

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Evaluación de cookies con sustitución parcial de
harina de plátano (*Musa Paradisiaca*) y harina de camote
(*Ipomoea Batatas*)**

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

Autores:

Bach. López Benites, Ana María
Bach. Olivares Cano, Verónica Yakelyne

Asesora:

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

Nuevo Chimbote - Perú
2025

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

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

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

**“EVALUACIÓN DE COOKIES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE
HARINA DE PLÁTANO (*Musa Paradisiaca*) Y HARINA DE CAMOTE
(*Ipomoea Batatas*)”**

Autores:

Bach. LÓPEZ BENITES, ANA MARÍA

Bach. OLIVARES CANO, VERÓNICA YAKELYNE

Dra. Luz María Paucar Menacho

ASESORA

DNI: 08099817

CÓDIGO ORCID: 0000-0001-5349-6167


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




UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

ACTA DE CONFORMIDAD DE JURADO

El presente trabajo de tesis titulado: “EVALUACIÓN DE COOKIES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE PLÁTANO (*Musa Paradisiaca*) Y HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea Batatas*)”, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los Bachilleres: López Benites Ana María, con código de matrícula 0201112030 y Olivares Cano Verónica Yakelyne, con código de matrícula 0201112015, que tienen como asesora a la Dra. Luz María Paucar Menacho, según R.D. N° 735-2018-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado por el siguiente jurado evaluador, designado mediante la resolución N°040-2025-UNS-CFI.


M.sc. Saúl Marco Eusebio Lara
Presidente
DNI:46357183
Código ORCID: 0000-0002-2434-4663


Dr. Daniel Sánchez Vaca
Secretario
DNI:18146173
Código ORCID: 0000-0003-4326-1852


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



FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 12:00 horas del día veintinueve de octubre del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N°040-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **M. sc. Saúl Marco Eusebio Lara** (Presidente)
- **Dr. Daniel Sánchez Vaca** (Secretario)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **EVALUACION DE COOKIES CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE PLATANO (*Musa Paradisiaca*) Y HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea Batatas*)**, elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- LÓPEZ BENITES ANA MARIA
- OLIVARES CANO VERÓNICA YAKELYNE


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

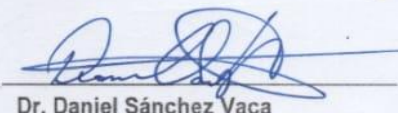
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:


NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
LÓPEZ BENITES ANA MARIA	19	EXCELENTE

Siendo las 13:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 29 de octubre del 2025


M. sc. Saúl Marco Eusebio Lara
Presidente


Dr. Daniel Sánchez Vaca
Secretario


Dra. Luz María Paucar Menacho
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 12:00 horas del día veintinueve de octubre del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N°040-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **M. sc. Saúl Marco Eusebio Lara** (Presidente)
- **Dr. Daniel Sánchez Vaca** (Secretario)
- **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **EVALUACION DE COOKIES CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE PLATANO (*Musa Paradisiaca*) Y HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea Batatas*)**, elaborado por los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial:

- LÓPEZ BENITES ANA MARIA
- OLIVARES CANO VERÓNICA YAKELYNE

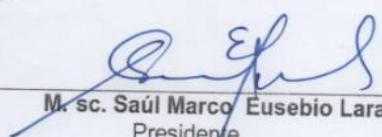
Asimismo, tienen como Asesora a la docente: **Dra. Luz Maria Paucar Menacho**

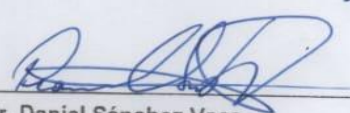
Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:


NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
OLIVARES CANO VERÓNICA YAKELYNE	19	EXCELENTE

Siendo las 13:00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 29 de octubre del 2025


M. sc. Saúl Marco Eusebio Lara
Presidente


Dr. Daniel Sánchez Vaca
Secretario


Dra. Luz Maria Paucar Menacho
Integrante




Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	user user
Título del ejercicio:	Evaluación de cookies con sustitución parcial de harina de p...
Título de la entrega:	TESIS FINAL 2025.docx
Nombre del archivo:	TESIS_FINAL_2025.docx
Tamaño del archivo:	53.82M
Total páginas:	193
Total de palabras:	26,173
Total de caracteres:	133,408
Fecha de entrega:	02-ene.-2025 05:32p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2559412006

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
Facultad de Ingeniería
Escuela Académico Profesional Ingeniería
Agroindustrial

<hr/>
"Evaluación de cookies con sustitución parcial de harina de plátano (<i>Musa Paradisiaca</i>) y harina de camote (<i>Ipomoea Batatas</i>)"
<hr/>
PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL
<hr/>
INVESTIGADOR:
Bach. Ana María LOPEZ BENITES Bach. Verónica Yakelyne OLIVARES CANO
ASESORA:
Dra. Luz María PAUCAR MENACHO
Nuevo Chimbote - Perú 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

15%

2

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

4

www.revistas.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

Submitted to Universidad Nacional del Santa

Trabajo del estudiante

<1%

6

1library.co

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

8

repository.lasallista.edu.co

Fuente de Internet

<1%

9

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

<1%



DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por guiarnos en cada paso de nuestra vida y permitirnos completar con éxito nuestra formación académica. Ya que, gracias a él, hoy en día tenemos la bendición de estar en pie y de cumplir con nuestras metas trazadas.

A nuestra familia, por apoyarnos y creer en nosotras; que gracias a sus consejos y palabras de aliento nos han ayudado a crecer como persona. Y a quien le debemos nuestro triunfo profesional.

A nuestras amigas, por la amistad brindada durante estos 5 años de estudios y por el apoyo que nos brindamos durante nuestra formación académica.

Valoramos profundamente la generosidad de nuestros docentes al compartir sus conocimientos, y en especial destacamos la dedicación de la Dra. Luz Paucar Menacho, cuya valiosa asesoría, confianza y apoyo fueron fundamentales para la culminación de nuestra tesis.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivo Específico	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICAS	3
3.1. Camote (Ipomoea Batata).....	3
3.1.1. Composición y características.....	3
3.1.2 Beneficios para la salud.....	4
3.2. Harina de camote	4
3.2.1. Composición	4
3.2.2 Propiedades y usos.....	5
3.3 Plátano (<i>Musa Paradisiaca</i>).....	5
3.3.1 Composición nutricional	6
3.3.2 Propiedades y usos.....	7
3.4. Harina de Plátano.....	8
3.4.1 Composición nutricional	8
3.5. Galletas	9
3.5.1. Definición	9
3.5.2. Parámetros fisicoquímicos	9
3.6. Evaluación Sensorial.....	9
3.6.1. Definición	9
3.6.2. Pruebas Orientadas al Consumidor:	9
3.7. Los Panelistas.....	10
3.7.1. Tipos de Panelistas.....	10
3.7.2. Entrenamiento de panelistas	10
4. MATERIALES Y METODOS	10
4.1. Materiales y equipo.....	10
4.1.1. Materia prima	10
4.1.2. Materiales.....	11
4.1.3. Reactivos.....	11
4.1.4. Equipos	12
4.2. Métodos.....	12

4.2.1.	Diseño Experimental	12
4.2.2.	Elaboración de Harina de Camote	14
4.2.3.	Elaboración de Harina de Plátano	18
4.2.2.	Elaboración de galletas tipo cookie	22
4.2.3.	Evaluación de la vida útil	28
4.1.2.	Evaluación Sensorial	35
4.1.3.	Análisis Estadístico	37
5.	RESULTADOS Y DISCUSION	37
5.1.	Análisis proximal del plátano y camote	37
5.2.	Análisis reológico de la harina de trigo pastelera	40
5.2.1.	Amilografía	40
5.2.2.	Extensografía	41
5.3.	Análisis proximal de la harina de camote y harina de plátano	43
5.4.	Cálculo de Computo Químico de las Formulaciones	48
5.5.	Evaluación de calidad en galletas.....	52
5.5.1.	Color instrumental.....	52
5.5.2.	Peso	62
5.5.3.	Humedad	66
5.5.4.	Volumen Especifico	70
5.5.5.	pH	71
5.5.6.	Acidez Titulable	73
5.6.	Análisis Sensorial	76
5.6.1.	COLOR	77
5.6.2.	SABOR	80
5.6.3.	OLOR	83
5.6.4.	TEXTURA	85
5.7.	Resumen de los resultados obtenidos en el análisis de las formulaciones	89
5.8.	Vida útil de las formulaciones optimas.....	89
5.8.1.	Análisis Proximal.....	89
5.8.2.	Caracterización fisicoquímica.....	95
5.8.2.1.	Textura instrumental	95
5.8.2.2.	Colorimetría.....	98
5.8.2.3.	Peso.....	102
5.8.2.4.	Volumen Especifico	104
5.8.2.5.	Humedad.....	106
5.8.2.6.	Actividad de agua (Aw).....	109

5.8.2.7.	pH	111
5.8.2.8.	Acidez	114
5.8.2.9.	Controles sensoriales	117
5.8.2.9.1.	Sabor sensorial	117
5.8.2.9.2.	Color sensorial.....	120
5.8.2.9.3.	Olor sensorial	123
5.8.2.9.4.	Textura sensorial.....	126
5.8.2.9.5.	Aceptabilidad General	129
5.8.2.10.	Análisis Sensorial a niños en edad escolar	130
5.8.2.10.1.	Análisis Sensorial	130
5.8.2.10.2.	Intención de Compra	133
5.8.2.11.	Análisis Microbiológico.....	135
6.	CONCLUSIONES	137
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	139
	ANEXO	144

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:	Camote morado. Características visuales	3
Ilustración 2:	Recolección de platano variedad seda	6
Ilustración 3:	Estadio de madurez del platano	38
Ilustración 4:	Amilografía de la harina de trigo pastelera.....	41
Ilustración 5:	Extensograma de la Harina Galletera	42
Ilustración 6:	Cambios en los alimentos en función de la A_w	111

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Composición nutricional del camote en g/100gr	3
Tabla 2:	Composición nutricional de harina de camote.....	5
Tabla 3:	Composición nutricional del plátano	6
Tabla 4:	Composición Nutricional en la harina de plátano en 100gr	8
Tabla 5:	Parámetros físicoquímicos para galletas.....	9
Tabla 6:	Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 2^2 , incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.	13
Tabla 7:	Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2^2	13
Tabla 8:	Ingredientes para la elaboración de galletas tipo cookie en base a 500 gr	22
Tabla 9:	Escala hedónica de 9 puntos utilizadas en el análisis sensorial	36
Tabla 10:	Escala de 5 puntos para evaluar la intención de compra	36
Tabla 11:	Análisis proximal de la materia prima.....	37
Tabla 12:	Resumen de parámetros del análisis amilográfico para la harina de trigo	41

Tabla 13: Características Extensográficas de la Harina Trigo	42
Tabla 14: Análisis proximal en las harinas usadas como materia prima.....	43
Tabla 15: Fibra Soluble de la H. Plátano y H. Camote	43
Tabla 16: Fibra Insoluble de la H. Plátano y H. Camote	43
Tabla 17: Fibra Total de la H. Plátano y H. Camote.....	43
Tabla 18: Parámetros del color de la H. Plátano y H. Camote.....	44
Tabla 19: Computo Químico de las Formulaciones del Planteamiento Experimental	49
Tabla 20: Valores de Lisina en las formulaciones de las galletas	51
Tabla 21: Color de las muestras de galletas de acuerdo al diseño experimental (Día 0).....	52
Tabla 22: Coeficientes de regresión para la respuesta del parámetro de color (L^*) en las galletas en (Día 0)	53
Tabla 23: ANOVA del parámetro de color (L^*) de las galletas (Día 0)	54
Tabla 24: Coeficientes de regresión para la respuesta del parámetro de color (C^*) en las galletas en el (Día 0)	57
Tabla 25: ANOVA del parámetro de color (C^*) de las galletas (Día 0)	57
Tabla 26: Coeficientes de regresión para la respuesta del ángulo de tono (h°) en las galletas en (Día 0).....	60
Tabla 27: ANOVA del ángulo de tono (h°) de las galletas (Día 0).....	60
Tabla 28: Pesos de las galletas de acuerdo al diseño experimental del Día 0	62
Tabla 29: Coeficientes de regresión para la respuesta de peso en las galletas en (Día 0)	62
Tabla 30: ANOVA del peso (gr) de las galletas (Día 0)	63
Tabla 31: Humedad de las galletas de acuerdo al diseño experimental del Día 0	66
Tabla 32: Coeficientes de regresión para la respuesta del parámetro de humedad en las galletas en (Día 0)	66
Tabla 33: ANOVA de la humedad de las galletas (Día 0).....	67
Tabla 34: Volumen Especifico (ml/gr) de las galletas de acuerdo al diseño experimental del Día 0	70
Tabla 35: Coeficientes de regresión para la respuesta del volumen especifico en las galletas en el (Día 0).....	70
Tabla 36: pH de las galletas de acuerdo al diseño experimental del Día 0	71
Tabla 37: Coeficientes de regresión para la respuesta del pH en las galletas en el (Día 0).....	72
Tabla 38: Acidez titulable de las galletas de acuerdo al diseño experimental del Día 0	73
Tabla 39: Coeficientes de regresión para la respuesta de la acidez titulable en las galletas en el (Día 0).....	73
Tabla 40: Coeficientes de regresión para la respuesta de la acidez titulable en las galletas en el (Día 0).....	74
Tabla 41: Puntuaciones de promedio de los atributos (color, sabor, olor y textura)	76
Tabla 42: Coeficientes de regresión para la respuesta del color en las galletas en el (Día 0).....	77
Tabla 43: ANOVA del color de las galletas (Día 0)	77
Tabla 44: Coeficientes de regresión del sabor de las galletas en (Día 0)	80
Tabla 45: ANOVA del sabor de las galletas (Día 0).....	80
Tabla 46: Coeficientes de regresión para la respuesta olor en las galletas en el (Día 0)	84
Tabla 47: Coeficientes de regresión de la textura en las galletas en el (Día 0)	85
Tabla 48: ANOVA de la textura de las galletas (Día 0).....	86
Tabla 49: Analisis Proximal de las formulaciones optima y la control.....	89
Tabla 50: Variación de la textura instrumental (mJ) de las galletas de formulacion optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	96
Tabla 51: Colorimetría de la formulacion optima y control durante 20 días de almacenamiento	98

Tabla 52: Peso (g) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	102
Tabla 53: Volumen especifico (ml/g) de las galletas optimas y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	104
Tabla 54: Humedad de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	106
Tabla 55: Aw de la galleta óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	109
Tabla 56: pH de la galleta óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	111
Tabla 57: Acidez de la galleta óptima y control durante 20 días a temperatura ambiente.....	114
Tabla 58: Valores del sabor sensorial de la galleta óptima y control durante 20 dias a temperatura ambiente.....	117
Tabla 59: Valores del color sensorial de la galleta óptima y control durante 20 dias a temperatura ambiente.....	120
Tabla 60: Valores del color sensorial de la galleta óptima y control durante 20 dias a temperatura ambiente.....	123
Tabla 61: Valores de la textura sensorial de la galleta óptima y control durante 20 dias a temperatura ambiente.....	126
Tabla 62: Valores de aceptabilidad general de la galleta optima y control durante 20 dias.....	129
Tabla 63: Puntuaciones de promedio de las características sensoriales de las galletas	131
Tabla 64: Análisis microbiológico de las galletas optimas y control durante su almacenamiento a temperatura ambiente	136

INDICE DE IMAGEN

Imagen 1: Camote morado y Plátano verde.....	11
Imagen 2: Selección del camote morado	15
Imagen 3: Lavado y desinfección del camote morado.....	15
Imagen 4: Pelado de camote morado.....	16
Imagen 5: Cortado del camote utilizando una cortadora	16
Imagen 6: Secado del camote utilizando el secador de bandejas	16
Imagen 7: Molienda de harina de camote.....	17
Imagen 8: Harina de camote envasada en bolsa de polietileno.....	17
Imagen 9: Recepción de plátano verde.....	19
Imagen 10: Lavado y desinfección de plátanos verdes.....	19
Imagen 11: Pelado de plátano verde.....	20
Imagen 12: Cortado del plátano utilizando la rodajadora industrial	20
Imagen 13: Secado de los plátanos en rodajas utilizando el secador de bandejas.....	20
Imagen 14: Molienda de las rodajas de plátano seco.....	21
Imagen 15: Tamizado del polvo de plátano.....	21
Imagen 16: Recepción de materia prima	24
Imagen 17: Pesado de materia prima.....	24
Imagen 18: El cremado	25
Imagen 19: El mezclado.....	25
Imagen 20: Moldeado de las galletas utilizando cucharas	26
Imagen 21: Horneado de las galletas en el horno industrial	26
Imagen 22: Enfriamiento de las galletas a temperatura ambiente.....	27

