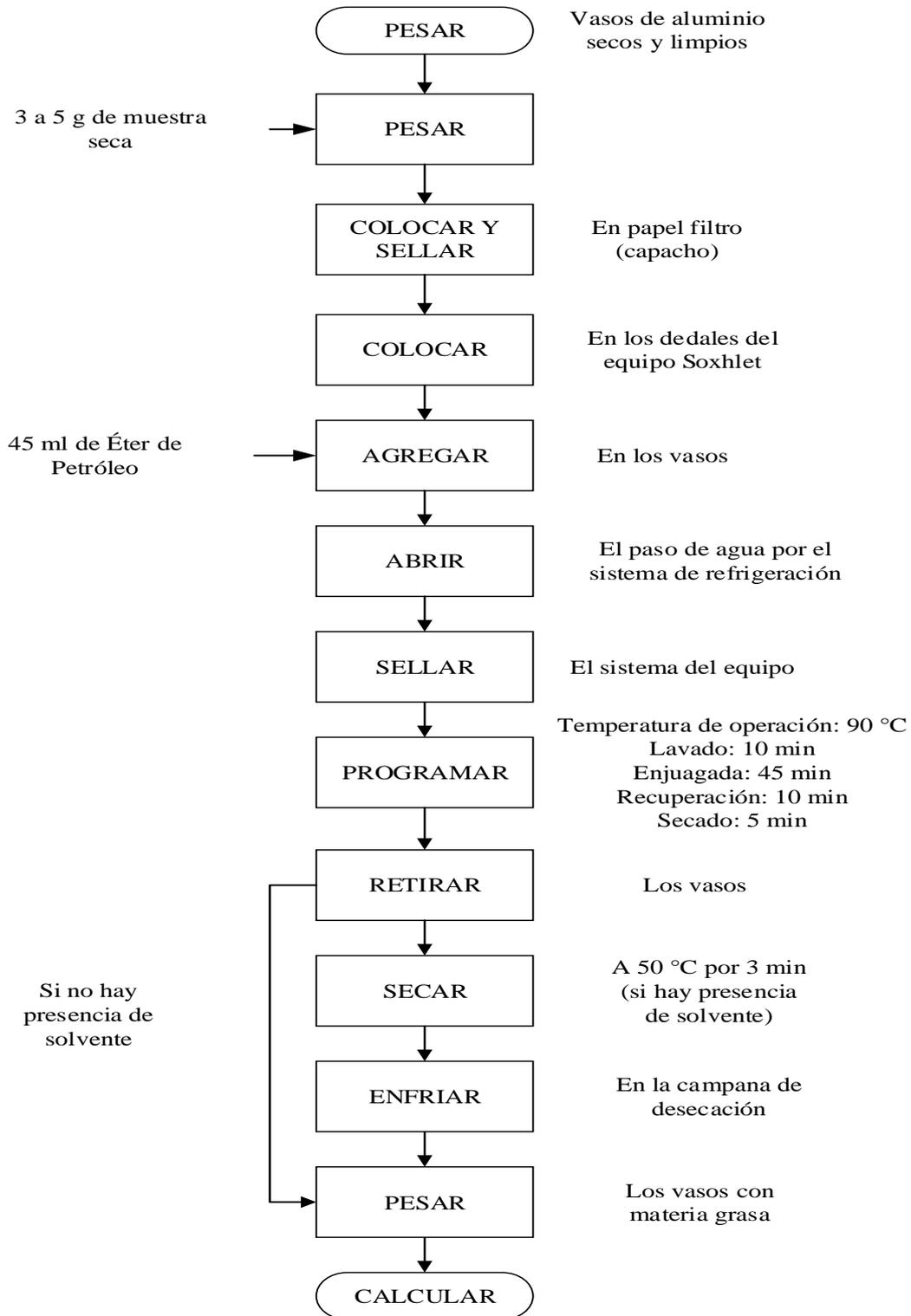


Figura 109: Diagrama de Flujo de la Determinación de Grasas.

Fórmula:

$$\% \text{ grasa} = \frac{pvg - pv}{pm} \times 100$$

Donde:

- pvg: peso del vaso con grasa
- pv: peso del vaso
- pm: peso de la muestra



Figura 110: Equipo Soxhlet donde se llevó a cabo la extracción del aceite de cada muestra utilizando como solvente éter de petróleo.



Figura 111: Vasos con contenido de aceite al término del proceso de extracción.

ANEXO 10. Determinación del Contenido de Cenizas (Técnica cenizas en seco, NTP 205.038, 1975 (Rev. 2016)) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro (A.O.A.C. 2012.923.03) y cookies.

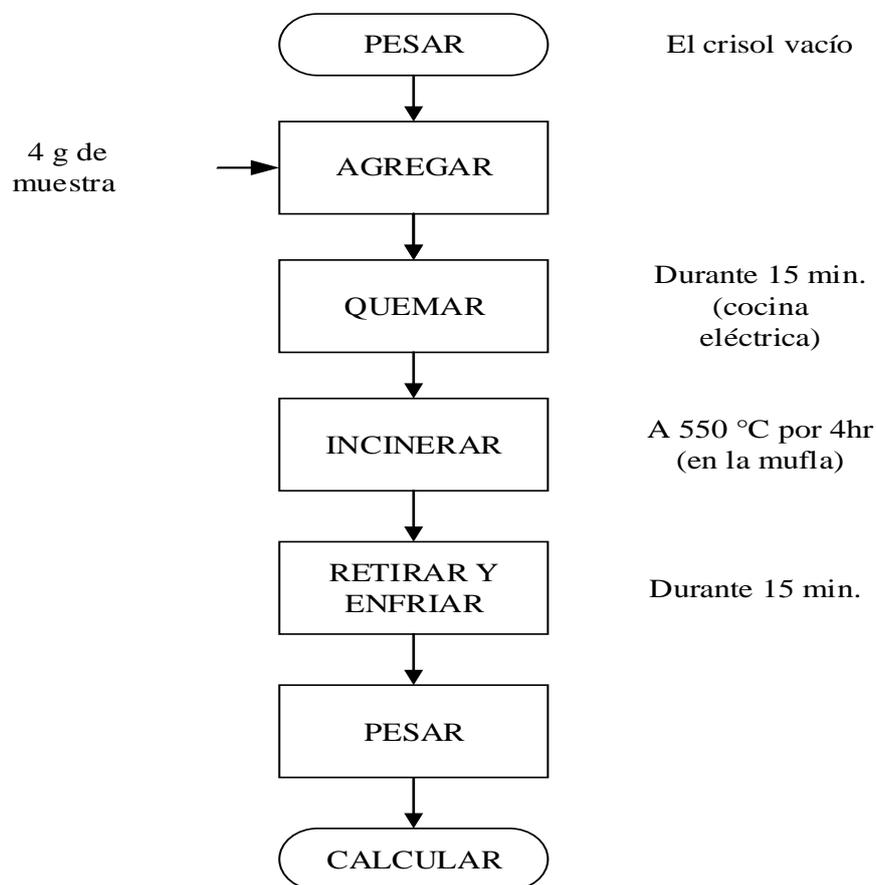


Figura 112: Diagrama de Flujo de la Determinación de Cenizas.

Fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_1 - P_0}{P} \times 100$$

Dónde:

- P_1 = Peso del crisol más las cenizas
- P_0 = Peso del crisol
- P = Peso inicial de la porción de muestra



Figura 114: Quemado de muestras previo pesado de 4 g.



Figura 113: Pesado de crisol más cenizas.



Figura 115: Incineración de muestras en mufla a 550 °C por 4 hr.

ANEXO 11. Determinación de la Fibra dietética (Método enzimático-gravimétrico, A.O.A.C. 985.29, 2016) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña), cushuro y cookies.