Imagen 23: Envasado de las galletas con bolsas de polietileno	27
Imagen 24: Almacenamiento de galletas	27
Imagen 25: Evaluación del color de las galletas utilizando el método CIELAB	28
Imagen 26: Medición del pH en galletas mediante un medidor multiparámetros	29
Imagen 27: Determinación del volumen específico de las galletas.....	29
Imagen 28: Medición de la función del agua utilizando el higrómetro.....	30
Imagen 29: Determinación de acidez titulable	31
Imagen 30: Determinación de peso utilizando la balanza analítica	31
Imagen 31: Determinación de textura utilizando el texturómetro.....	32
Imagen 32: Determinación de la humedad utilizando la estufa	32
Imagen 33: Determinación de cenizas utilizando la mufla	33
Imagen 34: Determinación de grasa utilizando equipo soxhelt	34
Imagen 35: Determinación de mohos mediante el método de superficie de placa.....	35
Imagen 36: Evaluación sensorial a niños de cuarto grado de primaria	37

INDICE DE GRAFICOS

Grafica 1: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro L^* del color de la galleta en función del % H. Camote y % H. Plátano (Día 0).	55
Grafica 2: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro C^* del color de la galleta en función del % H. Camote y % H. Plátano (Día 0).	58
Grafica 3: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro (h_0) de las galletas en función del % H. Camote y % H. Plátano (Día 0)	61
Grafica 4: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el peso de las galletas en función del % H. Camote y %H. Plátano (Día 0)	64
Grafica 5: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro de la humedad de las galletas en función del % H. Camote y %H. Plátano (Día 0)	68
Grafica 6: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro de acidez de las galletas en función del % H. Camote y %H. Plátano (Día 0)	75
Grafica 7: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro color de las galletas en función del % H. Camote y %H. Plátano (Día 0)	78
Grafica 8: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro del sabor en las galletas en función del % H. Camote y % H. Plátano (Día 0).	81
Grafica 9: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro de textura de las galletas en función del % H. Camote y %H. Plátano (Día 0)	87
Grafica 10: Variación de la textura instrumental (mJ) de la galleta Control y óptima durante 20 días a temperatura ambiente.	96
Grafica 11: Variación de luminosidad de la galleta control y la óptima durante 20 días de almacenamiento	99
Grafica 12: Variación de Cromacidad de la galleta control y la óptima durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	100
Grafica 13: Variación de Angulo de tono de la galleta control y la óptima durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	101
Grafica 14: Variación del peso (g) de la galleta óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	103

Grafica 15: Variación de volumen específico (ml/g) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	105
Grafica 16: Variación de humedad (%) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	107
Grafica 17: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto a la humedad.....	108
Grafica 18: Variación de Aw de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	110
Grafica 19: Variación de pH de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	113
Grafica 20: Variación de acidez (%) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	115
Grafica 21: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto a la acidez.....	116
Grafica 22: Variación de valores de escala hedonica (sabor) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	118
Grafica 23: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto al sabor sensorial.....	116
Grafica 24: Variación de valores de escala hedonica (color) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	121
Grafica 25: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto al color sensorial.....	116
Grafica 26: Variación de valores de escala hedonica (olor) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	124
Grafica 27: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto al olor sensorial.....	116
Grafica 28: Variación de valores de escala hedonica (textura) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.....	127
Grafica 29: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto a la textura sensorial.....	128
Grafica 30: Variación de valores de aceptabilidad general de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento.....	129
Grafica 31: Análisis sensorial con escala de hedónica de la galleta control y optima aplicado a niños de cuarto grado de primaria	132
Grafica 32: Edades de los niños encuestados	133
Grafica 33: Sexo de los niños encuestados	133
Grafica 34: Intención de compra de la galleta control y optima.....	133
Grafica 35: Porcentaje de intención de compra de la galleta optima y control.....	134

RESUMEN

Hoy en día las galletas se consideran productos versátiles clasificados como de "consumo masivo", los cuales son catalogados de primera necesidad y gozan de un alto nivel de aceptación por parte de todos los grupos de edad. Hoy en día, los consumidores buscan alternativas innovadoras, lo que resalta la importancia de crear productos novedosos utilizando como ingredientes básicos la harina de plátano y camote, alimentos originarios del país, ricos en nutrientes y de fácil acceso. Esta tesis evalúa las características fisicoquímicas y sensoriales de cookies elaboradas con sustitución parcial de harina de plátano (*Musa Paradisiaca*) y harina de camote (*Ipomoea Batatas*) durante su almacenamiento en anaquel, empleando un diseño compuesto central rotacional DCCR 2².

Palabras claves: cookies, harina de plátano, harina de camote, características fisicoquímicas.

ABSTRACT

Nowadays, cookies are considered versatile products classified as “mass-consumption” items, regarded as basic necessities and highly accepted by all age groups. Currently, consumers are seeking innovative alternatives, highlighting the importance of creating novel products using banana flour and sweet potato flour as basic ingredients—foods that are native to the country, rich in nutrients, and easily accessible. This thesis evaluates the physicochemical and sensory characteristics of cookies made with partial substitution of banana flour (*Musa paradisiaca*) and sweet potato flour (*Ipomoea batatas*) during shelf storage, using a Central Composite Rotational Design (DCCR 2²).

Keywords: cookies, banana flour, sweet potato flour, physicochemical characteristics.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los niños prefieren alimentos con poca cantidad de nutrientes y con un alto contenido de grasa, azúcar y sal; conocidos con el término de “comida chatarra” como por ejemplo las papas fritas, las golosinas, pizzas, gaseosas con gas y mucho más. Sin embargo, necesitan alimentos saludables que les brindan nutrientes en los que se incluye las proteínas, los carbohidratos, las grasas, el agua, las vitaminas y los minerales.

Por ello estamos en búsqueda de nuevas alternativas de alimentos y aprovechando la materia prima que se encuentra en el Perú, mismas que posean propiedades nutritivas para la salud. Uno de ellos es el camote que es considerado como uno de los alimentos más antiguos, entre las variedades principales está en camote morado, amarillo, anaranjado, blanco y entre otros; y estos poseen grandes propiedades nutricionales para la salud. Y también tenemos al plátano una de las frutas que poseen propiedades nutritivas y energéticas; muy buena para las personas que realizan deporte y posee sustancias vasoactivas, como la tiamina, la dopamina, noradrenalina y la serotonina también, además de almidón, azúcares, vitaminas B1, B2, C y E, minerales (fósforo, magnesio, sodio, potasio, hierro y cinc) y taninos también ayuda a nuestros cuerpos.

La harina de plátano es una alternativa para personas que necesitan saciar el hambre rápidamente y que mejor con un alimento sano, igualmente para deportistas ya que constituye una fuente de energía de rápida asimilación. La harina de plátano es producto de consumo directo abundante o masivo, puede utilizarse como alimento básico en la dieta animal.

La harina de camote puede utilizarse como sustituta de la harina de trigo para reducir costos de producción, esta puede ser usada en galletas, panes, pasteles y snacks. Según investigaciones se ha determinado que el camote de pulpa morada retarda el envejecimiento por sus propiedades antioxidantes, alto valor vitamínico y proteico. El camote puede ser un importante suplemento proteico para niños y personas con problemas de desnutrición.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto en las características fisicoquímicas y sensoriales de las cookies, al incorporar la mezcla de harina de plátano y harina de camote en la elaboración de estas, obtenida en base a las formulaciones del diseño compuesto central rotacional 2^2 .

2.2. Objetivo Específico

- Determinar la formulación óptima para una cookie elaborada por sustitución parcial de harina de plátano y camote que sea aceptable para el consumo mediante el diseño compuesto central rotacional DCCR 2^2 .
- Determinar la composición proximal de la harina de camote y harina de plátano.
- Determinar el cómputo químico de aminoácidos para todas las formulaciones del diseño compuesto central rotacional DCCR 2^2 .
- Determinar las características fisicoquímicas de la cookie obtenida en base a las formulaciones del diseño compuesto central rotacional 2^2 .
- Determinar las características sensoriales (sabor, olor, color y textura) de la cookie obtenida en base a las formulaciones del diseño compuesto central rotacional 2^2 .
- Determinar la composición proximal y el tiempo de vida útil de la cookie seleccionada como la óptima.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICAS

3.1. Camote (Ipomoea Batata)

Es una planta perenne de la familia de las convolvuláceas conocida como batata o Boniato. El Ipomoea batatas, es considerado uno de los tres tubérculos más importantes a nivel global, es consumido extensamente en las naciones en vías de desarrollo. (Ruiz, L. 2010).



Ilustración 1: Camote morado. Características visuales

Fuente: Imbabura, Cotacachi, 2012.

3.1.1. Composición y características

El camote es rico en nutrientes como provitamina A, caroteno, fósforo, sodio, calcio, potasio, y proteínas, entre otros. (Ruiz, L. 2010)

Su composición nutricional se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1: Composición nutricional del camote en g/100gr

Componentes	Unidad	Cantidad
Calorías	Kcal	105
Agua	G	72,84
Proteína	G	1,65
Grasa	G	0,30
Ceniza	G	0,95
Carbohidratos	G	24,28

Fibra	G	3
Calcio	Mg	22
Hierro	Mg	0,59
Fósforo	Mg	28
Potasio	Mg	337
Vitamina C	Mg	22,7
Vitamina A	IU	14,545

Fuente:

<http://www.fao.org/inphoarchive/conten/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/CAMOTE>.

HTM (Acceso el 07/06/2012)

3.1.2 Beneficios para la salud

Debido a su alto valor nutricional, el camote es un excelente nutriente para personas con malnutrición, según nutricionistas. El camote morado es beneficioso para la salud y ayuda a ralentizar el envejecimiento gracias a su elevado aporte de antioxidantes, vitaminas y proteínas.

3.2. Harina de camote

El procesamiento del camote en harina se produce mediante la deshidratación de la raíz, un proceso que elimina el agua, seguido de su molienda y almacenamiento bajo condiciones óptimas de humedad para su conservación. Los productos deshidratados pueden durar hasta un año sin añadir conservantes.

3.2.1. Composición

La tabla a continuación detalla la composición de la harina de camote en gramos.

Tabla 2. Composición nutricional de harina de camote

Componentes	Unidad	Cantidad
Energía	kcal	353
Agua	g	9,9
Proteínas	g	2,1
Grasa total	g	0,9
Carbohidratos totales	g	84,3
Carbohidratos Disponibles	g	81,3
Fibra cruda	g	1,8
Fibra dietaría	g	3
Cenizas g	g	2,8
Sodio	mg	19
Potasio	mg	320
Calcio	mg	28
Fosforo	mg	47
Hierro	mg	0,7

Fuente: <http://www.sni.org.pe/downloads/.../HARINA%20DE%20CAMOTE.doc> (consulta 2012 Octubre 26)

3.2.2 Propiedades y usos

Este producto horneado, libre de conservantes y con bajo contenido graso, destaca por su sabor agradable gracias a la dulzura natural del camote. Además, es una propuesta innovadora ausente en el mercado. La harina de camote es una alternativa versátil para reemplazar a la de trigo en la preparación de pasteles, galletas, sopas instantáneas, papillas infantiles, panes y otros postres.

3.3 Plátano (*Musa Paradisiaca*)

El plátano es una fruta tropical procedente del árbol que recibe el mismo nombre o banano. Es un fruto con cualidades en tamaño, color y firmeza, rico en almidón cubierto con una cascara que puede ser amarilla, verde, roja, purpura de acuerdo a la variedad.



Ilustración 2: Recolección de plátano variedad seda

Fuente: <http://www.pqs.pe/actualidad/noticias/produccion-de-banano-y-platano-creceran-durante-el-ano> (consulta 29 de enero)

3.3.1 Composición nutricional

Tabla 3. Composición nutricional del plátano

Componentes	Por 100g de porción comestible
Energía (kcal)	94
Proteínas (g)	1,2
Lípidos totales (g)	0,3
AG saturados (g)	0,11
AG monoinsaturados (g)	0,04
AG poliinsaturados (g)	0,09
Hidratos de carbono (g)	20
Fibra (g)	3,4
Agua (g)	75,1
Calcio (mg)	9
Hierro (mg)	0,6
Yodo (ug)	2
Magnesio (mg)	38

Zinc (mg)	0,23
Sodio (mg)	1
Potasio (mg)	350
Fosforo (mg)	28
Selenio (ug)	1
Tiamina (mg)	0,06
Riboflavina (mg)	0,07
Equivalentes niacina (mg)	0,8
Vitamina B6 (mg)	0,51
Folatos (ug)	22
Vitamina B12 (ug)	0
Vitamina C (mg)	10
Vitamina A: Eq. Retinol (ug)	18
Vitamina E (mg)	0,2

Fuente: Tabla de composición de Alimentos (Moreiras y Col, 2013)

3.3.2 Propiedades y usos

- **Se utiliza contra el estrés y depresión:** el plátano es una fruta medicinal que ayuda a controlar la ansiedad notablemente, debido a su contenido de vitaminas, triptófano, fosforo y potasio. El triptófano posee efectos relajantes y beneficiosos para el estado de ánimo. El fósforo beneficia la función cerebral, siendo útil tanto para niños como adultos. Por su parte, el potasio ayuda a controlar el estrés, ya que consumir plátano equilibra los niveles de este mineral en el cuerpo.
- **En el deporte:** El plátano, con su elevado aporte de carbohidratos, potasio y vitaminas B, C y A, además de su bajo contenido graso, se convierte en una opción ideal para los deportistas. Se recomienda consumir entre 3 y 4 plátanos al día.

- **Controla la tensión alta y el colesterol:** Su elevado nivel de potasio contribuye a regular el equilibrio de líquidos en el cuerpo y facilita la eliminación de los mismos. Además, la pectina presente en el plátano es útil para las personas hipertensas y favorece la pérdida de peso.
- **Salud y medicina natural:** El plátano ofrece valiosas propiedades, destacándose por su alto contenido en
- vitaminas A, C, K y B, así como por su presencia de tres tipos de azúcares naturales: sacarosa, glucosa y fructosa.

3.4. Harina de Plátano

Se trata de un polvo blanco, que se obtiene del plátano verde es fácilmente digestible, susceptible a la humedad y contiene un completo conjunto de vitaminas con nutrientes fundamentales.

3.4.1 Composición nutricional

Tabla 4. Composición Nutricional en la harina de plátano en 100gr

Componentes	Unidades	Harina de Plátano
Energía	Kcal	300,0
Agua	G	14,9
Proteína	G	3,1
Grasa	G	0,4
Carbohidrato	G	79,6
Fibra	G	1,1
Cenizas	G	2,0
Calcio	Mg	29,0
Fosforo	Mg	104,0
Hierro	Mg	3,9
Retinol	Mg	100,0
Tiamina	Mg	0,11
Riboflavina	Mg	0,12
Niacina	Mg	1,57
Ácido ascórbico		
Reducido	Mg	1,3

Fuente: Collazos, C. 1996. Tablas de Composición de Alimentos. (12-04-2008).

3.5. Galletas

3.5.1. Definición

Son productos de textura crujiente y firme, con formas diversas, generalmente elaboradas con harina, huevo, leche, sal, azúcar, mantequilla, saborizantes, conservadores y otros ingredientes. Se pueden incluir otros ingredientes como avena, pasta, nueces, coco y chispas de chocolate.

3.5.2. Parámetros fisicoquímicos

Debe cumplir con los siguientes valores, los cuales se especifican como las cantidades máximas permitidas.

Tabla 5: Parámetros fisicoquímicos para galletas

PARAMETRO	GALLETA
Humedad máxima	12%
Cenizas máximo	3%
Acidez (expresado en ácido láctico)	0.10%
Índice de peróxido	5mg/kg

Fuente: INDECOPI (1992)

3.6. Evaluación Sensorial

3.6.1. Definición

Es el examen visual, gustativo, olfato, oído y tacto de alimentos u otros materiales. La valoración sensorial se considera una disciplina científica que analiza e interpreta las respuestas de los sentidos frente a las características de un alimento o material.

3.6.2. Pruebas Orientadas al Consumidor:

Las evaluaciones dirigidas al consumidor comprenden pruebas de preferencia, aceptabilidad y análisis hedónicos. Las **de preferencia** permiten a los consumidores elegir entre distintas muestras, indicando su favorita, mientras que **la aceptabilidad** mide el grado en que un producto

es aceptado. Por otro lado, **las hedónicas** evalúan el nivel de agrado o desagrado que el producto genera en quienes lo consumen.