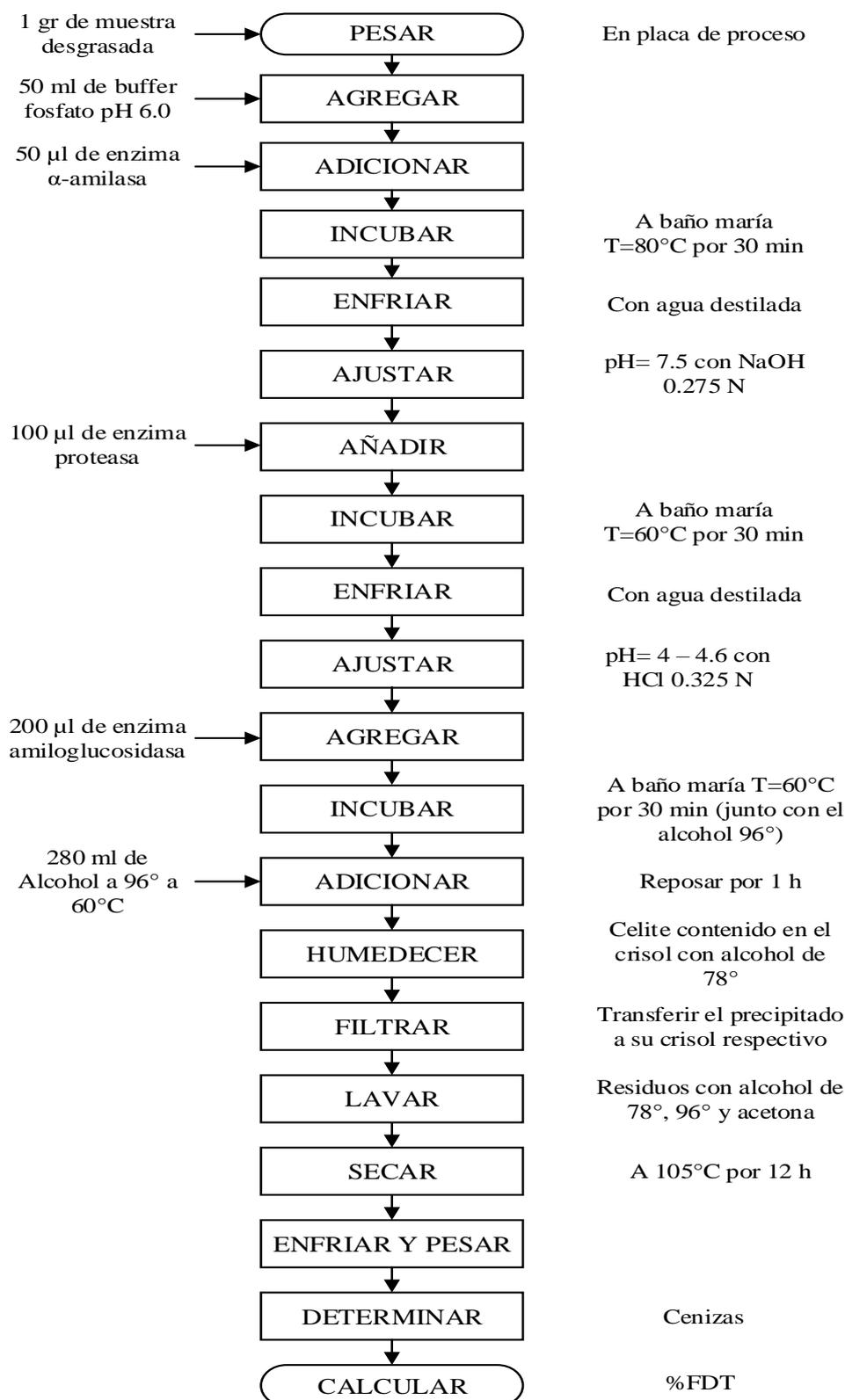


Figura 116: Diagrama de Flujo de la Determinación de Fibra Dietética Total.

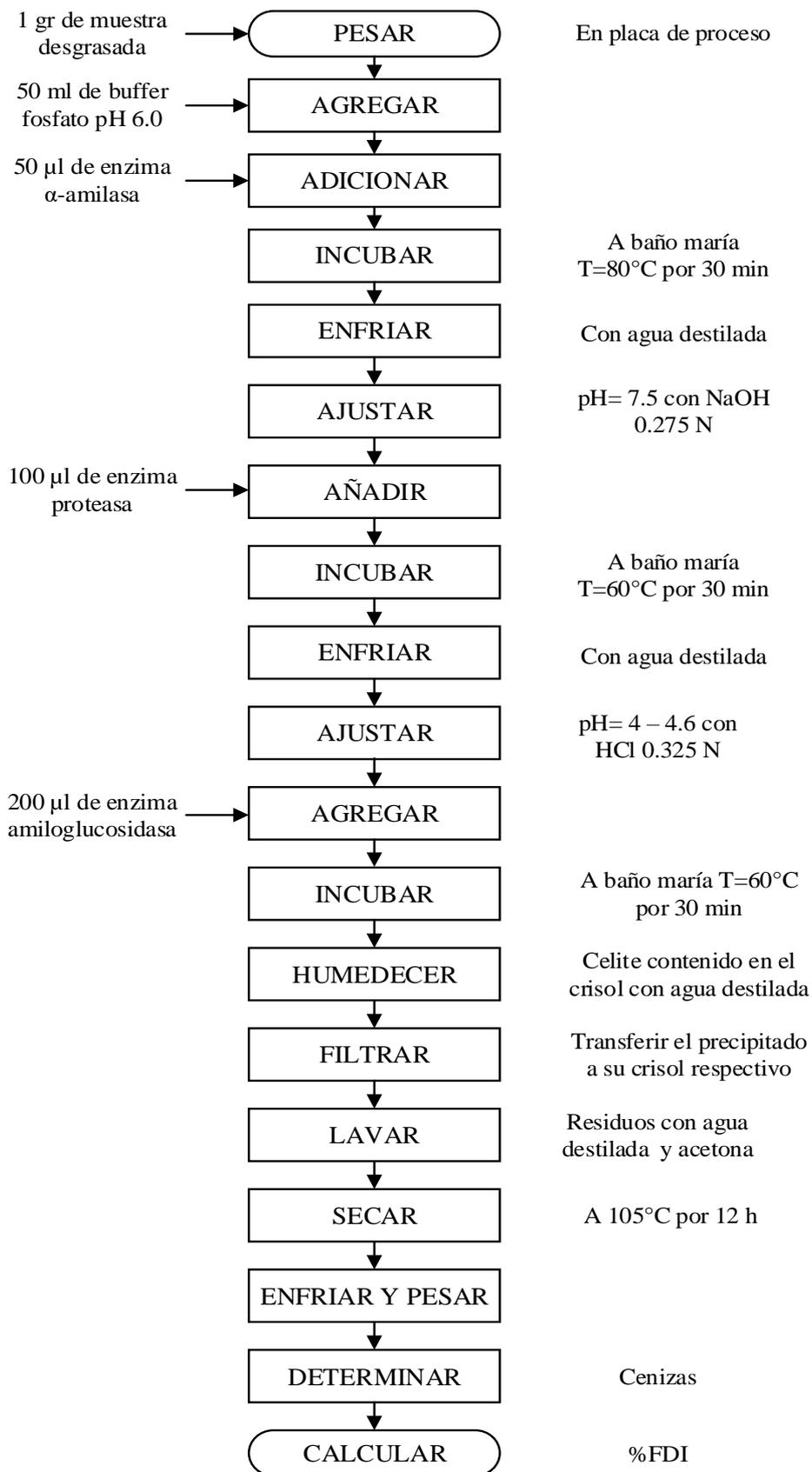


Figura 117: Diagrama de Flujo de la Determinación de Fibra Dietética Insoluble.

Fórmula:

Cálculo de la fibra dietética total (FDT)

$$B = BR - BP - BC$$

Donde:

B: Blanco

BR: Blanco del residuo

BP: Blanco de la proteína

BC: Blanco de la ceniza

$$\%FDT = \frac{\frac{R1 + R2}{2} - P - C - B}{\frac{m1 + m2}{2}} * 100$$

%FDT: porcentaje de fibra dietaría alimentaria

R1 y R2: masa de los residuos 1 y 2 (g)

P: proteínas (g)

C: cenizas (g)

m1 y m2: masa inicial de la muestra (g)

*El % Fibra Dietética Insoluble (FDI) se calcula con la misma formula que el %FDT.

*El % Fibra Dietética Soluble (FDS) se calcula con la siguiente diferencia:

$$FDS = FDT - FDI$$

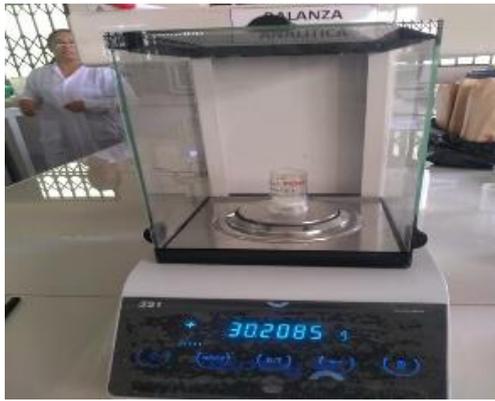


Figura 118: *Pesado de crisoles más adición de 0.5 g de celite, luego del secado en estufa a 130°C por 3 h pesar nuevamente.*



Figura 120: *Pesado de 1 g de muestra desgrasada en placa de proceso.*

Figura 119: *Adición de 50 ml de buffer fosfato pH=6 a cada frasco.*



Figura 122: *Incorporación de 50 μ l de enzima α -amilasa a cada frasco.*

Figura 121: *Incubación a baño maría a 80°C por 30 min.*



Figura 124: *Enfriado con agua destilada.*



Figura 123: *Medición y ajuste de pH a 7.5 con NaOH 0.275 N.*



Figura 126: *Adición de 100 μ l de enzima proteasa a cada frasco.*



Figura 125 : *Incubación a baño maría a 60°C por 30 min.*



Figura 128: *Enfriado con agua destilada.*



Figura 127:. *Medición y ajuste de pH de 4 – 4.6 con HCl 0.325 N*



Figura 129: Incorporación de 200 μ l de enzima amiloglucosidasa.



Figura 130: Incubación a baño maría de las muestras a 60°C por 30 min junto con el alcohol de 96° (usado para FDT).



Figura 131: Adición de 280 ml de alcohol a 60 °C y reposo por 1 h (Solo para FDT).



Figura 132: Humedecer el célite con alcohol de 78° para FDT y con agua destilada para FDI previo al montaje de crisol con célite y frascos de reacción para el proceso de filtración.



Figura 134: Para el proceso de filtración es necesario la aplicación de presión y succión.

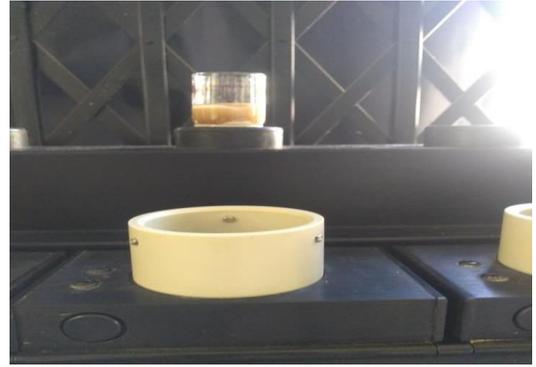


Figura 133: Lavado del residuo con Alcohol de 78° y 96° (FDT), y con agua destilada (FDI).



Figura 136: Lavado de residuo con acetona (FDT y FDI).



Figura 135: Los crisoles conteniendo los residuos son secados en estufa a 105°C por 12 h.



Figura 137: Enfriado en el desecador para proceder a pesar el residuo seco.



Figura 138: Incineración de residuo seco a 550°C por 4 h, luego se realizó el pesado de las cenizas para el cálculo de FDT y FDI.

ANEXO 12. Determinación de la Capacidad de Retención de Agua (CRA) para harina de cáscara de piña y cookies (formulación óptima)

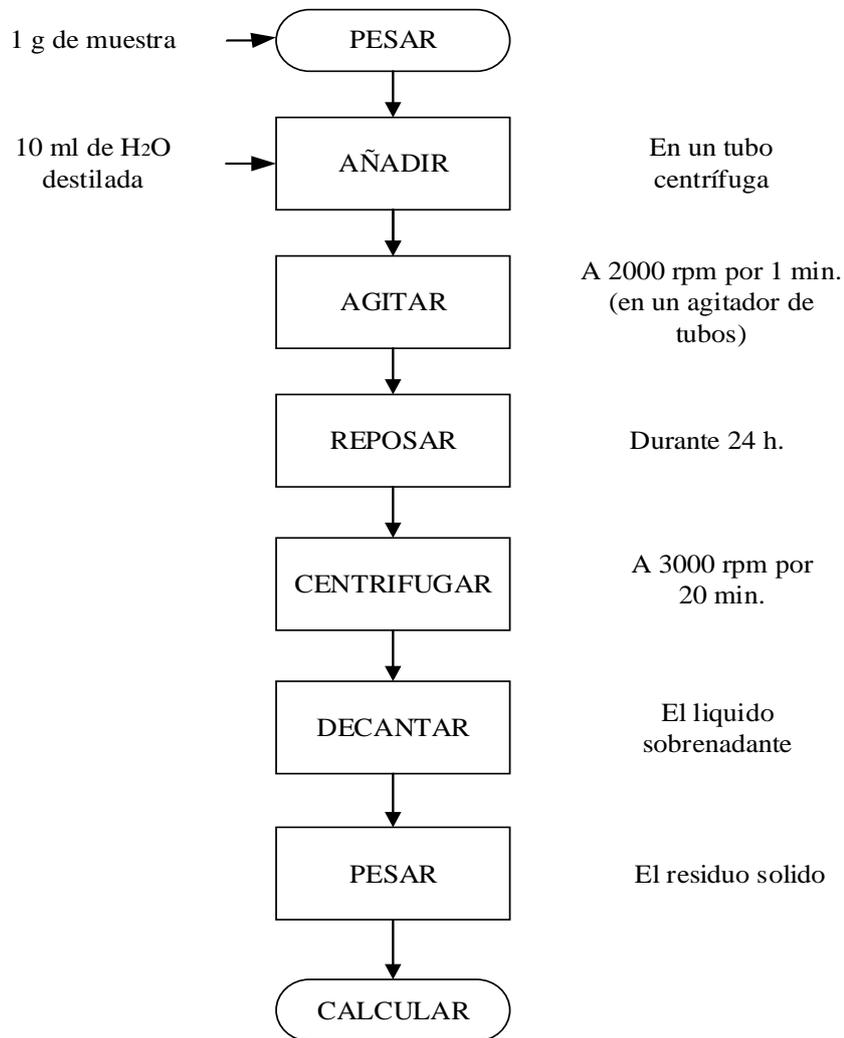


Figura 139: Diagrama de Flujo de la Determinación de Capacidad de Retención de Agua (CRA).

Fórmula:

$$CRA = \frac{W_f - W_i}{W_i}; \text{ g agua / g fibra b.s.}$$

Donde:

- W_i = Peso de la muestra (g)
- W_f = Peso del residuo sólido (g)



Figura 142: *Pesado de 1 g de muestra.*



Figura 141: *Adición de 10 ml de agua destilada.*



Figura 140: *Agitación a 2000 rpm por 1 min.*



Figura 145: *Reposo durante 24 h.*



Figura 144: *Centrifugación a 3000 rpm por 20 min.*

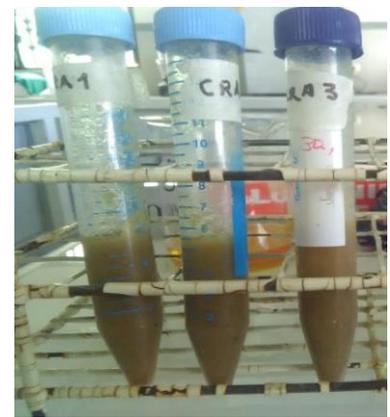


Figura 143: *Decantado del líquido sobrenadante.*



Figura 146: *Pesado del residuo sólido.*

ANEXO 13. Determinación de la Capacidad de Retención de Aceite (CRAc) para harina de cáscara de piña y cookies (formulación óptima)

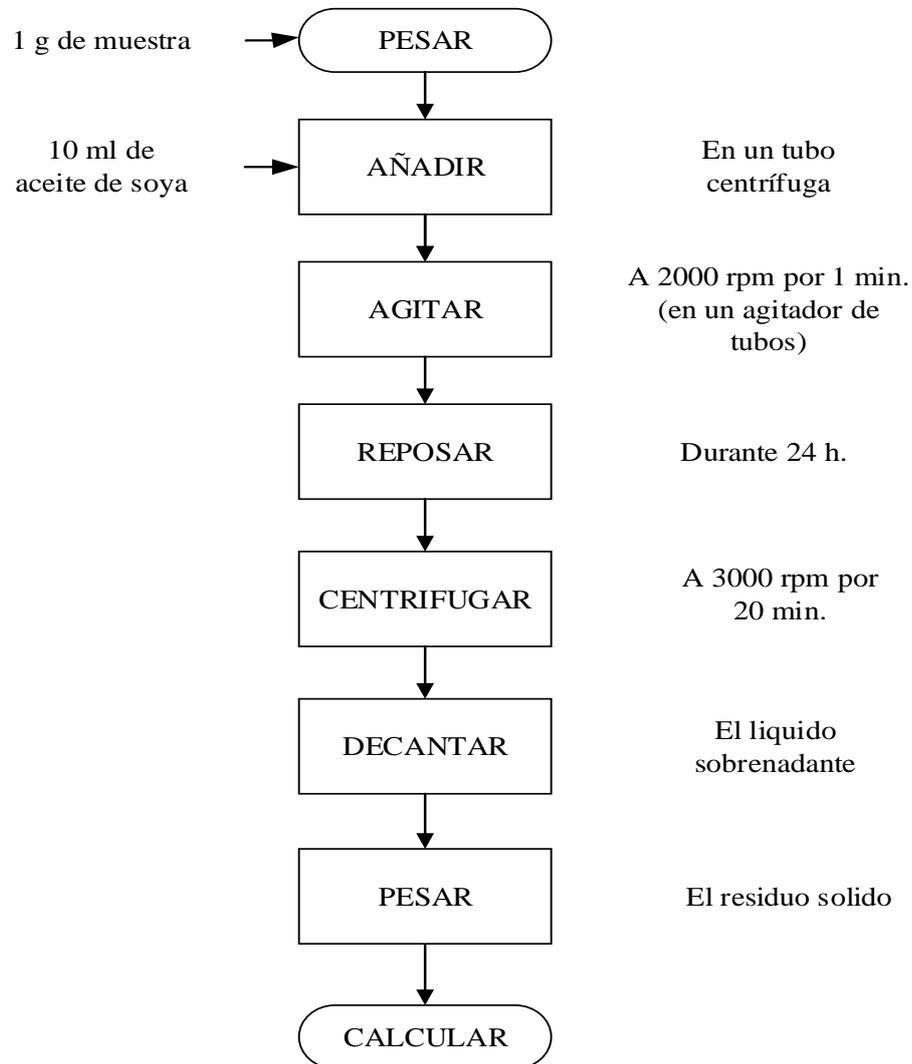


Figura 147: Diagrama de Flujo de la Determinación de Capacidad de Retención de Aceite (CRAc).