3.7. Los Panelistas.

3.7.1. Tipos de Panelistas.

Los panelistas se clasifican según el tipo de estudio que se realice en:

1. Expertos.
2. Capacitados o de laboratorio.
3. Consumidores.

3.7.2. Entrenamiento de panelistas

Los panelistas tienen que estar descansados, concentrados y con la mente clara antes de realizar una prueba sensorial. Además, deben tener una buena sensibilidad para evaluar repetidamente una muestra y obtener resultados consistentes.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales y equipo

4.1.1. Materia prima

En esta investigación se utilizaron 20 kg de camote morado y de plátano, adquiridos en el mercado mayorista “La Perla” en Chimbote – Ancash, sin ningún problema debido a que ambas se producen durante todo el año. Respecto al plátano se escogió la variedad seda, en relación al camote la variedad morada fue la seleccionada.



Imagen 1: Camote morado y Plátano verde

4.1.2. Materiales

Para la elaboración de las galletas y el análisis de los tratamientos, son imprescindibles los siguientes materiales:

- Matraz Erlenmeyer 50, 100, 150 ml
- Fiola 1 Lt
- Probeta 100 ml
- Placas Petri
- Bureta
- Vaso precipitado 100ml
- Espátula metálica
- Papel filtro
- Cuchillo
- Batidora
- Recipientes
- Papel Manteca
- Rayador
- Papel toalla

4.1.3. Reactivos

- Éter de petróleo
- Hidróxido de Sodio
- Hexano
- Ácido Sulfúrico

4.1.4. Equipos

- **Secador de bandejas**
MARCA: JARCON / MOD: SBT – 10 X 10
- **Amasadora**
MARCA: NOVA / MOD: K23
- **Horno Rotatorio**
MARCA: NOVA / MOD: MAX 100
- **Estufa**
MARCA: POL – EKD – APARATURA / MOD: SLW 115 ST D
- **Medidor De pH**
MARCA: THERMO SCIENTIFIC / MOD: ORION STAR A211
- **Horno eléctrico (mufla)**
MARCA: BARNSTEAD / Lab-Line MOD: 3511- 1
- **Placa calefactora**
MARCA: Letslab / MOD: D-46D
- **Desecador**
MARCA: SENNA / MOD: 5-4201
- **Sistema Extractor De Grasa**
MOD: SOXTEC / PROC: CHINA
- **Balanza Analítica**
MARCA: PRECISA / MODELO: LX220A / PROC: SUIZA
- **Texturómetro**
MARCA: BROOKFIELD / MOD: CT3 4500
- **Colorímetro digital**
MARCA: KONICA MINOLTA / MOD: CR-400T

4.2. Métodos

4.2.1. Diseño Experimental

Para la optimización del tratamiento se utilizará un delineamiento factorial 2^2 , considerando como variables independientes al porcentaje de harinas (camote y plátano). Con el fin de examinar los efectos de estas variables, se llevará a cabo una evaluación basada en las características

físico-químicas y propiedades sensoriales, utilizando un diseño estadístico de Compuesto Central Rotacional (DCCR). (Rodríguez y Lemma, 2006).

Los niveles variaron en $-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$, con los valores detallados en la Tabla 6.

Tabla 6. Los niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2^2 comprenden 4 pruebas en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.

Variables Independientes	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
X₁= Harina de plátano (%)	10	13	20	27	30
X₂=Harina de camote (%)	15	19	27.5	36	40

$\alpha = (2n)^{1/4}$ (Rodrigues y Lemma, 2005)
 $\alpha = 1.4142$ para 2 variables independientes

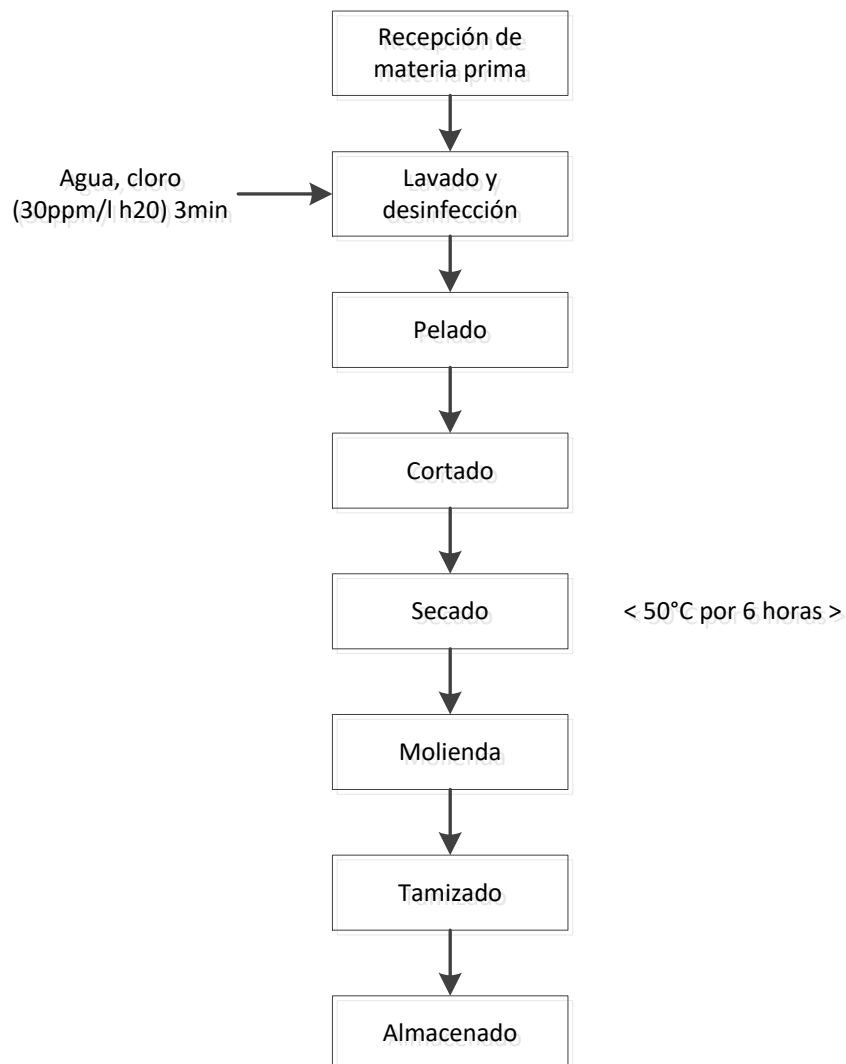
Se llevaron a cabo 11 ensayos, que incluyeron 4 puntos factoriales (combinación de los niveles -1 y +1), 4 puntos axiales (una variable en $\pm\alpha$ y la otra en 0), y tres repeticiones en el punto central (ambas variables en el nivel 0). El plan experimental utilizado se detalla en la Tabla 7.

Tabla 6. Valores codificados y reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2^2

Experimento	VALORES CODIFICADOS		VALORES REALES	
	X ₁	X ₂	% harina de plátano	% harina de camote
1	-1	-1	13	19
2	+1	-1	27	19
3	-1	+1	13	36
4	+1	+1	27	36
5	$-\alpha$	0	10	27.5
6	α	0	30	27.5
7	0	$-\alpha$	20	15
8	0	$+\alpha$	20	40
9	0	0	20	27.5
10	0	0	20	27.5
11	0	0	20	27.5

4.2.2. Elaboración de Harina de Camote

a. Flujo de producción de harina de camote morado (Leonardo Andrés Ruiz Muñoz, 2011)



A continuación, se detallan las etapas:

- **Recepción de materia prima:**

En este ciclo, se recibe el insumo del material básico y se realiza una inspección para comprobar que no presente daños ni imperfecciones, garantizando su calidad.



Imagen 2: Selección del camote morado

- **Lavado y desinfección:**

En esta etapa se procede a lavar los camotes con agua y cloro al 300 ppm/l de agua durante 3 minutos de tal manera garantizar la calidad del producto que se obtendrá en el proceso.



Imagen 3: Lavado y desinfección del camote morado

- **Pelado:**

Consiste en retirar la cascara de manera manual con ayuda de un cuchillo o pelador, teniendo cuidado de no desperdiciar la pulpa para obtener un buen rendimiento.



Imagen 4: Pelado de camote morado

- **Cortado:**

Después del pelado manualmente de los camotes, se procede a cortarlos en rodajas utilizando una cortadora.



Imagen 5: Cortado del camote utilizando una cortadora

- **Secado:**

Se procede a colocar el camote en las bandejas del secador con una temperatura de 50°C por 6 horas



Imagen 6: Secado del camote utilizando el secador de bandejas

- **Molienda:**

Una vez secado el camote, se procede a molerlas en un molino hasta alcanzar un diámetro de partícula de 1mm.

- **Tamizado:**

El producto de la molienda se lo pasó por diferentes tamaños de tamices, mediante el cual se determinó la granulometría.

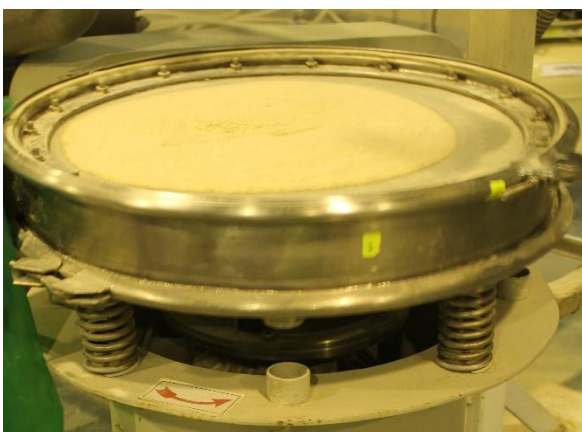


Imagen 7: Molienda de harina de camote

- **Almacenado**

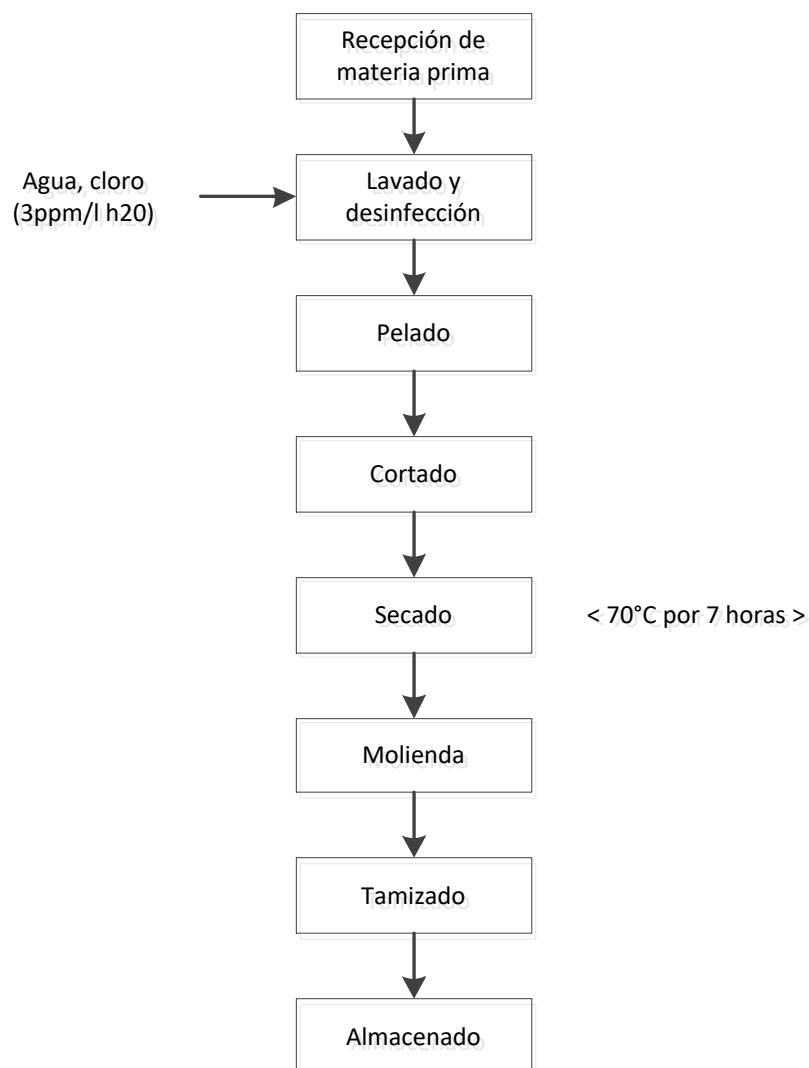
Una vez obtenidos la harina estos son empaquetados en bolsa de polietileno y almacenados con una temperatura 18°C con una humedad relativa de 88%. De tal manera evitar los problemas de enranciamiento.



Imagen 8: Harina de camote envasada en bolsa de polietileno

4.2.3. Elaboración de Harina de Plátano

b. Flujo de proceso de producción de la harina de plátano de seda



A continuación, se detallan las etapas:

- **Recepción de materia prima:**

En este paso, son recibidos los productos básicos y se realiza la inspección para identificar posibles daños o defectos.



Imagen 9: Recepción de plátano verde

- **Lavado y desinfección:**

Luego se realiza el lavado y desinfección de los plátanos para lo cual se utilizó agua y cloro al 30 ppm/l de agua durante 3 minutos, de tal manera eliminar cualquier residuo presente en los plátanos.



Imagen 10: Lavado y desinfección de plátanos verdes

- **Pelado:**

Se procede a eliminar la cáscara del plátano, el cual se realiza manualmente.



Imagen 11: Pelado de plátano verde

- **Cortado:**

Una vez pelado manualmente los plátanos, se procede a cortarlos en la rodajadora industrial.



Imagen 12: Cortado del plátano utilizando la rodajadora industrial

- **Secado:**

Se procede a colocar las rodajas los plátanos en las bandejas del secador con una temperatura de 70°C por 7horas.



Imagen 13: Secado de los plátanos en rodajas utilizando el secador de bandejas.

- **Molienda:**

Una vez secado el plátano, se procede a molerlas en un molino hasta alcanzar un diámetro de partícula de 1mm,



Imagen 14: Molienda de las rodajas de plátano seco

- **Tamizado:**

Tras la molienda, se efectuó el tamizado para determinar la granulometría.



Imagen 15: Tamizado del polvo de plátano

- **Almacenado**

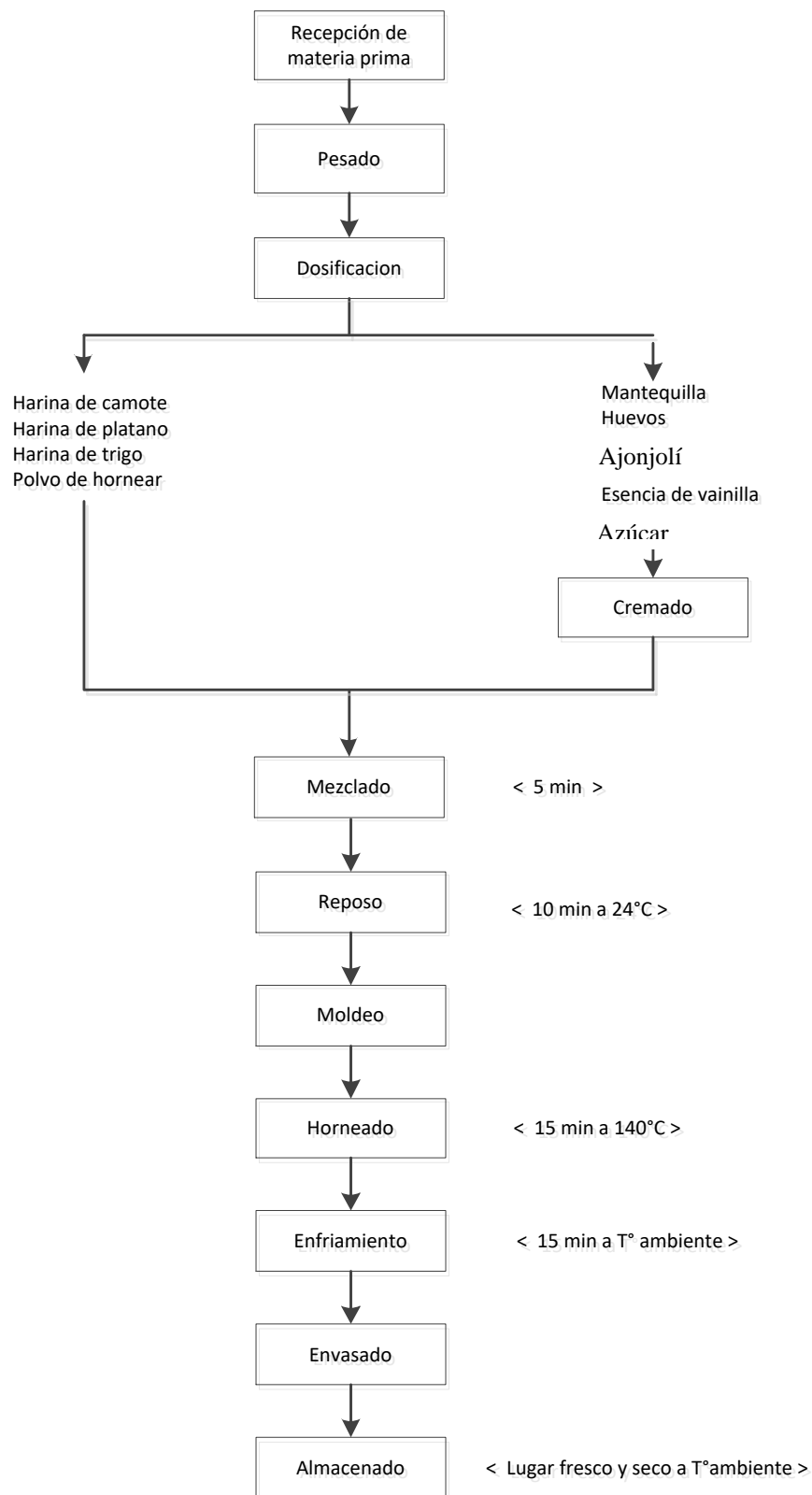
Una vez obtenido la harina de plátano estos son empaquetados en bolsa de polietileno y almacenados con una temperatura 18°C con una humedad relativa de 88%. De tal manera evitar los problemas de enranciamiento.

4.2.2. Elaboración de galletas tipo cookie

Tabla 7: Ingredientes para la fabricación de galletas tipo cookie con 500 gr

INGREDIENTES	%	Gr
Harinas	100	500
Polvo de hornear	2%	10
Mantequilla	50%	250
Huevos	50%	250
Bicarbonato de Sodio	1%	5
Azúcar	50%	250
Ajonjolí	25%	125
Antimoho	0.3%	1.5
Esencia de vainilla	4%	20

a. Proceso de elaboración de galletas



A continuación, se detallan las etapas:

- **Recepción de materia prima:**

Se recibieron los ingredientes de calidad básicos: harina de plátano, molienda de trigo, fécula de camote, ajonjolí, huevos, azúcar, extracto de vainilla, mantequilla y polvo de hornear.



Imagen 16: Recepción de materia prima

- **Pesado**

Se empleó una báscula analítica para medir con precisión cada uno de los ingredientes según la formulación



Imagen 17: Pesado de materia prima

- **Cremado**

Antes del amasado, se realiza una crema, mezclando mantequilla, azúcar, huevo y extracto de vainilla en una batidora, a velocidad media, hasta obtener una mezcla homogénea y cremosa, incorporando aire en el proceso.



Imagen 18: El cremado

- **Mezclado**

Durante la elaboración de la mezcla, se agregan las harinas de trigo, camote, plátano y el polvo de hornear. Luego, se incorpora el cremado preparado previamente y se amalgama bien con una cuchara grande para lograr una masa homogénea.



Imagen 19: El mezclado

- **Reposo**

A continuación, la mezcla debe quedar en reposo durante 10 minutos a 24°C para todas las formulaciones, hasta obtener una masa adecuada para poderse moldear.

- **Moldeado**

Después, de tener lista la masa se puede proceder a elaborar una bola con cada porción y adicionar el ajonjolí.



Imagen 20: Moldeado de las galletas utilizando cucharas

- **Horneado**

Las galletas se colocaron en bandejas metálicas y se hornearon a 140°C durante 15 minutos para cada porción.



Imagen 21: Horneado de las galletas en el horno industrial

- **Enfriamiento**

Se dejaron enfriar las galletas a temperatura ambiente durante 15 minutos antes de proceder con su envasado.



Imagen 22: Enfriamiento de las galletas a temperatura ambiente.

- **Envasado**

Las cookies enfriadas son empacadas en bolsas de polietileno con alta densidad a fin de conservarse durante un periodo más largo. El envasado se hizo para cada formulación.



Imagen 23: Envasado de las galletas con bolsas de polietileno

- **Almacenado**

La temperatura de almacenamiento deber ser de 18°C con una humedad relativa de 88%.



Imagen 24: Almacenamiento de galletas

4.2.3. Evaluación de la vida útil

La evaluación se realizará cada 2 días por 20 días, para cada tratamiento con la finalidad de evaluar la duración estimada para las galletas. Las muestras se almacenarán en bolsas de polietileno a temperatura ambiente, y posteriormente se llevará a cabo el análisis de parámetros objetivos (color, pH, acidez, volumen específico, humedad, textura, actividad de agua y peso) así como de indicadores subjetivos mediante un panel sensorial.

4.2.3.1. Color

Se empleará el colorímetro Konica Minolta CR-200, con valores expresados, según los parámetros Hunter L*, a* y b*. Para luego, proceder a seleccionar 1 galleta de cada muestra experimental y medir el color en tres puntos distintos, obteniendo tres indicadores: L (luminosidad), a* (tonalidad entre magenta y verde) y b* (tonos entre amarillo y azul). Los cálculos de estos criterios se realizarán utilizando las siguientes fórmulas:

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

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



Imagen 25: Evaluación del color de las galletas utilizando el método CIELAB.

4.2.3.2. pH

Se usó un pH- metro electrónico marca SCHOTT. Para la medición, se preparó una solución homogénea con 10 g de galleta y 50 mL de agua destilada, la cual se puso en baño maría a 60°C por 20 minutos y luego fue filtrada. (Vildósola, 2008).



Imagen 26: Medición del pH en galletas mediante un medidor multiparámetros

4.2.3.3. Volumen Especifico

Se utilizó una versión adaptada del método 10-05 AACC (2000), propuesto por Laínez (2006). La capacidad se determinó a través del desplazamiento de semillas de alpiste, las cuales fueron ubicadas en un recipiente con una capacidad de 90 cm³.

$$\text{Volumen Especifico} = \frac{\text{volumen de la galleta (ml)}}{\text{masa (gr)}}$$



Imagen 27: Determinación del volumen específico de las galletas

4.2.3.4. Actividad de Agua

La acción del agua (aw) se evaluó en tres repeticiones utilizando un higrómetro AQUALAB DECAGÓN 3TE, a una temperatura de punto de rocío de 25°C.



Imagen 28: Medición de la función del agua utilizando el higrómetro.

4.2.3.5. Acidez Titulable

Se tomaron 10 g de galleta, a los que se les añadió 50 ml de agua destilada y se calentaron en baño maría a 60°C durante 20 minutos. Para determinar la acidez, se tituló la mezcla con una solución de NaOH 0,1 N. Lo obtenido se expresó en gramos de ácido oleico por cada 100 ml de muestra, utilizando la fórmula indicada por (AOAC, 1990).

$$\% \text{ pvde ácido láctico} = N \times V \times \text{Meq} \times 100\text{Vol}$$

Siendo:

N = Normalidad NaOH

V = Volumen de solución de NaOH empleado (ml)

Meq: Miliequivalentes del ácido láctico = 0.90

Vol = Volumen de la muestra (ml)



Imagen 29: Determinación de acidez titulable

4.2.3.6. **Peso**

Fue utilizado el gravimétrico como método para determinar el peso. Las muestras se pesaron pesando 2 días por 20 días en la balanza analítica PRECISA MOD-LX220A (± 0.0001) bajo condiciones ambientales.



Imagen 30: Determinación del peso utilizando la balanza analítica

4.2.3.7. **Perfil de Textura**

Fue evaluado mediante el 74-10A de la AACC (2000), con el Texturómetro Mod. Brookfield CT3. La muestra se posicionó en la base del equipo y se sometió a un ensayo de compresión

con un cilindro de 5 cm de diámetro, a una velocidad de 1,7 mm/s y una distancia de desplazamiento de 10 mm, alcanzando una deformación del 50%.



Imagen 31: Determinación de textura utilizando el texturómetro

4.2.3.8. Humedad

Agregar los 5 gramos de muestras sobre una placa, la cual se realizará por triplicado. Luego configurar la temperatura de la estufa a 115°C a un tiempo de 3 horas.



Imagen 32: Determinación de la humedad utilizando la estufa

4.2.3.9. Cenizas

Se tomaron 2 gramos de muestra y se colocaron en un crisol. Luego, se pusieron en la mufla, donde se calcinó a 550°C durante 3 a 5 horas hasta obtener cenizas blancas. Después, se retiraron de la mufla y se dejaron enfriar durante 30 minutos.

Cálculos:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_2 - P_1}{m} * 100$$

En donde:

A₁: Peso del crisol vacío (gr).

A₂: Peso del crisol más ceniza (gr).

m: Peso de la muestra (gr).



Imagen 33: Determinación de cenizas utilizando la mufla

4.1.1.1. Determinación de grasa

- Pesar entre 3 y 5 g de muestra seca, envolverla en papel filtro y colocarla en la cámara de extracción del equipo Soxhlet.
- Añadir hexano hasta que 1 porción de este se sifone hacia el balón (180 ml).
- Conectar a una fuente de calor. Al calentarse el solvente se evapora, asciende, se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando al balón por sifonaje, extrayendo el extracto graso. El proceso se mantiene en ciclo cerrado, con una velocidad de goteo del hexano de 45 a 60 gotas por minuto.
- El proceso dura entre 2 y 4 horas, según del contenido graso de la muestra.
- Se recoge el hexano en un balón previamente seco y tarado.
- Cuando ya no es observado el hexano en el balón, se retira el extracto graso.
- El solvente se elimina del balón mediante evaporación en un calentador (durante 30 minutos y expuesto a 105°C), posteriormente el

enfriamiento se realiza en la campana de desecación por 30 minutos y luego se pesa.

Cálculos:

$$\% \text{ GRASA} = \frac{A_2 - A_1}{m} \times 100$$

Donde:

A₂: Peso del balón con hexano etéreo (gr)

A₁: Peso de balón vacío (gr)

m: Peso de la muestra (gr)

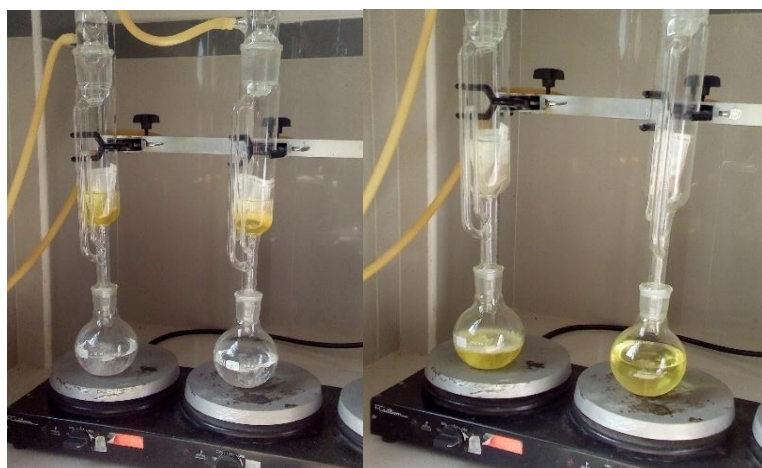


Imagen 34: Determinación de grasa utilizando equipo soxhelt

4.1.1.1. Determinación de mohos

- Para la muestra, se realiza una dilución utilizando 5 g de la misma en un matraz con 45 ml de solución salina (dilución 10^{-1}).
- De la dilución 10^{-1} , se toma 1 ml y se añade a un tubo con 9 ml de solución salina, obteniendo así la dilución 10^{-2} . Posteriormente, se extrae 1 ml de esta dilución y se coloca en otro matraz con 9 ml de solución salina para generar la dilución 10^{-3} . Todo esto se realiza bajo condiciones asépticas.
- A continuación, se siembra 1 ml de cada dilución en placas Petri esterilizadas, realizando duplicados de cada una, y dejando dos placas sin cultivo como control negativo.

- Se agrega 15 ml de agar saboreo, previamente esterilizado y enfriado a 45°C.
- La mezcla se homogeniza mediante agitación manual y se deja enfriar hasta que el agar solidifique. Las placas se invierten y es incubada a temperatura ambiente durante 48 horas.
- Tras la incubación, se examinan las placas y se realiza el conteo de las colonias formadas.



Imagen 35: Determinación de mohos mediante el método de superficie de placa

4.1.2. Evaluación Sensorial

Se utilizaron 30 panelistas conformado por estudiantes del cuarto grado de primaria del Institución Educativa Experimental de la UNS, 18 niños y 12 niñas entre 9 y 10 años de edad. A cada panelista se ofrecieron dos muestras un control y una óptima (la cual obtuvo buenos puntajes en un análisis sensorial realizados a los estudiantes de la UNS y mediante los análisis fisicoquímicos) Las muestras se ofrecieron a los panelistas en capacillos de colores (amarillo = E. control; celeste = E9) y un vaso con agua. Para facilitar su comprensión se utilizaron dibujos de caritas con estados de ánimo para cada criterio evaluado.

Tabla 8: Escala hedónica de 9 puntos utilizadas en el análisis sensorial

Puntaje	Calificación
1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta bastante
4	Me disgusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta bastante
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

Tabla 9: Escala de 5 puntos para evaluar la intención de compra

Puntaje	Calificación
1	No lo compraría
2	Posiblemente no lo compraría
3	Tal vez lo compraría
4	Posiblemente lo compraría
5	Si lo compraría



Imagen 36: Evaluación sensorial a niños de cuarto grado de primaria

4.1.3. Análisis Estadístico

Los resultados del diseño experimental para evaluar la calidad de las galletas se analizaron mediante la metodología de Superficie de Respuestas, utilizando los programas STATISTICA 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA) y STATGRAPHICS Centurión XV.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Análisis proximal del plátano y camote

El análisis proximal del plátano y camote usada para elaborar las galletas. Los resultados se muestran en la Tabla 11.

Tabla 10: Análisis proximal de la materia prima

ANALISIS	PLATANO	CAMOTE
Variedad	Seda	Morado
Estadio De Madurez	1 (muy verde)	-
Humedad	82.345%	66.518%
Ph	5.66	6.54
Acidez	0.117%	0.013%
Brix	1°	5.2°

PLÁTANO

- **Estadio de madurez:**

El plátano utilizado presento un estadio 1 (muy verde)

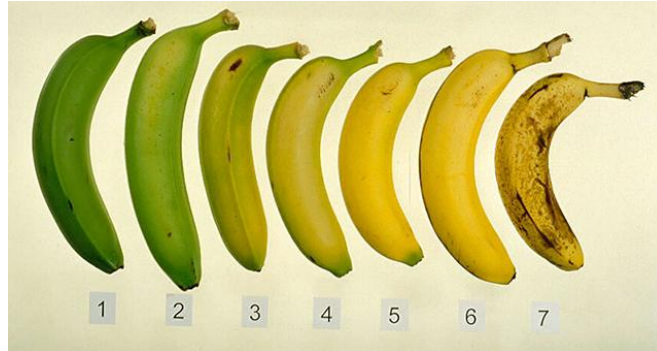


Ilustración 3: Estadio de madurez del plátano

Fuente: Iieh, 2014

- **Humedad:**

El banano tiene un contenido de agua de aproximadamente 83%.
(Zevallos, 2008)

La transpiración es relativamente constante en el fruto verde – maduro, y una vez iniciada la maduración, la velocidad de transpiración es el doble en el fruto maduro que en el verde. (Palmer, 1971)

- **pH:**

La acidez en los frutos es mayor en su estado inmaduro, disminuyendo gradualmente entre los 90 y 100 días. Después de este periodo, el aumento de la acidez es mínimo. En consecuencia, el pH de la pulpa de plátano disminuye durante la maduración, pasando de 5.4 en la fase pre climatérica a 4.5 en la fase post climatérica. (Marriot, 1980)

- **Acidez:**

Durante la maduración se observa un aumento gradual de la acidez en la pulpa, elevándose a un máximo durante o después del periodo climatérico y disminuye un poco a medida que avanza la maduración. Este aumento de acidez se puede deber a una biosíntesis excesiva de ácido oxálico en el estado verde del fruto y a una biosíntesis predominante del ácido málico en periodos posteriores a la madurez.