Fórmula:

$$- \quad CRAc = \frac{w_f - w_i}{w_i}; \text{ g aceite / g fibra b. s.}$$

Donde:

- W_i = Peso de la muestra (g)
- W_f = Peso del residuo sólido (g)



Figura 148: *Pesado de 1 g de muestra*

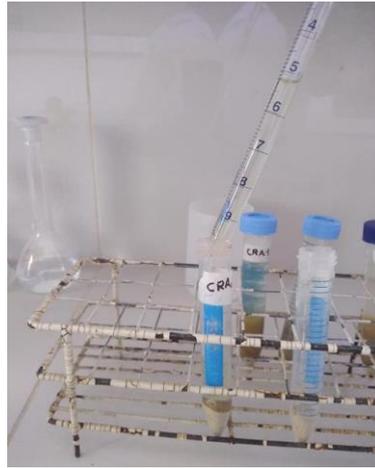


Figura 149: *Adición de 10 ml de aceite de soya.*



Figura 150: *Agitación a 2000 rpm por 1 min.*

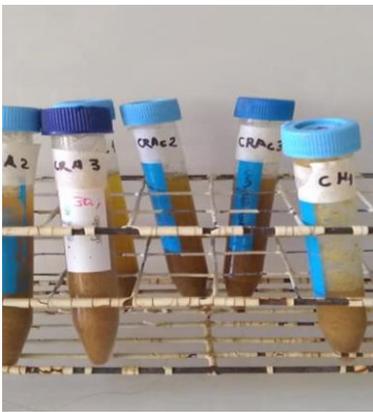


Figura 151: *Reposo durante 24 h.*



Figura 152: *Centrifugación a 3000 rpm por 20 min.*

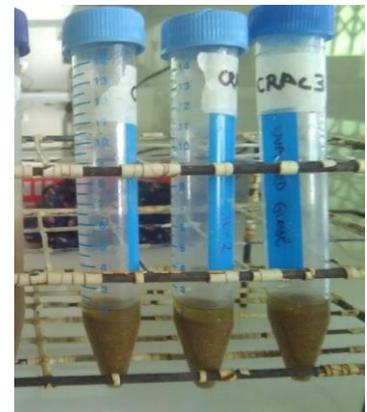


Figura 153: *Decantado del líquido sobrenadante.*



Figura 154: *Pesado del residuo sólido.*

ANEXO 14. Determinación de la Capacidad de Retención de Hinchamiento (CH) para harina de cáscara de piña y cookies (formulación óptima).

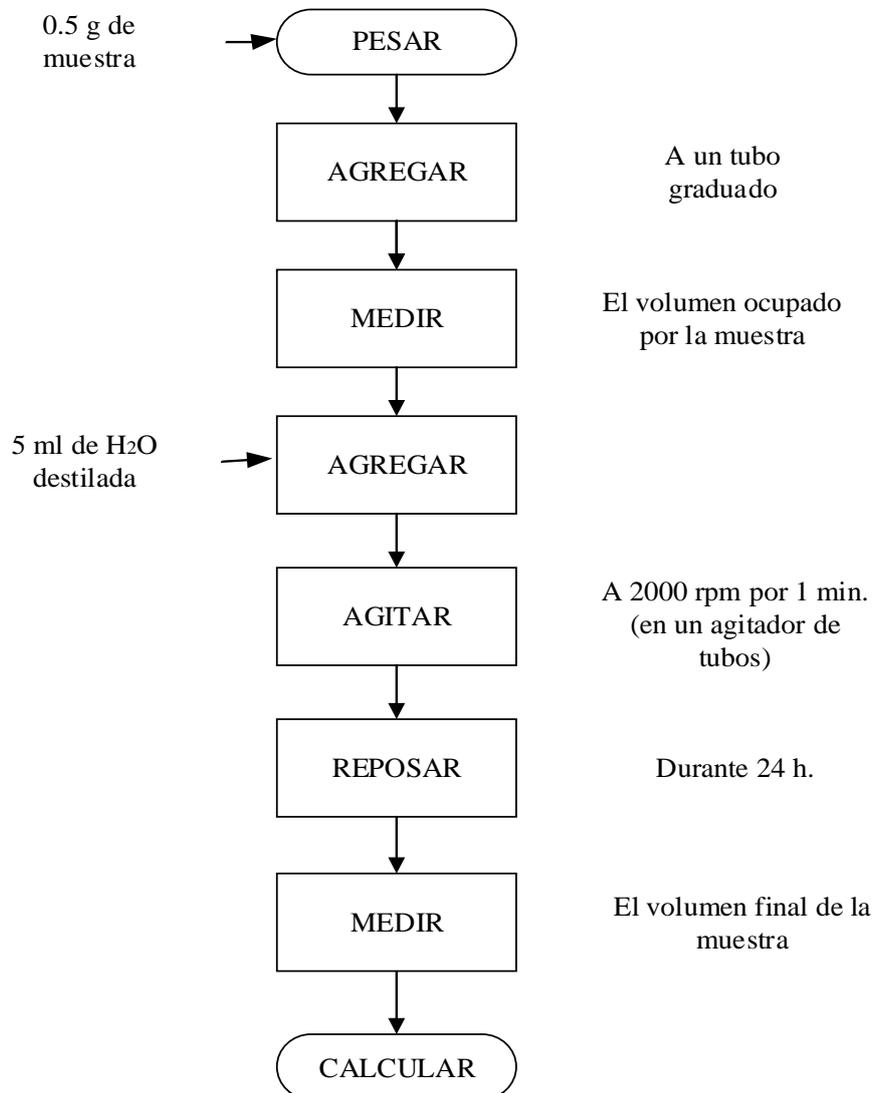


Figura 155: Diagrama de Flujo de la Determinación de Capacidad de Hinchamiento (CH).

Fórmula:

$$CH = \frac{V_f - V_i}{W_i}; \text{ ml agua / g fibra b. s.}$$

Donde:

- W_i = Peso de la muestra (g)
- V_i = Volumen inicial ocupado por la muestra (ml)
- V_f = Volumen final de la muestra (ml)



Figura 156: *Pesado de 0.5 g de muestra.*

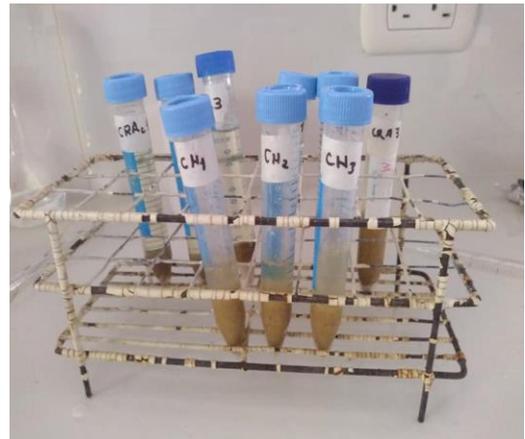


Figura 157: *Medición del volumen ocupado por la muestra en el tubo graduado.*

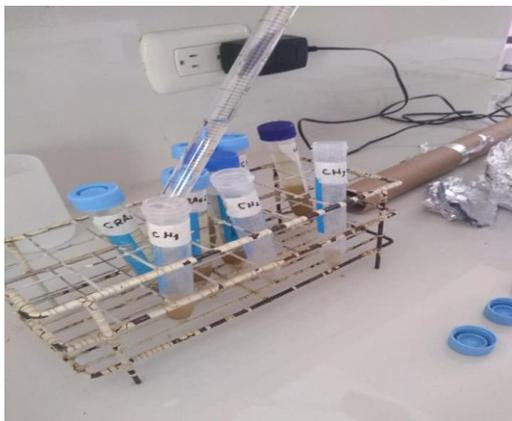


Figura 159: *Adición de 5 ml de agua destilada.*



Figura 158: *Agitación a 2000 rpm por 1 min.*

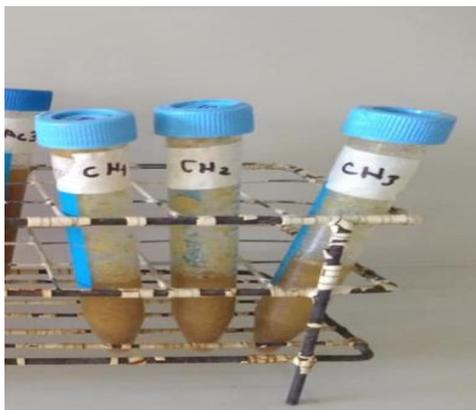


Figura 160: *Reposo durante 24 h.*

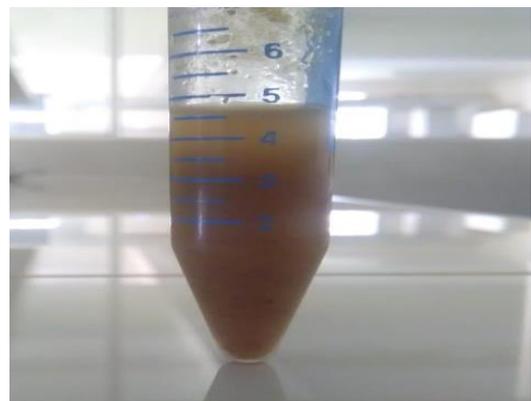


Figura 161: *Medición del volumen final de la muestra.*

ANEXO 15. Determinación de Color para harinas (trigo, soya y cáscara de piña) y cookies.

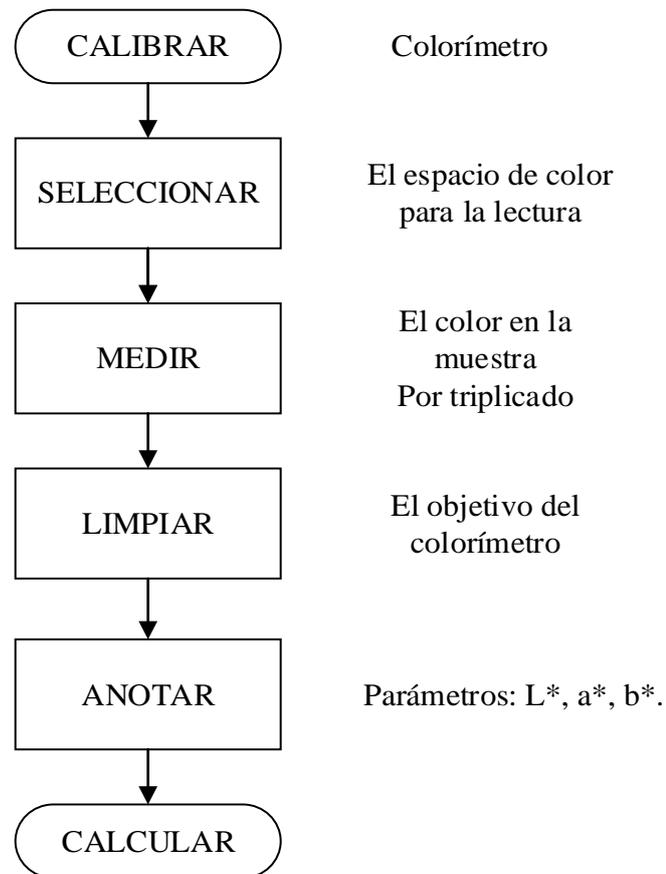


Figura 162: Diagrama de Flujo de la Determinación de Color.

Fórmula:

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

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

ANEXO 16. Determinación de la Actividad de Agua (Método A.O.A.C. 978.18, 2000) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña).

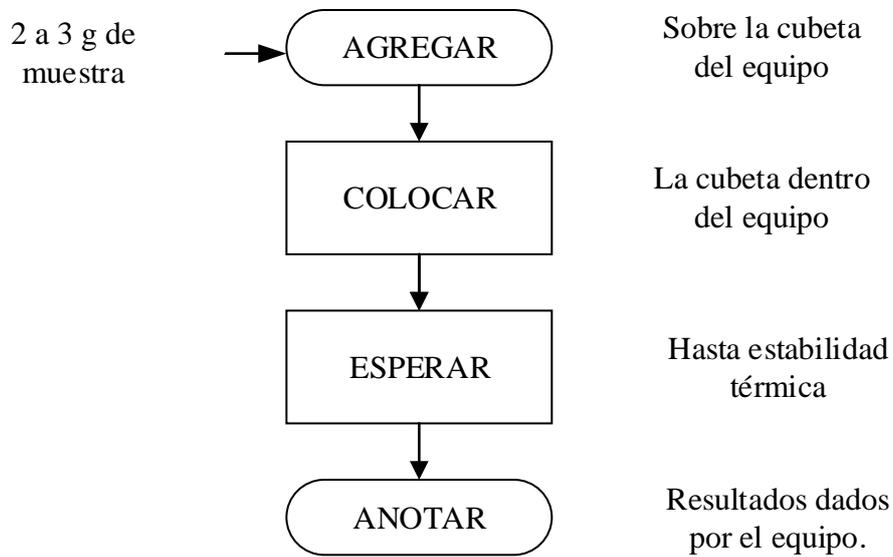


Figura 163: Diagrama de Flujo de la Determinación de Actividad de Agua.



Figura 165: Adición de la muestra sobre la cubeta del equipo.



Figura 164: Espera hasta estabilidad térmica para la obtención de la actividad de agua (A_w .)

ANEXO 17. Determinación de la Acidez (N.T.P. 205.039, 1975) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña).

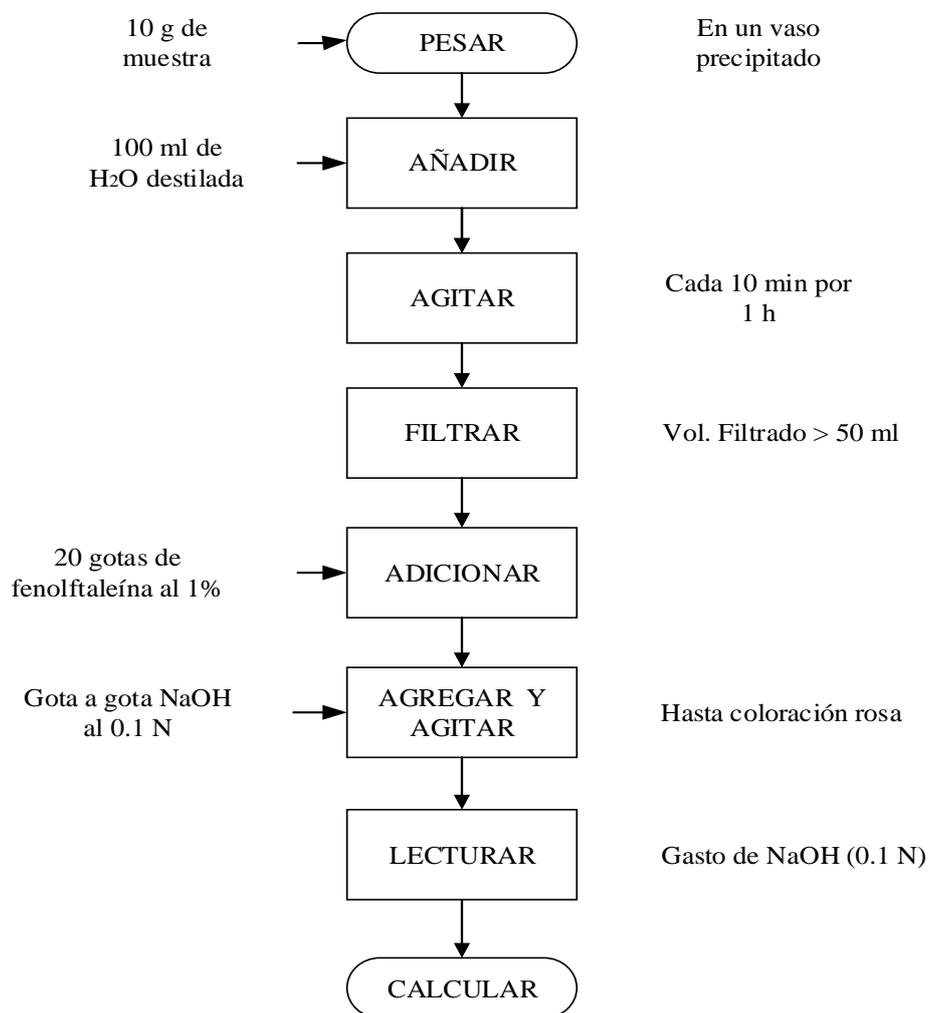


Figura 166: Diagrama de Flujo de la Determinación de Acidez.

Fórmula:

$$\%Acidez = \frac{V * 0.1 * 0.049 * 100 * 100}{m * 50} * \frac{100 - 15}{100 - H}$$

$$\%Acidez = \frac{V * 0.98}{m} * \frac{85}{100 - H}$$

Donde:

- m= peso de la muestra (g)
- V= Gasto de la solución 0.1 N de hidróxido de sodio
- H= Humedad de la muestra (%)

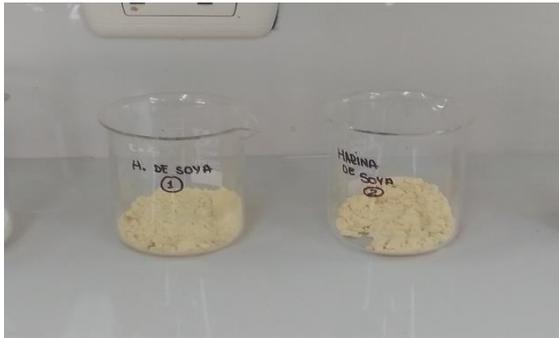


Figura 168: Pesado de 10 g de harina.