Los ácidos orgánicos predominantes en la pulpa de plátano son el málico, cítrico y oxálico. Aunque se ha observado que los ácidos cítrico y málico son los más abundantes, también se han identificado trazas de ácido oxálico y tartárico. Según algunas investigaciones, el ácido málico es considerado el principal ácido orgánico no volátil. **(Lodh y Pantastico, 1977)**

- **Brix:**

El almidón, un polisacárido, se acumula hasta los 100 días después de la aparición del fruto, momento en el cual comienza a hidrolizarse intensamente hasta los 110 a 130 días. Como resultado, el azúcar aumenta del 1% a los 120 días al 4% a los 130 días. En las primeras etapas del desarrollo del fruto, la sacarosa es el azúcar principal, mientras que la glucosa y la fructosa prevalecen en etapas posteriores. **(Palmer, 1971)**

Por lo tanto, los plátanos contienen alrededor del 75% de agua y el 25% restante son sólidos, de los cuales un 80% corresponde a glucosa, fructosa y sacarosa. **(Pantástico, 1979)**

CAMOTE

- **Variedad:**

La tonalidad morada es un indicador de alto contenido en antocianinas, que contribuyen a la prevención del cáncer de colon y al retraso del envejecimiento, además de promover la digestión debido a su alto contenido de fibra.

- **Humedad:**

El camote tiene un alto contenido de agua, representando aproximadamente el 95% de su composición. **(Sara, 2012)**

Contenido nutricional del camote: agua 72.8% **(FAO, 2016)**

La humedad en 100 g de camote fresco representa un 70% de su composición promedio. **(Wolfe, 2004)**

El análisis de las propiedades químicas del camote morado muestra un valor de 68.95% a 70.41%. **(Bastidas & De la Cruz, 2010).**

- **pH:**

Se midió la medida a las 5 variedades seleccionadas de camote. Según estos análisis los valores obtenidos fueron de 6.58; 6.36; 6.33; 6.78 y 6.7. **(Rodríguez, 2008)**

Los análisis de las propiedades químicas del camote morado revelan un valor de 6.4 a 6.42. **(Bastidas & De la Cruz, 2010).**

- **Acidez:**

Según la valoración de las características químicas del camote morado el valor debe estar entre 0.012% - 0.021%. **(Bastidas & De la Cruz, 2010).**

- **Brix:**

Se realizó la medida de grados BRIX a las 5 variedades (camote morado, anaranjado, etc.) seleccionadas de batata en la parte final del proyecto. Según estos análisis los valores obtenidos fueron de 7, 8, 10, 12 y 6. **(Rodríguez, 2008)**

5.2. Análisis reológico de la harina de trigo pastelera

5.2.1. Amilografía

La ilustración 7 presenta el amilograma de la harina de trigo, donde se representan el tiempo (min) y la viscosidad (AU) como coordenadas, junto con la temperatura (°C) de la prueba en la parte superior. En el gráfico se observa el inicio de la gelatinización del almidón a 65.4°C, lo que provoca un aumento en la viscosidad hasta alcanzar su valor máximo de 1332 AU a 90.3°C. A partir de este punto, la gelatinización alcanza su máximo nivel y la viscosidad comienza a disminuir.

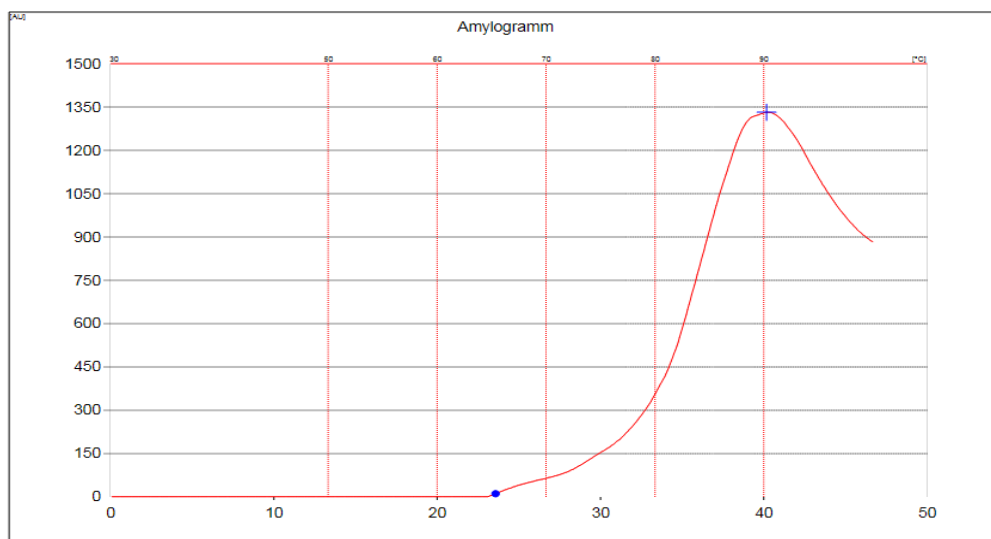


Ilustración 4: Amilografía de la harina de trigo pastelera

Tabla 11: Resumen de parámetros del análisis amilográfico para la harina de trigo

Muestra	Humedad (%)	Inicio de la gelatinización (°C)	Temperatura de gelatinización (°C)	Máximo grado de gelatinización (AU)
Harina de trigo	15.1	65.4	90.3	1332

Los almidones que dan picos altos, tienen la característica de tener un alto poder de hinchamiento. Estos almidones que son capaces de tener un alto grado de hinchamiento son también menos resistentes a la desintegración durante la cocción y por lo tanto presentan una significativa disminución de la viscosidad después de alcanzar el máximo valor. (Brumovsky, 2014)

5.2.2. Extensografía

Los estudios de extensografía permiten determinar el comportamiento a la extensión de la masa midiendo la fuerza, la resistencia y extensibilidad de la masa y características de Panificación (ISO 5530-2, 2012).

La Imagen 8 presenta el extensograma de la harina de trigo, mientras que la Tabla 13 ofrece un análisis más detallado de los parámetros obtenidos en el estudio extensográfico.

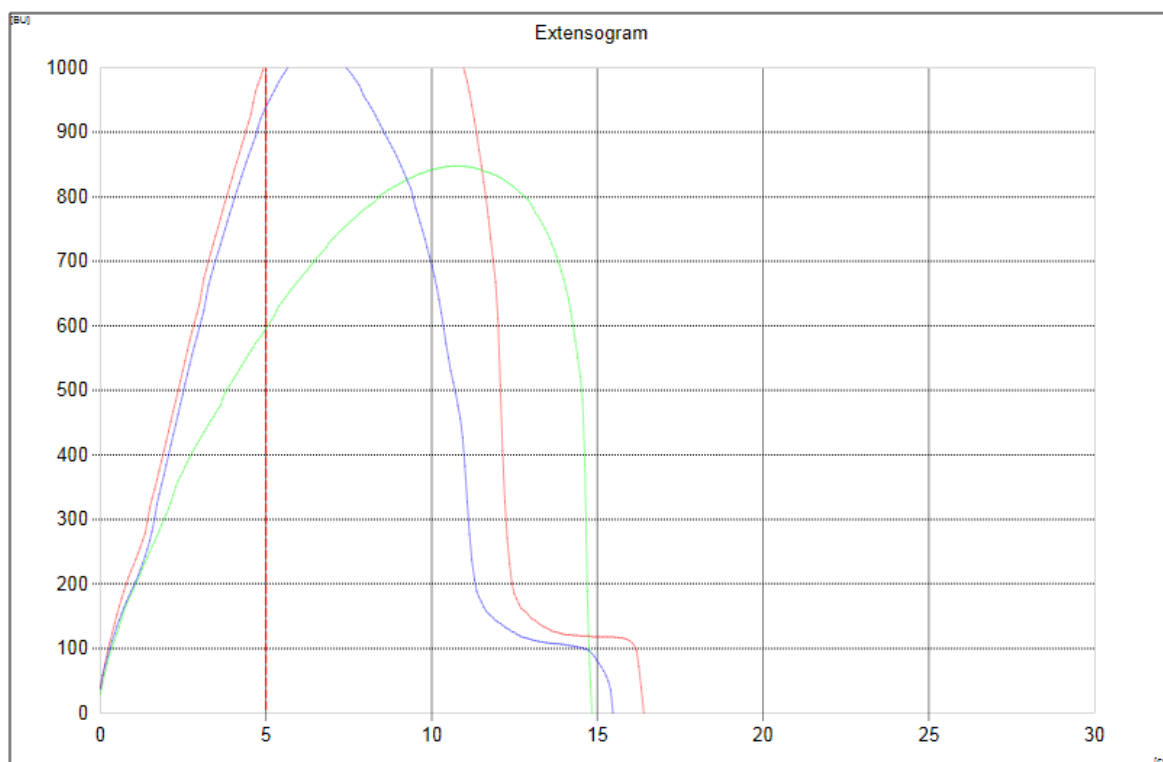


Ilustración 5: Extensograma de la Harina Galletera

La imagen muestra tres curvas que representan el comportamiento de la masa en relación con su extensibilidad (cm) y tenacidad (Unidades BrabenderUB) en distintos tiempos de fermentación: 30 minutos (verde), 60 minutos (rojo) y 90 minutos (azul).

Tabla 12: Características Extensográficas de la Harina Trigo

Parámetros	Harina de trigo		
	30 min	60 min	90 min
Energía cm2	162	199	147
Resistencia a la extensión (BU)	599	1016	944
Extensibilidad (mmm)	148	164	155
Resistencia máxima (BU)	848	1263	1030
Numero proporcional	4.0	6.2	6.1
Numero proporcional máximo	5.7	7.7	6.7

5.3. Análisis proximal de la harina de camote y harina de plátano

Se presentan los hallazgos en la Tabla 14.

Tabla 14: Análisis proximal en las harinas usadas como materia prima

ANALISIS	HARINA DE PLATANO	HARINA DE CAMOTE	HARINA DE TRIGO
Humedad	10.28%	8.69%	15.55%
Cenizas	4.14%	3.18%	2.30%
Proteínas	4.10%	2.80%	9.50%
Grasa	0.97%	0.94%	1.15%
Carbohidratos	80.51%	84.39%	75.69%

FIBRA:

Tabla 13: Fibra Soluble de la H. Plátano y H. Camote

H. PLATANO	H. CAMOTE
2.42%	2.68%

Tabla 14: Fibra Insoluble de la H. Plátano y H. Camote

Muestras	Peso crisol FOS	Peso de Celite	Muestra	Peso final	FIBRA INSOLUBLE
H. CAMOTE	29.8442	0.5009	1.0104	30.3460	3.22%
H. PLATANO	30.2991	0.5040	1.0126	30.8037	3.18%

FIBRA TOTAL:

Tabla 15:Fibra Total de la H. Plátano y H. Camote

H. PLATANO	H. CAMOTE
5.60%	5.90%

COLORIMETRÍA:

Tabla 16: Parámetros del color de la H. Plátano y H. Camote

Parámetros	Colorimetría		
	H. Plátano	H. Camote	H. Trigo
L*	96.42	91.45	29.11
a*	-2.47	1.21	0.08
b*	23.54	13.38	0.28
Cromaticidad (C*)	23.67	13.43	0.29
Angulo de tonalidad (h°)	95.98	84.83	73.53

HARINA DE PLÁTANO:

Humedad:

En la tabla de propiedades fisicoquímicas de la harina de plátano verde, el contenido de humedad encontrado fue de 9.02 ± 0.02 %. (**Garzón, 2011**)

La humedad en el plátano verde es menor que en la harina de trigo. Esto puede considerarse como una ventaja en la elaboración del renglón de panadería como cookies, panes y otros. Además, la obtención de un producto húmedo es uno de los puntos críticos los cuales garantizarán la buena calidad y conservación de los alimentos.

El contenido de humedad fue 12.6%, mayor comparado con el reportado por en harinas de plátano de diferentes variedades 4-6 % (**Aguirre, 2007**) y en la misma variedad utilizada para esta investigación 7.1 % (**Da Mota et al., 2000**). La fluctuación en el contenido de humedad puede ser atribuida al método y tiempo de secado empleados. Un nivel de humedad del 15% en las harinas puede favorecer el desarrollo de microorganismos durante su almacenamiento. Por ello, se controló el contenido de humedad de la harina producida para prevenir este tipo de inconvenientes. (**Juárez García et al., 2006**)

Cenizas:

Con respecto al contenido de cenizas, el valor obtenido fue de 4.638 ± 0.045 (Aguirre, 2007). En un trabajo similar se reportó en harina de plátano de la misma variedad 4.7 %. (Juárez García et al., 2006). Sin embargo, reportaron menos cantidad de cenizas 2.5 % en harina de plátano con la misma variedad (Navia et al., 1995), por otro lado, porcentajes menores de cenizas han sido también reportados en un estudio realizado en harinas de plátano de diferentes variedades (Da Mota et al., 2000).

Proteínas:

El análisis químico proximal de la harina de plátano obtenida mostró un contenido de proteínas de 4.033 ± 0.058 %. (Techeira, 2014)

Grasas:

En este estudio, los niveles de grasa en las harinas superaron los reportados por (Egbebi y Bademosi, 2011), quienes identificaron un contenido de 0.2 % en la harina de plátano verde.

De acuerdo con la tabla de composición de alimentos, la harina de plátano posee 0.4 % de grasa total. (Collazos, 1996)

Respecto a la harina de plátano contiene un 0.54 % de grasa total. (Programa Banano, trigo, soya, 2000)

Fibra:

Según la tabla de resultados obtenidos la harina de plátano verde presentó los siguientes valores: fibra soluble (FS) 2.45%, fibra insoluble (FI) 6.31%, mientras que la fibra dietética total es de 8.76%. (Richard y Labuza, 1990)

El plátano verde es fuente de fibra dietética, y el contenido valórico varía entre 6 % y 15.5 % de fibra total. (Da Mota et al, 2000).

El cuadro de propiedades físico químicas del polvo de plátano indica que aporta 14.94 % de fibra dietética, desglosado en 2.47 % de fibra soluble y 12.47 % de fibra insoluble. **(Vaca, 2014)**

Carbohidratos:

El cuadro de propiedades físico químicas de la harina de plátano nos muestran valores de carbohidratos (por diferencia de componentes) de 79.2%. **(Vaca, 2014)**

Entre 20 y 25% de la pulpa de plátano verde es almidón, el contenido de azúcar cuando está verde es de 1 a 2% y aumenta de 15 a 20% al madurar. La cáscara verde tiene cerca del 3% de almidón, la mayoría en las células adyacentes a la pulpa y se hidroliza durante la maduración con una acumulación de azúcares. **(Palmer, 1971)**

Colorimetría:

Al evaluar este concepto notamos que la harina de plátano tiene un L* (91.45) más alto al de la harina de trigo; por tanto, el color es más claro, demostrando así que los polifenoles están afectando la luminosidad de la harina.

En la valoración del color, se identificaron diferencias significativas en los valores de L, a y b entre las muestras. La harina de batata morada mostró valores de 82.15, 0.29 y 12.87, respectivamente, alcanzando un índice de blancura (WI) de 78.00. Esto indica que esta harina presenta una mayor claridad y una notable inclinación hacia el color blanco. **(Palomino et al., 2010)**

HARINA DE CAMOTE:

Humedad:

La harina de camote empleada para preparar galletas presentó un contenido de humedad de $11 \pm 0.26\%$. Según la Tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos (1998), esta harina posee 9.9% de humedad. **(Ruiz, 2010).**

Cenizas:

Los resultados fueron la aceptación de la harina de camote para preparar galletas, lo siguiente es analizar los resultados con respecto al contenido de cenizas que fue de $5 \pm 0.08\%$. **(Ruiz, 2010)**

La harina de camote presenta un contenido de cenizas de 2.2%. **(Tabla de composición de alimentos industrializados, 1993)**

El camote morado presenta un contenido de cenizas de 3.39%, según los resultados presenta el valor más alto en comparación con otros camotes usados para hacer harinas. **(Techeira, 2014)**

Proteínas:

La molienda de camote contiene un $4.67 \pm 0.21\%$ de proteínas. En la proteína cruda, existen diferencias significativas entre variedades: el camote anaranjado presentó el mayor contenido (12.33%), seguido por la batata blanca (9.43%) y el camote amarillo (9.23%), lo que las posiciona como opciones viables para una sustitución parcial. **(Techeira, 2014).**

La valoración química proximal de la harina de camote reveló un contenido proteico del 2.1%. **(Guevara, 2012)**

Grasas:

En cuanto a las grasas, la H. de camote morado su contenido graso es de del $0.68 \pm 0.02\%$ según su composición química en base seca (Techeira, 2014). Por otro lado, en la valoración general presenta un contenido de grasa total del 0.9%. **(Vargas, 2012)**

Fibra:

Los resultados de fibra dietética señalaron diferencias significativas, con valores que oscilan entre 5.02% y 12.35%, siendo la harina de camote morado la que registró el mayor porcentaje. **(Techeira, 2014)**

Se obtuvo como resultado la aceptación de la harina de camote como base en la producción de galletas, lo siguiente es analizar los resultados con respecto al contenido de fibra que fue de $4 \pm 0.07\%$. **(Ruiz, 2010)**

Carbohidratos:

Según la tabla química las distintas variedades de camote, tanto en su forma de raíz como de harina, se encontró que la harina de camote morado tiene un total de 84.3% carbohidratos. (**Ministerio de Salud, MINSA, 1993**)

HARINA DE TRIGO:

Humedad:

El factor más relevante de calidad de las harinas es su contenido de humedad. Por ello, el Codex Standard establece que el contenido máximo de humedad permitido en la harina de trigo es del 15,5% m/m. (**Codex Standard 152-1985**)

Cenizas:

La harina de trigo contiene 2.5% de cenizas. (**Tabla de composición de alimentos industrializados, 1993**)

Los parámetros establecidos para producción de galletas, es en cuanto al contenido de % cenizas el cual debe estar entre 1.21 – 2.10%. (**UNAD, 2011**)

Proteínas:

Contiene $11.97 + 0.64\%$ de proteínas cuando el trigo es presentado como harina (**Benites, 2008**)

Grasas:

La cantidad de grasas total de la fécula de trigo es de 1.20%. (**Programa Banano, trigo, soya, 2000**).

5.4. Cálculo de Computo Químico de las Formulaciones

Se presenta en la Tabla 19, el cálculo teórico del Cómputo Químico para todas las formulaciones, siguiendo las pautas de (FAO/WHO/UNU, 2007).

Tabla 17: Computo Químico de las Formulaciones del Planteamiento Experimental

FORMULACIONES	% DE SUSTITUCIONES			SCORE QUIMICO (%)									
	% H. Plátano	% H. Camote	%H. Trigo		Isoleucina	Leucina	Lisina	Met + Cis	Fem + Tir	Treonina	Triptófano	Valina	Histidina
1	13	19	68	ESCOLARES	130%	158%	60%	192%	324%	97%	121%	165%	116%
				ADULTOS	280%	365%	135%	235%	376%	304%	219%	318%	138%
2	27	19	54	ESCOLARES	125%	139%	65%	183%	306%	112%	142%	168%	155%
				ADULTOS	271%	321%	179%	224%	356%	350%	257%	325%	185%
3	13	36	51	ESCOLARES	120%	135%	69%	197%	308%	111%	133%	165%	212%
				ADULTOS	260%	312%	189%	242%	357%	346%	242%	319%	252%
4	27	36	37	ESCOLARES	121%	130%	73%	189%	301%	116%	144%	168%	205%
				ADULTOS	261%	301%	200%	232%	350%	363%	260%	323%	243%
5	10	27.5	62	ESCOLARES	122%	140%	64%	196%	311%	108%	130%	165%	190%
				ADULTOS	265%	325%	176%	241%	362%	336%	236%	318%	226%
6	30	27.5	42	ESCOLARES	123%	133%	70%	184%	302%	115%	145%	168%	180%
				ADULTOS	265%	308%	193%	226%	351%	361%	263%	325%	214%
7	20	15	65	ESCOLARES	126%	144%	61%	185%	311%	108%	136%	167%	147%
				ADULTOS	273%	332%	168%	227%	361%	338%	247%	323%	174%
8	20	40	40	ESCOLARES	119%	130%	73%	194%	303%	115%	139%	166%	220%

9	20	27.5	52	ADULTOS	258%	301%	200%	238%	352%	358%	252%	321%	261%
				ESCOLARES	123%	137%	67%	190%	307%	112%	138%	167%	185%
10	20	27.5	52	ADULTOS	265%	316%	185%	233%	356%	349%	250%	322%	220%
				ESCOLARES	123%	137%	67%	190%	307%	112%	138%	167%	185%
11	20	27.5	52	ADULTOS	265%	316%	185%	233%	356%	349%	250%	322%	220%
				ESCOLARES	123%	137%	67%	190%	307%	112%	138%	167%	185%
				ADULTOS	265%	316%	185%	233%	356%	349%	250%	322%	220%

Tabla 18: Valores de Lisina en las formulaciones de las galletas

FORMULACIONES	% DE SUSTITUCIONES			SCORE QUIMICO	
	% H. Plátano	% H. Camote	% H. Trigo	DIRIGIDO A:	Lisina
1	13	19	68	ESCOLARES	49%
				ADULTOS	135%
2	27	19	54	ESCOLARES	65%
				ADULTOS	179%
3	13	36	51	ESCOLARES	69%
				ADULTOS	189%
4	27	36	37	ESCOLARES	73%
				ADULTOS	200%
5	10	27.5	62	ESCOLARES	64%
				ADULTOS	176%
6	30	27.5	42	ESCOLARES	70%
				ADULTOS	193%
7	20	15	65	ESCOLARES	61%
				ADULTOS	168%
8	20	40	40	ESCOLARES	73%
				ADULTOS	200%
9	20	27.5	52	ESCOLARES	67%
				ADULTOS	185%
10	20	27.5	52	ESCOLARES	67%
				ADULTOS	185%
11	20	27.5	52	ESCOLARES	67%
				ADULTOS	185%
12	0	0	100	ESCOLARES	47
				ADULTOS	130

El score químico calcula los aminoácidos esenciales limitantes de un alimento. La WHO/FAO/UNU (2007) establece que el valor mínimo sugerido para la lisina (aminoácido limitante) es del 70%.

Haciendo el score químico, se determinó que las galletas tienen un alto contenido de proteínas gracias a la harina de trigo, harina de plátano y harina de camote, que combinando logran un producto con un alto valor proteico. Podemos notar que las formulaciones que cumplen lo establecido por la WHO/FAO/UNU son el E4, E6 y E8, estos presentan mayor sustitución de harina de plátano y harina de camote presentando una galleta nutritiva; mientras que las demás formulaciones presentan valores de 60% a más. Cada una de las formulaciones presenta un valor mayor al % de lisina (aminoácido limitante) que tiene una galleta hecha solo de harina de trigo.

Esto con respecto si el público objetivo son niños de edad escolar; pero si el producto se dirige para adultos todas las formulaciones cumplen con lo establecido superando este valor, lo que dicho en otras palabras significa que se logró una buena combinación de alimentos para generar una galleta con alto valor proteico.

5.5. Evaluación de calidad en galletas

5.5.1. Color instrumental

Se valoró el color de las galletas conforme al diseño experimental. Los valores de L, a*, b*, C* y h° son los siguientes:

Tabla 19: Color de las muestras de galletas de acuerdo al diseño experimental (Día 0)

% H. Plátano	% H. Camote	L*	a*	b*	C*	h °
13	19	54.39	9.05	41.24	43.65	79.56
27	19	44.69	9.9	31.83	31.83	76.54
13	36	52.80	8.47	37.55	38.5	77.24
27	36	49.61	7.62	35.41	35.87	74.01
10	27.5	51.95	7.82	37.25	38.06	78.04
30	27.5	45.82	8.93	32.88	36.52	73.56
20	15	53.03	7.72	38.03	39.58	78.49

20	40	51.41	8.38	38.01	35.65	73.58
20	27.5	55.78	8.26	39.37	40.23	77.89
20	27.5	55.98	8.19	38.8	40.95	77.20
20	27.5	56.54	7.74	39.99	40.74	77.99

L*: luminosidad; C*: cromaticidad; h*: ángulo de tonalidad

a) Luminosidad (L*):

En el modelo, el parámetro L* representa la luminosidad de color. Los valores altos indican que la superficie de las galletas es clara y los valores bajos indican que la superficie es oscura. (Gunter, 1982)

Con los resultados obtenidos el Día 0, los coeficientes de la regresión (con su error estándar, valor-t y valor-p) ajustados ($p < 0.05$) están en el cuadro descritos:

Tabla 20: Coeficientes de regresión del parámetro de color (L*) de las galletas en (Día 0)

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T(5)	Valor – p
Media	56.08678	0.680730	82.39215	0.000000
% H. Plátano	-5.35712	0.830155	-6.45316	0.001330
% H. Plátano (Q)	-7.25780	0.983565	-7.37907	0.000718
% H. Camote	0.22766	0.817918	0.27834	0.791898
% H. Camote (Q)	-3.75415	0.936365	-4.00928	0.010229
% H. Plátano x % H. Camote	3.25500	1.179991	2.75849	0.039906

El % H. Plátano, % H. Plátano (Q), % H. Camote (Q) y % H. Plátano x % H. Camote, presentaron un valor p inferior a 0.05, que indica un impacto significativo en la luminosidad de las galletas. El coeficiente de determinación fue 0.95533, lo que permitió desarrollar un modelo de respuesta para la variable L* en las galletas.

En el cuadro ANOVA (Tabla 23) del modelo ajustado, el valor Fcal superior a Ftab es (5.05) ($p < 0.05$).

Tabla 21: ANOVA del parámetro de color (L*) de las galletas (Día 0)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Fcal
Regresión	166.8837	5	166.8837	119.8550
Residuos	6.9619	5	1.39238	
Total	155.8446	10		

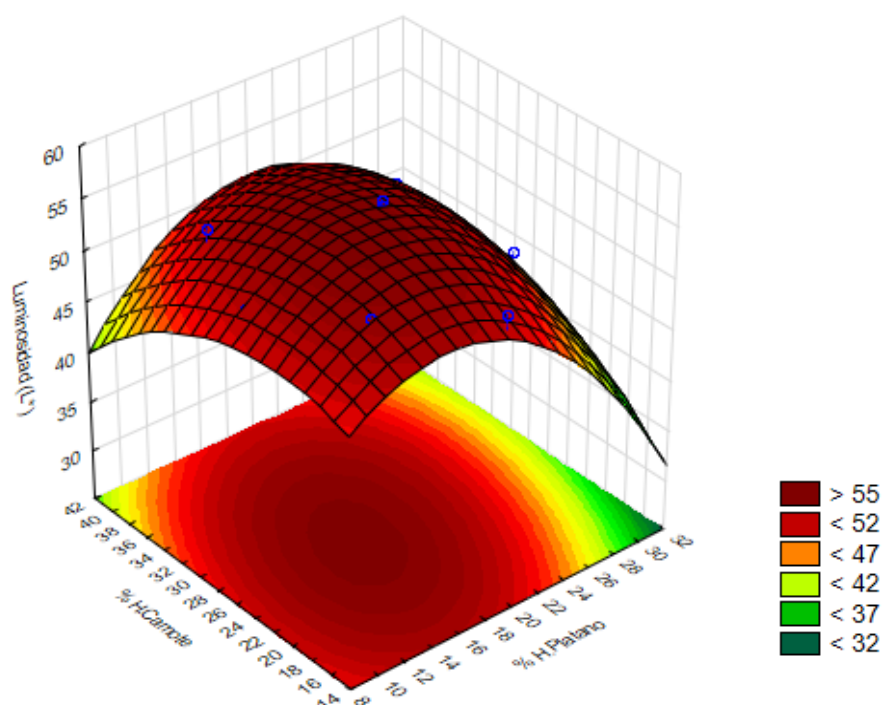
En el cuadro de ANOVA, se pudo obtener el modelo codificado de respuesta para L* en el color de las galletas (Día 0).

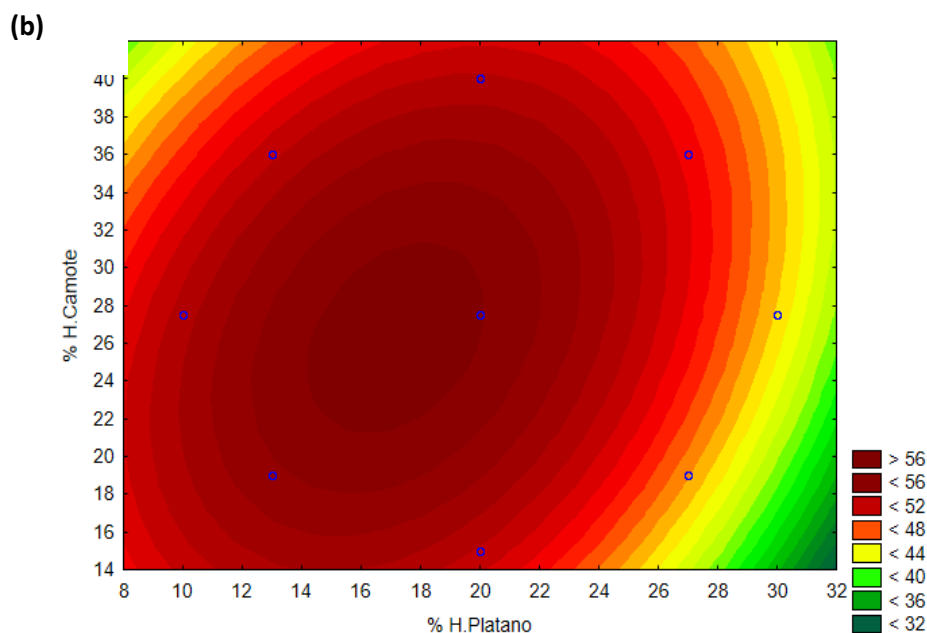
La ecuación fue:

$$L^*Dia\ 0 = 56.08678 - 5.35712 * X_1 - 7.25780 (X_1)^2 + 0.22766 * X_2 - 3.75415 (X_2)^2 + 3.25500 * X_1 * X_2$$

Es así que se pudo construir los gráficos (Gráfico1).

(a)





Gráfica 1: La superficie de respuesta (a) y las curvas de contorno (b) para el parámetro L^* del color de las galletas en relación con el % H. Plátano y % H. Camote (Día 0).

Se notó que las formulaciones con mayor porcentaje de sustitución de % H. Plátano y % H. Camote mostraron un valor de L^* más bajo, lo que resultó en un color más oscuro en las galletas en comparación con aquellas con menor sustitución de estos ingredientes. Las formulaciones E9, E10 y E11 exhibieron una luminosidad significativamente mayor.

Según la teoría de luminosidad nos dice que a valores altos tendremos una galleta de superficie clara, por tanto, si miramos el gráfico de curvas de contorno notaremos que estos valores están representados por valores desde 22% hasta el 32% de sustitución en relación a la harina de camote, finalmente se puede afirmar que el brillo de las galletas está relacionado con la calidad de esta harina.

También podemos notar la misma influencia respecto a la harina de plátano, pero en este caso los valores con mayor luminosidad van desde el 14% hasta un 22% lo cual nos indica que obtendremos unas galletas con una superficie clara, valores

mayores a este valor nos pueden presentar tonalidades más oscuras.

Se descubrió que la harina de banano tiende a oscurecer el color de las galletas a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de harina de trigo. (Mohamed, 2010) confirmándose así lo obtenido en los gráficos mostrados.

Finalmente se concluyó que existe una relación directa entre la sustitución de harina de camote y plátano, para lo cual se recomienda trabajar con valores de sustitución bajos porque obtendremos una luminosidad aceptable, dicha de otra manera una superficie clara similar a una galleta comercial hecha solo de harina de trigo, la cual podrá tener mayor aceptación por parte de los consumidores.

Una luminosidad adecuada puede mejorar la apariencia visual y la percepción del consumidor sobre la calidad del producto. Para lograr una luminosidad deseada, es fundamental controlar cuidadosamente los ingredientes, el proceso de horneado y las condiciones de almacenamiento.

b) Cromacidad o saturación (C^*):

La cromacidad es una medida de la intensidad o pureza del color y se mide en una escala que va desde el mínimo hasta el máximo, según el sistema de color utilizado. El valor máximo de C^* para el modelo de color CIELAB, que se utiliza en la industria alimentaria, depende de la combinación de a^* y b^* .

Con los resultados obtenidos el Día 0, se determinó los coeficientes de la regresión (error estándar, valor-t y valor-p) ajustada ($p < 0.05$) se muestran en la tabla 24.