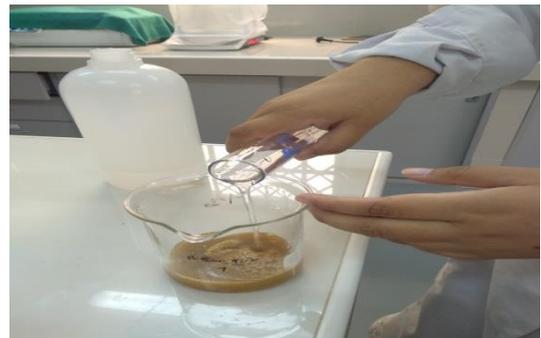


Figura 167: Adición de 100 ml de H₂O destilada.

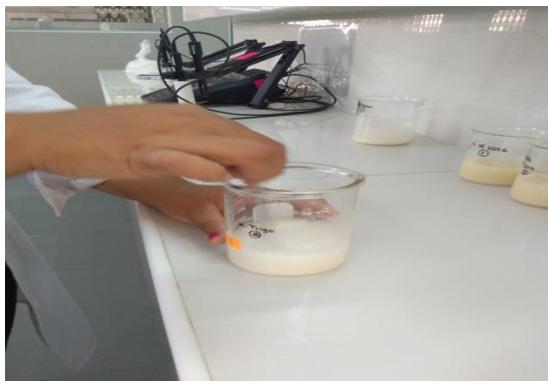


Figura 170: Agitado cada 10 min durante 1 h.



Figura 169: Filtrado hasta obtener un volumen mayor a 50 ml.

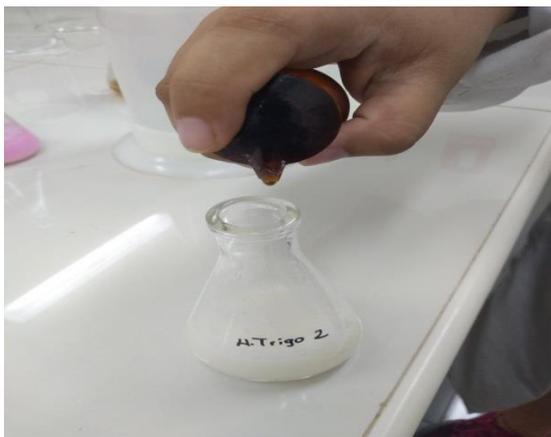


Figura 171: Adición de 20 gotas de fenolftaleína al 1%.



Figura 172: Titulación con NaOH 0.1 N hasta coloración rosa.

ANEXO 18. Determinación de pH (Método A.A.C.C. 02-52) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña).

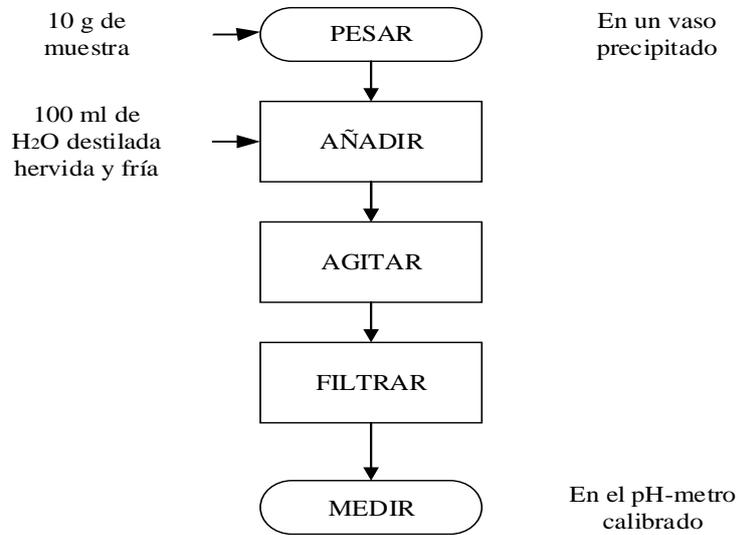


Figura 173: Diagrama de Flujo de la Determinación de pH.



Figura 176: Pesado de 10 g de harina.



Figura 174: Adición de 100 ml H₂O destilada.



Figura 175: Agitación constante.



Figura 178: Filtrado.



Figura 177: Medición en pH-metro.

ANEXO 19. Determinación de Granulometría (Método A.O.A.C. 965.22, 1982) para harinas (trigo, soya y cáscara de piña)

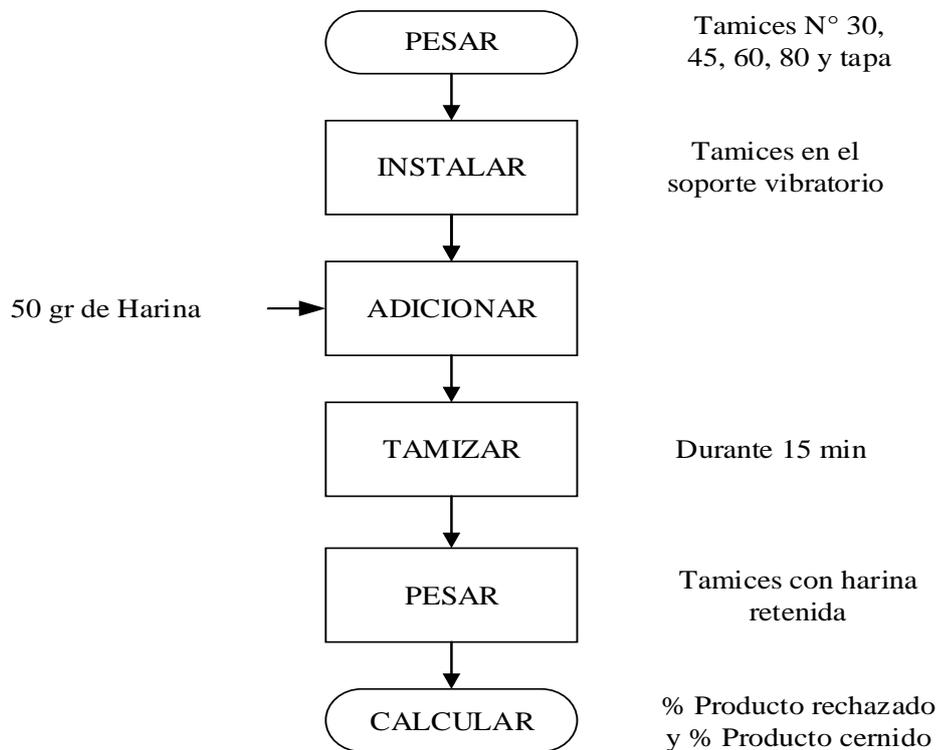


Figura 179: Diagrama de Flujo de la Determinación de Granulometría.

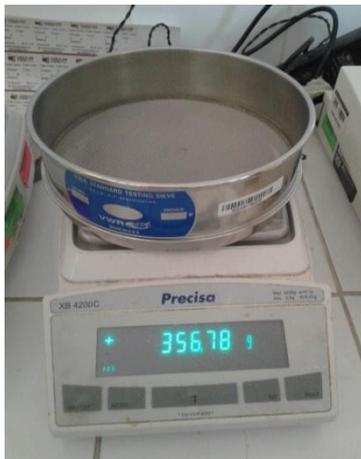


Figura 182: Pesado de tamices N° 30, 45, 60, 80 y tapa.

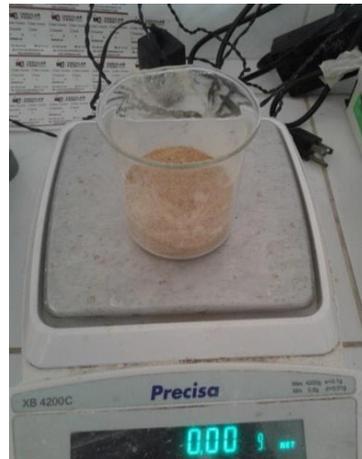


Figura 181: Tamizado de 50 gr de harina por 15 min y posterior pesado de tamices con harina retenida.



Figura 180: Pesado de 50 gr de harina.

ANEXO 20. Determinación de textura de las cookies.



Figura 183: *Diagrama de Flujo de la Determinación de textura de las cookies.*

ANEXO 21. Determinación de volumen específico de las cookies.