Tabla 22: Coeficientes de regresión para el parámetro de cromacidad (C*) en las galletas en el (Día 0)

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T(5)	Valor – p
Media	40.63544	1.202558	33.79083	0.000000
% H. Plátano	-4.12045	1.466529	-2.80966	0.037563
% H. Plátano (Q)	-3.34751	1.737539	-1.92658	0.111980
% H. Camote	-1.65506	1.444912	-1.14544	0.303875
% H. Camote (Q)	-2.85473	1.654156	-1.72579	0.144976
% H. Plátano x % H. Camote	4.59500	2.084540	2.20432	0.078665

Según los resultados, al tener un valor de $p < 0.05$ para el % H. Plátano, se concluye que este factor influye significativamente en el parámetro C* (Día 0) del color de las galletas. El coeficiente de determinación fue de 0.7931, lo que posibilita la creación de un modelo de respuesta.

Los resultados de la ANOVA (Tabla 25) mostraron que Fcal superó a Ftab (5.05) para $p < 0.05$, lo que permitió establecer un modelo de respuesta para el rango de los parámetros.

Tabla 23: ANOVA del parámetro de color (C*) de las galletas (Día0)

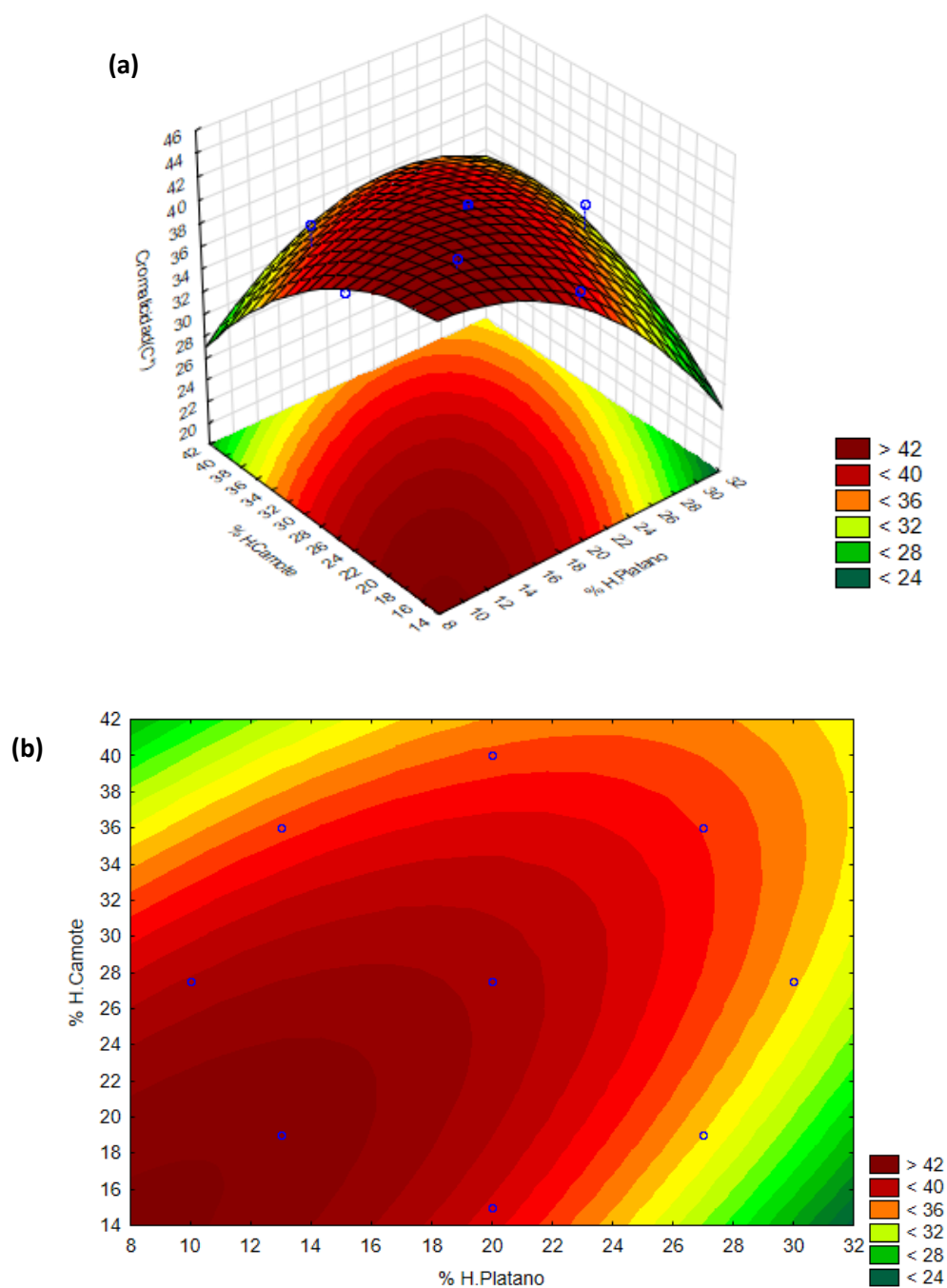
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Fcal
Regresión	90.1887	5	87.11103	20.755361
Residuos	21.7265	5	4.34531	
Total	105.0091	10		

Se logró determinar el modelo codificado de respuesta para el parámetro C* en el color de las galletas (Día 0).

La ecuación fue:

$$C^*_{Día 0} = 40.63544 - 4.12045 \cdot X_1 - 3.34751 (X_1)^2 - 1.65506 (X_2) - 2.85473 (X_2)^2 + 4.59500 \cdot X_1 \cdot X_2$$

Se pudo construir los siguientes gráficos:



Gráfica 2: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro C^* del color de la galleta en función del % H. Plátano y % H. Camote (Día 0).

La cromacidad refleja la intensidad o saturación de un color, definida por la distancia entre un color cromático y el color neutral (gris) con el mismo valor. Un aumento en el croma indica mayor brillo, mientras que una disminución señala mayor opacidad. (X- Rite, 2002)

Podemos notar que todos los ensayos en general presentan un alto valor de cromaticidad, esto estuvieron entre 24 y 42. Lo cual nos indica que a medida que aumentamos la sustitución de % H. Camote y % H. Plátano la galleta adquiere un color más opaco. Para obtener galletas con un color intenso es necesario trabajar con sustituciones bajas en relación a ambas harinas. Las formulaciones E1, E5, E9, E10 y E11 presentaron una buena intensidad.

El color de las galletas puede variar según la cantidad de harina de sustitución, azúcar y fibra utilizada para su elaboración, lo que afecta los valores de a y b.

Un valor de C* más alto indica colores más intensos y vibrantes, mientras que un valor más bajo sugiere colores más apagados o menos saturados.

c) Angulo de tono (h°)

El parámetro determina la tonalidad o color de la muestra. Valores cercanos a 90° (+b*) indican un tono amarillo, mientras que valores cercanos a 180° (-a*) reflejan una tendencia hacia tonos verdes. Un valor intermedio de 135° sugiere una tonalidad verde-amarillo o verde limón.

Tabla 24: Coeficientes de regresión del ángulo de tono(h°) en las galletas en (Día 0)

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T(5)	Valor – p
Media	77.72119	0.389262	199.6629	0.000000
% H. Plátano	-3.13056	0.474708	-6.5947	0.001205
% H. Plátano (Q)	-1.46123	0.562433	-2.5980	0.048364
% H. Camote	-2.89975	0.467711	-6.1999	0.001594
% H. Camote (Q)	-1.18400	0.535442	-2.2113	0.077981
% H. Plátano x % H. Camote	-0.10500	0.674755	-0.1556	0.882426

El % H. Plátano, % H. Plátano (Q) y % H. Camote presentaron un valor-p menor a 0.05, indicando un impacto significativo en el ángulo tono de las galletas. El coeficiente de determinación fue 0.94784, este permite desarrollar un modelo predictivo para la variable h°. La varianza (ANOVA) del modelo ajustado (ver Tabla 27), el valor calculado de F (Fcal) superó al valor tabular (Ftab = 5.05), confirmando la significancia estadística (p<0.05).

Tabla 25: ANOVA del ángulo de tono (h°) de las galletas (Día 0)

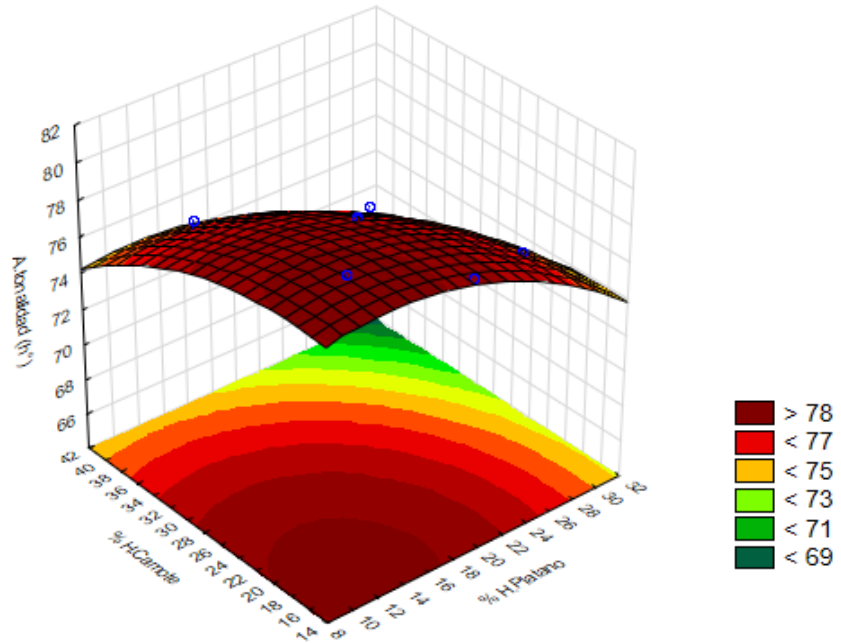
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Fcal
Regresión	42.61203	5	42.61203	93.59219
Residuos	2.27647	5	0.45529	
Total	43.64225	10		

Los resultados de la ANOVA permitieron delinear el patrón matemático de superficie de respuesta del peso de las galletas elaboradas con distintas sustituciones parciales de harina en el Día 0.

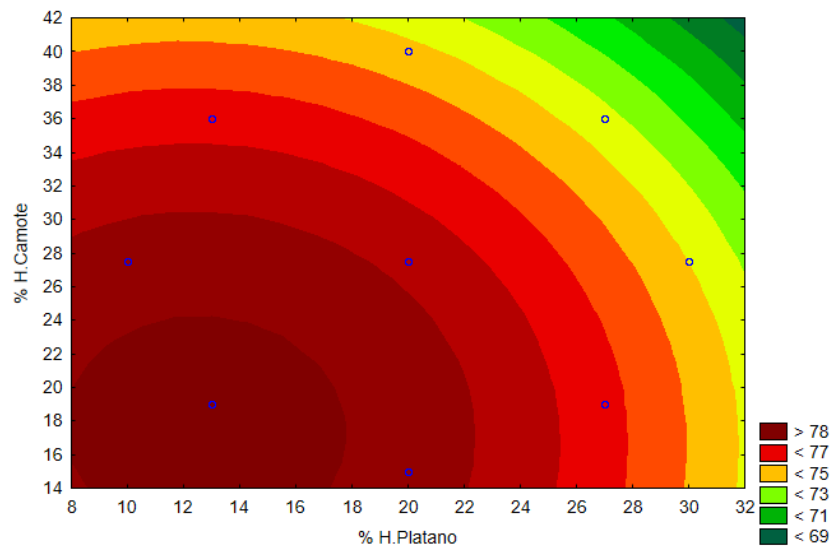
La ecuación completa fue:

$$h^{\circ} \cdot \text{Día 0} = 77.72119 - 3.13056 \cdot X_1 - 1.46123 \cdot (X_1)^2 - 2.89975 \cdot X_2 - 1.18400 \cdot (X_2)^2 - 0.10500 \cdot X_1 X_2$$

(a)



(b)



Gráfica 3: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro (h°) de las galletas en función del % H. Plátano y % H. Camote (Día 0)

La gráfica (b) muestra que, con bajos niveles de sustitución de harina de camote y plátano, los valores de (h°) son más altos, mientras que un aumento en la sustitución de ambas harinas resulta en valores menores de (h°). Los experimentos que obtuvieron mayores (h°) fueron E1, E5, E7, E9, E10 y E11, dado

que estos experimentos tienen sustituciones de 15-30% de harina de camote y 13 - 22% harina de plátano.

Se observa que al superar el 35% de sustitución con harina de camote y el 25% con harina de plátano, los valores de (h°) disminuyen. Por el comportamiento de la gráfica es necesario que la sustitución de ambas harinas sea proporcional ambas pueden presentarse en valores bajos o altos y aun así presentan una buena característica en las galletas, por el contrario, si una de las sustituciones de las harinas es mucho mayor que la otra, esta afectará las galletas haciendo que adquieran tonalidades oscuras.

5.5.2. Peso

La Tabla 28 presenta los valores de los pesos obtenidos el Día 0, en la medición del peso de las muestras de galletas.

Tabla 26: Pesos de las galletas según el diseño experimental del Día 0

EXPERIMENTO	% H. Plátano	%H. Camote	PESO (gr)
			Día 0
E1	13	19	8.7630
E2	27	19	8.4872
E3	13	36	8.3813
E4	27	36	8.0923
E5	10	27.5	8.5645
E6	30	27.5	8.2091
E7	20	15	8.5452
E8	20	40	8.1092
E9	20	27.5	8.4082
E10	20	27.5	8.4233
E11	20	27.5	8.4652

Tabla 27: Coeficientes de regresión para el peso en las galletas en el (Día 0)

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T(5)	Valor – p
Media	8.434543	0.033460	252.0801	0.000000
% H. Platano	-0.265420	0.040804	-6.5047	0.001282
% H. Plátano (Q)	-0.011834	0.048345	-0.2448	0.816352
% H. Camote	-0.340596	0.040203	-8.4719	0.000376
% H. Camote (Q)	-0.068144	0.046025	-1.4806	0.198799
% H. Platano x % H. Camote	-0.006600	0.058000	-0.1138	0.913830

El % H. Camote y % H. Plátano mostró que p es menor a 0.05, evidenciando un efecto significativo sobre el peso de las galletas y el coeficiente de determinación fue 0.95879, se logró formular un modelo de respuesta para la variable peso.

El ANOVA del modelo ajustado (Tabla 30), el valor calculado de F (Fcal) superó al valor tabular (Ftab = 5.05), con una significancia estadística de $p < 0.05$.

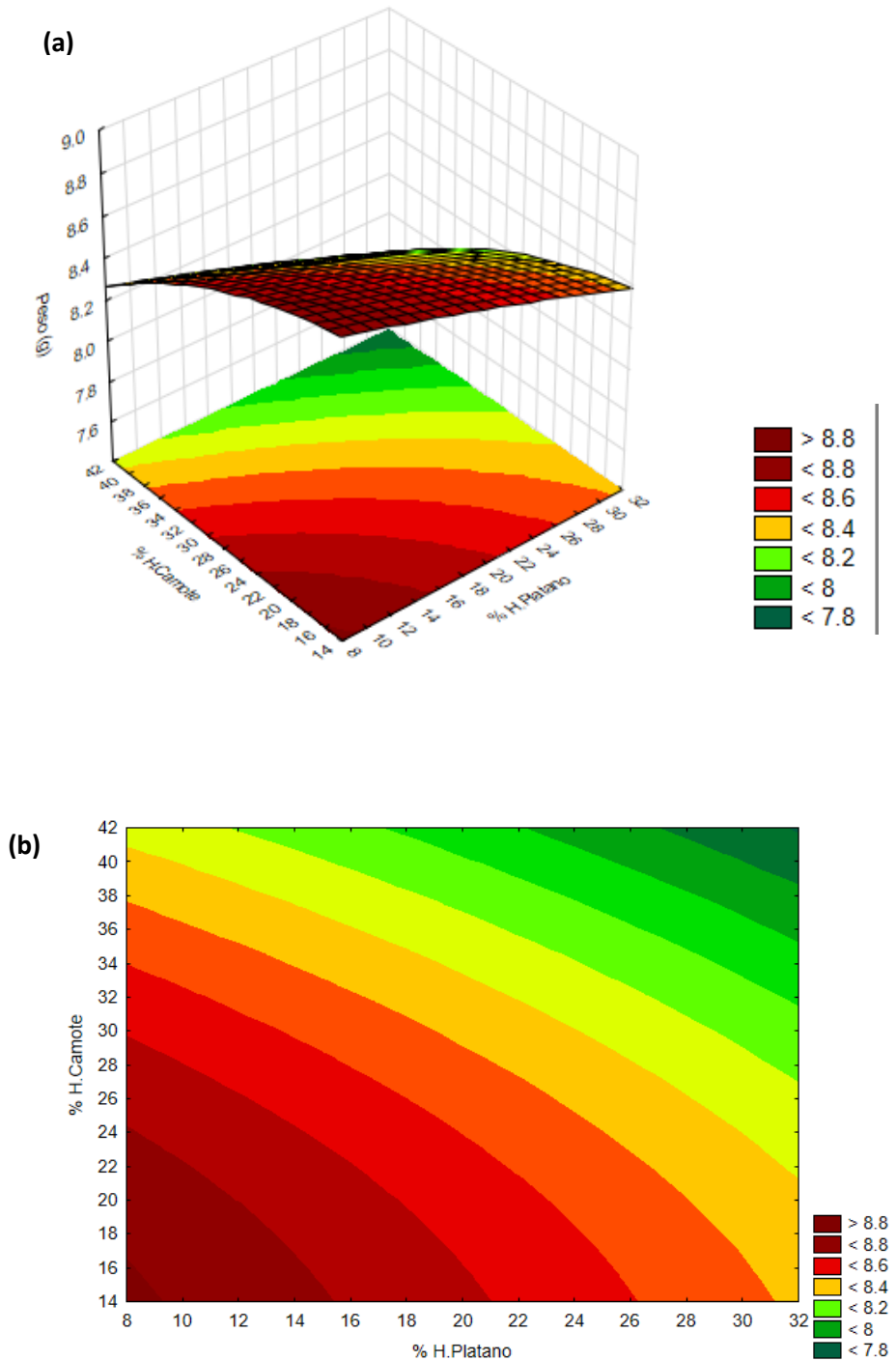
Tabla 28: ANOVA del peso (gr) de las galletas (Día 0)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Fcal
Regresión	0.391398	5	0.391398	116.349268
Residuos	0.016820	5	0.003364	
Total	0.408200	10		

El análisis de varianza (ANOVA) facilitó la construcción de un modelo matemático de superficie de respuesta que describe el peso de las galletas elaboradas con distintas sustituciones parciales de harina el Día 0.