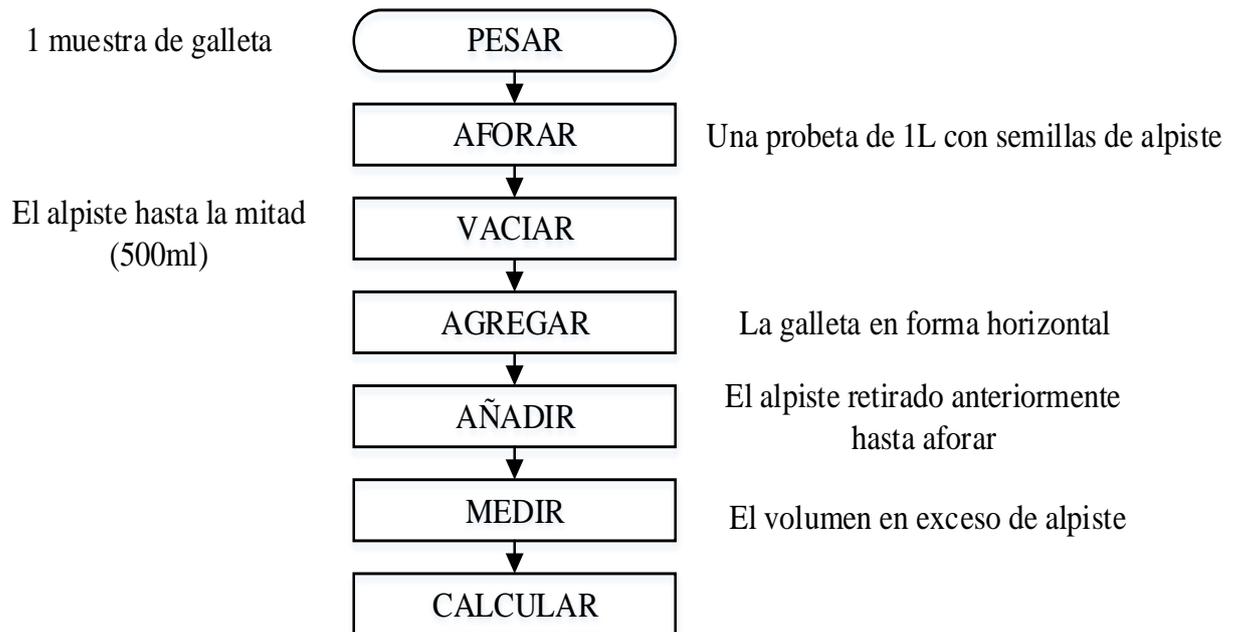


Figura 184: Diagrama de Flujo de la Determinación de textura de las cookies.

Formula:

$$Volumen = \frac{Volumen (cm^3)}{Masa (g)}$$

Donde:

- Volumen = Volumen de alpiste sobrante
- Masa = Masa de galleta



Figura 187: *Pesado de la galleta.*



Figura 186 : *Aforado en una probeta de 1 L con alpiste.*



Figura 185: *Vaciado del alpiste hasta 500 ml.*



Figura 189: *Adición de la galleta en forma horizontal.*



Figura 190: *Aforado con el alpiste anteriormente retirado.*



Figura 188: *Medición del volumen en exceso de alpiste.*

ANEXO 22. Reporte de laboratorio de COLECBI del análisis de proteínas a las 11 formulaciones.



OFICINA LIMA
Calle 21 N° 713, Of. 404 - 405
San Isidro, Lima - Perú
Tel: (511) 226-6490 / 226-0635
Email: postmast@colpex.com.pe
www.colpex.com.pe

TERMINAL SUPE
Av. La Marina 120
Zona Ind. Supe Puerto
Barranca, Lima - Perú
Tel/Fax: (511) 236-4292

TERMINAL CHIMBOTE
Mz. "D" Lt. "1,2,3 y 1,2,3A"
Zona Ind. Gran Trapecio
Chimbote, Ancash - Perú
Tel/Fax: (5143) 352-364

INFORME DE ENSAYO: 0015/2020

N° de Orden de Servicio : 0015
N° de Proceso Comercial : 0015/2020
Cliente : Díaz Paucar Blanca / Espinoza Ramos Iris
Dirección legal del cliente : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Muestra(s) declarada(s) : Cookies con chips de cushuro fortificada con harinas de soya y cáscara de piña
Procedencia de la Muestra : Proporcionado por el Cliente
Cantidad de Muestra para ensayo : 01 muestra (250 g.)
Forma de Presentación : Bolsa de polietileno transparente y sellado
Identificación de la Muestra : F0, F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10, F11
Cod. Lab. MB : 0015/2020
Fecha de recepción de muestra : 27/01/2020
Fecha de Inicio del Ensayo : 28/01/2020
Fecha de Término del Ensayo : 04/02/2020
Fecha de Emisión de Informe : 24/02/2020

ENSAYO QUÍMICO

Identificación de muestra	Parámetro	Unidad	Resultados
F0	Proteína	%	7.87
			8.33
F1	Proteína	%	10.26
			10.76
F2	Proteína	%	12.56
			12.98
F3	Proteína	%	10.12
			10.70
F4	Proteína	%	12.34
			12.84
F5	Proteína	%	9.55
			10.00
F6	Proteína	%	13.07
			13.60
F7	Proteína	%	11.24
			11.76
F8	Proteína	%	10.88
			11.30
F9	Proteína	%	11.00
			11.36
F10	Proteína	%	11.07
			11.47
F11	Proteína	%	11.05
			11.37

Observaciones

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

SIUIENTES PENAGOS CARRIEL OMAR
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
CIP N° 215170





OFICINA LIMA
Calle 21 N° 713, Of. 404 - 405
San Isidro, Lima - Perú
Tel: (511) 226-6490 / 226-0635
Email: postmast@colpex.com.pe
www.colpex.com.pe

TERMINAL SUPE
Av. La Marina 120
Zona Ind. Supe Puerto
Barranca, Lima - Perú
Tel/Fax: (511) 236-4292

TERMINAL CHIMBOTE
Mz. "D" Lt. "1,2,3 y 1,2,3A"
Zona Ind. Gran Trapecio
Chimbote, Ancash - Perú
Tel/Fax: (5143) 352-364

REFERENCIA DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO

Parámetro	Método de Referencia
Proteína	NMX-F-068-S-1980. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS. FOODS. DETERMINATION OF PROTEINS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.


SIFUENTES PENAGOS GABRIEL OMAR
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
CIP N° 215170

----- FIN DE DOCUMENTO -----

Pág. 1 de 1

Av. Los Pescadores Mz. D Lte. 4-5ª Zona Industrial Gran Trapecio, Chimbote -. Santa - Ancash. Perú. COLPEX INTERNATIONAL S.A.C. - Planta de Concentrados Proteicos. El presente documento es redactado íntegramente en COLPEX INTERNATIONAL S.A.C. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia. Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de COLPEX INTERNATIONAL S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



ANEXO 23. Reporte de laboratorio de COLPEX del análisis de proteínas a la formulación óptima y controles.



OFICINA LIMA
Calle 21 N° 713, Of. 404 - 405
San Isidro, Lima - Perú
Tel: (511) 226-6490 / 226-0635
Email: postmast@colpex.com.pe
www.colpex.com.pe

TERMINAL SUPE
Av. La Marina 120
Zona Ind. Supe Puerto
Barranca, Lima - Perú
Tel/Fax: (511) 236-4292

TERMINAL CHIMBOTE
Mz. "D" Lt. "1,2,3 y 1,2,3A"
Zona Ind. Gran Trapecio
Chimbote, Ancash - Perú
Tel/Fax: (5143) 352-364

INFORME DE ENSAYO: 0015/2020

N° de Orden de Servicio : 0001
N° de Proceso Comercial : 0001/2022
Cliente : Díaz Paucar Blanca
Dirección legal del cliente : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Muestra(s) declarada(s) : Galletas
Procedencia de la Muestra : Proporcionado por el Cliente
Cantidad de Muestra para ensayo : 01 muestra (250 g.)
Forma de Presentación : Bolsa de polietileno transparente y sellado
Identificación de la Muestra : Según se detalla en el reporte de los resultados
Cod. Lab. MB : 0015/2020
Fecha de recepción de muestra : 07/02/2022
Fecha de Inicio del Ensayo : 09/02/2022
Fecha de Término del Ensayo : 10/02/2022
Fecha de Emisión de Informe : 11/02/2020

ENSAYO QUÍMICO

Identificación de muestra	Parámetro	Unidad	Resultados
F. Cushuro	Proteína	%	8.0
			8.5
F. Optimo	Proteína	%	13.0
			13.2
F. Control	Proteína	%	7.8
			8.0

Observaciones

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL – DA

REFERENCIA DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO

Parámetro	Método de Referencia
Proteína	NMX-F-068-S-1980. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS. FOODS. DETERMINATION OF PROTEINS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

[Firma]
SIPENTES PENAGOS GABRIEL OMAR
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
CIP N° 215170

----- FIN DE DOCUMENTO -----

Pág. 1 de 1

Av. Los Pescadores Mz. D Lte. 4-5ª Zona Industrial Gran Trapecio, Chimbote - Santa - Ancash, Perú. COLPEX INTERNATIONAL S.A.C. - Planta de Concentrados Proteicos. El presente documento es redactado íntegramente en COLPEX INTERNATIONAL S.A.C. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia. Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de COLPEX INTERNATIONAL S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



ANEXO 24. Reporte de laboratorio de COLECBI del análisis microbiológico, hierro y calcio de la cookie óptima.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20220207-001

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : **BLANCA AZUCENA DIAZ PAUCAR**
IRIS SOLEDAD ESPINOZA RAMOS

DIRECCION : Chimbote.

NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.

PRODUCTO (DECLARADO POR EL CLIENTE) : **GALLETA COOKIE.**

LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA

MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA

PLAN DE MUESTREO : NO APLICA

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA

FECHA DE MUESTREO : NO APLICA

CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra.

PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Bolsa plástica cerrada.

CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.

FECHA DE RECEPCIÓN : 2022-02-07

FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2022-02-07

FECHA DE TERMINO DE ENSAYO : 2022-02-20

ENSAYOS REALIZADOS : Laboratorio de Microbiología, Físico Químico.

CÓDIGO COLECBI : **SS 220207-1**

RESULTADOS

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	GALLETA TIPO COOKIE CON HARINAS DE TRIGO, SOYA Y CÁSCARA DE PIÑA
Recuento de Mohos (UFC/g)	<10
Recuento de Levaduras (UFC/g)	<10

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	GALLETA TIPO COOKIE CON HARINAS DE TRIGO, SOYA Y CÁSCARA DE PIÑA
(*) Hierro (mg/kg)	63
(*) Calcio (mg/kg)	2855

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL – DA.

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - LL. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

ANEXO 25. Etiqueta de información nutricional de galletas tipo cookie comerciales, marca Chips de Costa y TRIKIS,



Nutrientes	Cantidad por 100 g	Tamaño de Porción: 36 g (1 unidad)	
		Porción por envase: 6	% VD*
Energía **	486.8 kcal / 2037.3 kJ	175.5 kcal / 734.5 kJ	9%
Grasa Total ***	20.8 g	7.5 g	10%
Grasa Saturada ***	11.4 g	4.1 g	21%
Grasa Trans	0.00 g	0.00 g	-
Colesterol ***	0 mg	0 mg	0%
Sodio **	275 mg	99 mg	5%
Carbohidratos Totales ***	67.7 g	24.4 g	9%
Fibra Dietaria ***	2.6 g	0.9 g	3%
Azúcares ****	31.5 g	18.5 g	21%
Proteína **	7.2 g	2.6 g	5%

* % VD: Valores Diarios basados en una dieta de 2000 kilocalorías (8370 kJ)



ANEXO 26. Análisis Sensorial de las 11 formulaciones de cookies.



Figura 192: Explicación de la ficha sensorial al panelista.



Figura 191: Ejecución del análisis sensorial.

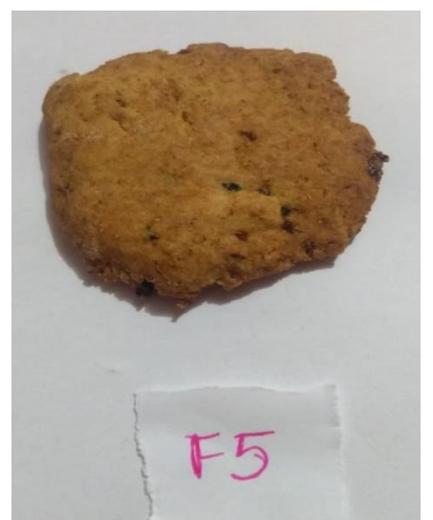
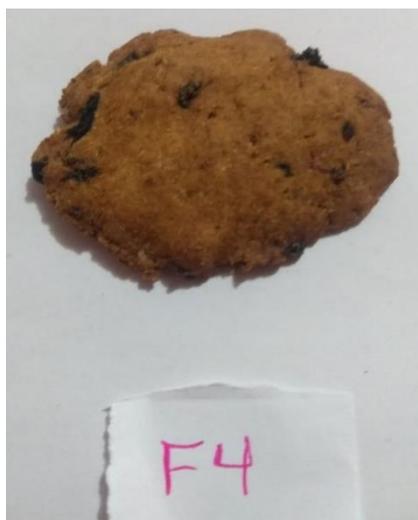
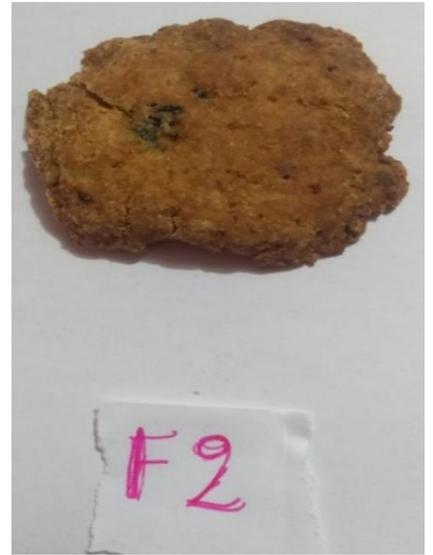


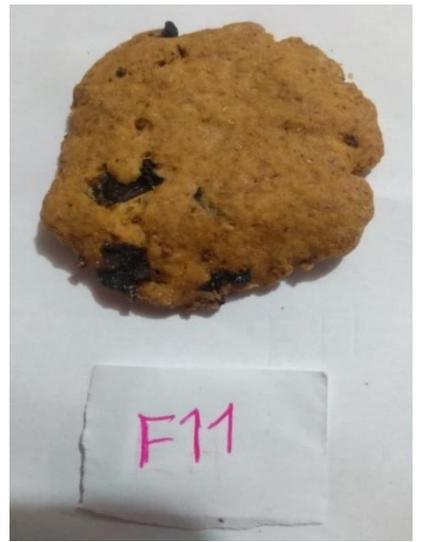
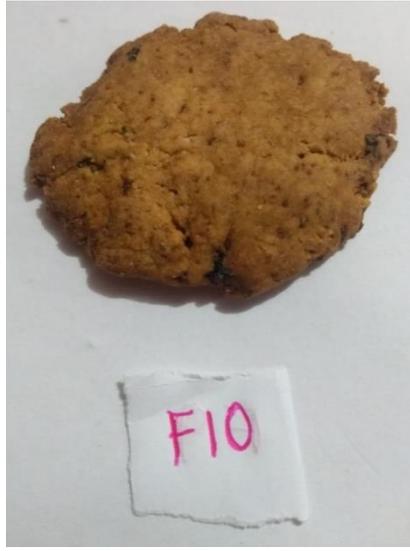
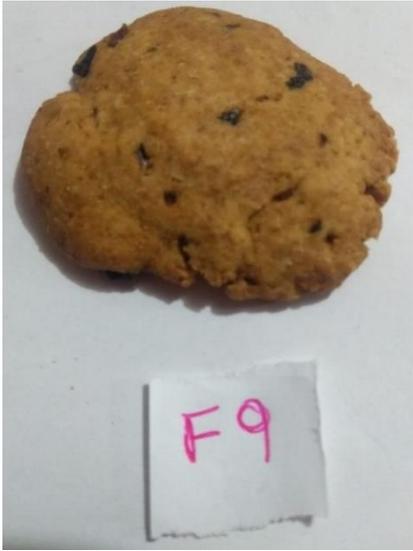
Figura 193: Cumplimiento de medidas de bioseguridad durante el análisis sensorial.



Figura 194: Presentación y codificación de las formulaciones.

Figura 195: *Cookies con chips de Cushuro.*







DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Yo, **BLANCA AZUCENA DIAZ PAUCAR**

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
----------	----------	--	-----------	--	------------	---

Departamento académico: Ingeniería Agroindustrial

Escuela de Posgrado

Maestría

Doctorado

Programa: Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

De la Universidad Nacional del Santa, declaro que el trabajo de investigación intitulado:

**“ELABORACIÓN DE COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO (*Nostoc Sphaericum*)
FORTIFICADA CON HARINAS DE SOYA Y CÁSCARA DE PIÑA”**

presentado en 323 folios, para la obtención del Grado Académico: ()

Título profesional

(X)

Investigación Anual

()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 23 de diciembre de 2022

Firma:

Nombres y Apellidos: **BLANCA AZUCENA DIAZ PAUCAR**

DNI N° 71917705

NOTA: Esta Declaración Jurada simple indicando que su investigación es un trabajo inédito, no exime a tesis y investigadores, que no bien se retome el servicio con el software antiplagio, ésta tendrá que ser aplicado antes que el informe final sea publicado en el Repositorio Institucional Digital UNS.



DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Yo, **IRIS SOLEDAD ESPINOZA RAMOS**

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
----------	----------	--	-----------	--	------------	---

Departamento académico: Ingeniería Agroindustrial

Escuela de Posgrado: Maestría Doctorado

Programa: Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

De la Universidad Nacional del Santa, declaro que el trabajo de investigación intitulado:

**“ELABORACIÓN DE COOKIES CON CHIPS DE CUSHURO (*Nostoc Sphaericum*)
FORTIFICADA CON HARINAS DE SOYA Y CÁSCARA DE PIÑA”**

presentado en 323 folios, para la obtención del Grado Académico: ()

Título profesional: (X) Investigación Anual ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 23 de diciembre de 2022

Firma:

Nombres y Apellidos: IRIS SOLEDAD ESPINOZA RAMOS

DNI N° 76080782

NOTA: Esta Declaración Jurada simple indicando que su investigación es un trabajo inédito, no exime a tesis e investigadores, que no bien se retome el servicio con el software antiplagio, ésta tendrá que ser aplicado antes que el informe final sea publicado en el Repositorio Institucional Digital UNS.