La ecuación resultante fue:

$$\text{Peso} \cdot \text{Dia } 0 = 8.434543 - 0.265420 \cdot X_1 - 0.011834 \cdot (X_1)^2 - 0.340596 \cdot X_2 - 0.068144 \cdot (X_2)^2 - 0.006600 \cdot X_1 X_2$$



Gráfica 4: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el peso de las galletas en función del % H. Camote y %H. Plátano (Día 0)

La gráfica (b) muestra que, con bajos niveles de sustitución de harina de camote y plátano, los pesos de las galletas son más altos, mientras que un incremento en la sustitución de ambas harinas resulta en pesos menores. Los mayores pesos se registraron en los experimentos E1, E5 y E9, correspondientes a sustituciones del 14-28% de harina de camote y del 8-20% de harina de plátano. En contraste, cuando la sustitución supera el 30% de harina de camote y el 25% de harina de plátano, los pesos disminuyen significativamente.

Según estudios realizados, las galletas elaboradas con harina de plátano mostraron una reducción en su peso al incorporar sustituciones. Con un 5% de sustitución, el peso disminuyó un 0,98%; al 10%, se mantuvo en un 0,98%; y con un 25%, la reducción alcanzó un 1,1% en comparación con las galletas sin sustitución. Además, al aumentar la proporción de se observó que el aumento sustitución disminuía el peso progresivamente.

El reemplazo del 25% de harina de plátano produjo un menor peso en las galletas en comparación con otros niveles de sustitución. Por ello, se sugiere utilizar porcentajes inferiores al 25%. **(De la Vega, 2011)**

La dilución del gluten y las interacciones químicas entre el gluten y el material fibroso son las razones por las que los productos de panificación elaborados a base de fibra pierden peso. **(POMERANZ et al., 1977; CHEN et al., 1988).**

5.5.3. Humedad

Tabla 29: Humedad de las galletas de acuerdo al diseño experimental del Día 0.

EXPERIMENTO	% H. Platano	%H. Camote	HUMEDAD (%)
			Día 0
E1	13	19	3.276
E2	27	19	4.802
E3	13	36	5.389
E4	27	36	5.789
E5	10	27.5	3,291
E6	30	27.5	5.689
E7	20	15	3.467
E8	20	40	5.782
E9	20	27.5	5.287
E10	20	27.5	5.281
E11	20	27.5	5.276

Mediante los datos recolectados en el Día 0, se calcularon los coeficientes de la regresión (error estándar, valor t, valor p) ajustados ($p < 0.05$), los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 30: Coeficientes de regresión del parámetro de humedad en las galletas en (Día 0)

	Coefficiente de regresión	Error Estándar	T (5)	Valor – p
Media	5.288778	0.155688	33.97032	0.000000
% H. Plátano	1.324414	0.189863	6.97563	0.000932
% H. Plátano (Q)	-0.670149	0.224949	-2.97911	0.030831
% H. Camote	1.562573	0.187064	8.35313	0.000402
% H. Camote (Q)	-0.514004	0.214154	-2.40016	0.061609
% H. Plátano x % H. Camote	-0.563000	0.269873	-2.08616	0.091344

El % H. Plátano, % H. Plátano (Q) y % H. Camote presentó un valor p menor de 0.05, se puede decir que existe un efecto significativo en la humedad. El coeficiente de determinación fue 0.96404, lo que permitió desarrollar un modelo de respuesta para la variable humedad. En el ANOVA del modelo ajustado (Tabla 33), el valor Fcal superó a Ftab (5.05), con un valor $p < 0.05$.

Tabla 31: ANOVA de la humedad de las galletas (Día 0)

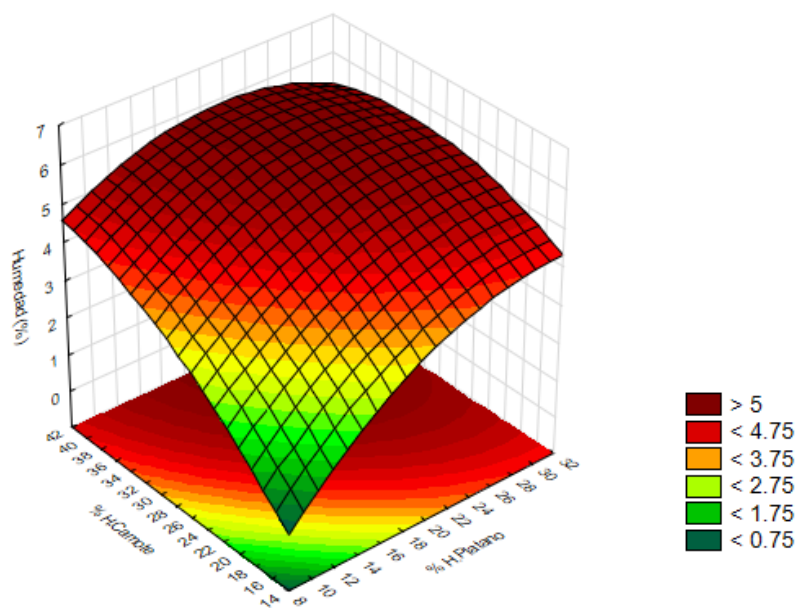
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Fcal
Regresión	10.00867	5	10.00867	137.42217
Residuos	0.36416	5	0.072832	
Total	10.12590	10		

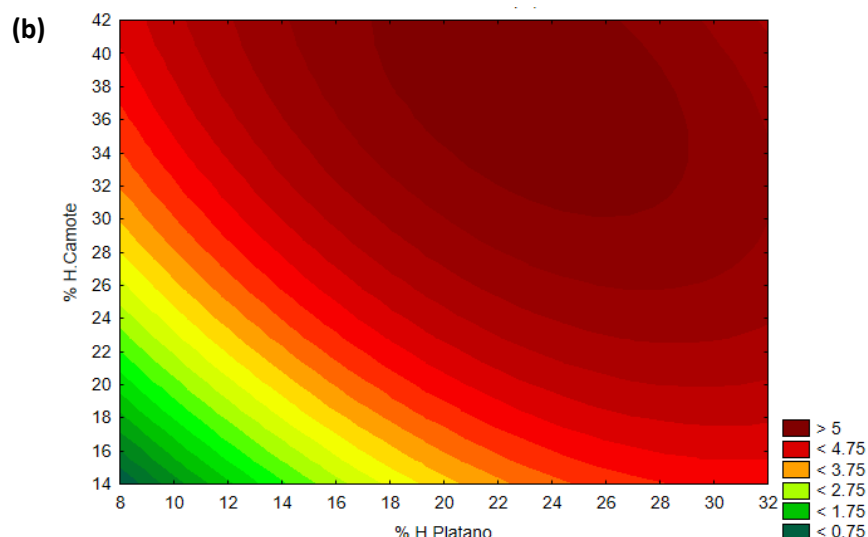
Los resultados del ANOVA permitieron determinar el modelo codificado de respuesta para H* en las galletas (Día 0).

La ecuación fue:

$$\text{Humedad}^*_{Día0} = 5.288778 + 1.324414 * X1 - 0.670149(X1)^2 + 1.562573 * X2 - 0.514004 (X2)^2 - 0.563000 * X1 * X2$$

(a)





Gráfica 5: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro de la humedad de las galletas en función del % H. Plátano y %H. Camote (Día 0)

Los experimentos con mayor sustitución de % H. Plátano y % H. Camote nos van a reflejar valores altos de humedad. Las formulaciones más apropiadas son la (E1, E5, E7 y E9), estas son las que contienen menos sustitución por tanto presentan menos humedad haciendo que la vida útil de las galletas sea prolongada.

Si queremos tener formulaciones que aseguren la estabilidad de las galletas es necesario controlar la humedad adecuadamente, para ello se considera hasta una sustitución del 20% de harina de plátano y con respecto a la de camote hasta un 30%, se puede aceptar, pero si excedemos la sustitución la humedad crecerá y por tanto habrá cambios en la textura, crecimiento de microorganismos y cambios organolépticos.

Los límites máximos permisibles son de 12% de humedad. Otro punto importante es considerar el material del empaque ya que debe evitar la absorción del agua del medio ambiente.

La cantidad de harina de camote en las formulaciones influye la humedad. Esta retiene más agua que la de trigo y pierde menos durante el horneado de las galletas. Además, la harina de camote presenta un

nivel de humedad inferior al de la harina de trigo. **(Ruiz & Rodríguez, 2009)**

Al comparar las distintas sustituciones con la galleta control, se observa que la formulación con un 10% de sustitución es comparable a la formulación control. **(Torres, 2007).**

Se encontró que las harinas de plátano verde tenían un índice de absorción de 3,32, lo que indicaba una menor cantidad de carbohidratos. **(González, 2006)**

Al analizar esta teoría, se comprobó que los resultados obtenidos en los análisis de fibra para la harina de plátano y de camote fueron del 2.42% y 2.68%, respectivamente. Es por ello que si lo comparamos con el gráfico (b) de curvas de contorno notaremos que el comportamiento de la gráfica es correcto ya que ambas harinas por tener más fibra absorberán más humedad a mayor sustitución.

La elevada concentración de fibra en la harina de plátano verde le permite retener agua debido a su contenido de gomas y mucílagos. **(Locker et al., 1991)**

Los valores de humedad para las galletas a base de harina con trigo y plátano verde oscilaron entre 2,73 y 4,92%. **(Maldonado y Pacheco, 2000).**

5.5.4. Volumen Especifico

Tabla 32: Volumen Especifico (ml/gr) de las galletas de acuerdo al diseño experimental del Día 0

EXPERIMENTO	% H. Plátano	%H. Camote	Volumen Especifico(ml/gr)
			Día 0
E1	13	19	1.468
E2	27	19	1.471
E3	13	36	1.477
E4	27	36	1.481
E5	10	27.5	1.465
E6	30	27.5	1.487
E7	20	15	1.480
E8	20	40	1.490
E9	20	27.5	1.476
E10	20	27.5	1.472
E11	20	27.5	1.466

Tabla 33: Coeficientes de regresión para el volumen especifico en las galletas en el (Día 0).

	Coefficiente de regresión	Error Estándar	T (5)	Valor – p
Media	1.471144	0.003591	409.6761	0.000000
% H. Plátano	0.009510	0.004379	2.1716	0.081974
% H. Plátano (Q)	0.001899	0.005189	0.3660	0.729344
% H. Camote	0.008097	0.004315	1.8767	0.119386
% H. Camote (Q)	0.010267	0.004940	2.0786	0.092228
% H. Plátano x % H. Camote	0.000500	0.006225	0.0803	0.939095

Ninguna de las variables ni su interacción presentó un valor-p inferior a 0.05, como se indica en la (Tabla 35). El coeficiente de determinación fue de (0.71687). Por lo tanto, bajo las condiciones evaluadas, no fue posible desarrollar un modelo predictivo basado

en las variables analizadas con un nivel de significancia del 5% para el Día 0.

El volumen específico depende de la cantidad de gluten, índice de absorción de agua, entre otros.

El volumen específico tiene relación con la fuerza de masa. La fuerza de masa se debilita por causa de la adición de fibra y azúcar, que compiten por agua con el gluten debilitando la red de gluten. (Terracones, 2011)

5.5.5. pH

Tabla 34: pH de las galletas de acuerdo al diseño experimental del Día 0

EXPERIMENTO	% H. Plátano	%H. Camote	Ph
			Día 0
E1	13	19	6.925
E2	27	19	7.470
E3	13	36	7.925
E4	27	36	7.000
E5	10	27.5	7.725
E6	30	27.5	7.560
E7	20	15	7.945
E8	20	40	7.920
E9	20	27.5	7.495
E10	20	27.5	8.065
E11	20	27.5	7.897

Tabla 35: Coeficientes de regresión para el pH en las galletas en el (Día 0).

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T (5)	Valor – p
Media	7.800114	0.208417	37.42552	0.000000
% H. Plátano	-0.130641	0.253830	-0.51468	0.628711
% H. Plátano (Q)	-0.385760	0.300515	-1.28366	0.255528
% H. Camote	0.125711	0.249835	0.50318	0.636217
% H. Camote (Q)	-0.080061	0.286745	-0.27921	0.791267
% H. Plátano x % H. Camote	-0.731508	0.360161	-2.03106	0.097979

Como observamos en el cuadro anterior ninguna de las variables estudiadas presentó un valor – p menor de 0.05, lo cual indica que no tienen un efecto significativo en relación al pH de las galletas. El coeficiente de determinación fue de 0.56176, lo que sugiere que no es posible crear un modelo de predicción para la variable pH.

Por tanto, podemos deducir que no existe diferencia significativa entre cada uno de los experimentos, ya que el valor del pH es casi constante entre cada uno de ellos.

En base a esto, podemos decir que las harinas tanto de plátano y camote no influyen negativamente en el producto, sino que se complementan entre sí ofreciéndonos un producto estable, con buenas características.

El pH de los tratamientos del diseño experimental AxBxC varió entre 6.5 y 6.8, lo cual se atribuye a los ingredientes empleados en la preparación de las galletas. No se observó una diferencia significativa entre los tratamientos ni interacción entre los factores estudiados, lo que sugiere que el porcentaje de harina de banano, la glucosa y el tiempo de horneado no afectan el pH del producto. (Gallegos, 2013).

5.5.6. Acidez Titulable

Tabla 36: Acidez titulable de las galletas de acuerdo al diseño experimental del Día 0

EXPERIMENTO	% H. Plátano	%H. Camote	Acidez Día 0
E1	13	19	0.068
E2	27	19	0.082
E3	13	36	0.084
E4	27	36	0.092
E5	10	27.5	0.073
E6	30	27.5	0.087
E7	20	15	0.070
E8	20	40	0.089
E9	20	27.5	0.078
E10	20	27.5	0.077
E11	20	27.5	0.079

Tabla 37: Coeficientes de regresión de la acidez titulable en las galletas en el (Día 0).

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T (5)	Valor – p
Media	0.077684	0.000865	89.82572	0.000000
% H. Plátano	0.010484	0.001053	9.95369	0.000175
% H. Plátano (Q)	0.002915	0.001247	2.33753	0.066585
% H. Camote	0.012926	0.001037	12.46850	0.000059
% H. Camote (Q)	0.002588	0.001190	2.17505	0.081621
% H. Plátano x % H. Camote	-0.003030	0.001494	-2.02767	0.098403

Las variables % H. Plátano y % H. Camote obtuvieron un valor-p menor a 0.05 como se observa en la (Tabla 39). El coeficiente de determinación fue 0.98138, lo que facilitó la creación del modelo de respuesta para la variable acidez

El ANOVA del modelo ajustado (Tabla 40), el valor F calculado superó al valor F tabulado (5.05), con un $p < 0.05$.

Tabla 38: Coeficientes de regresión de la acidez titulable en las galletas en el (Día 0).

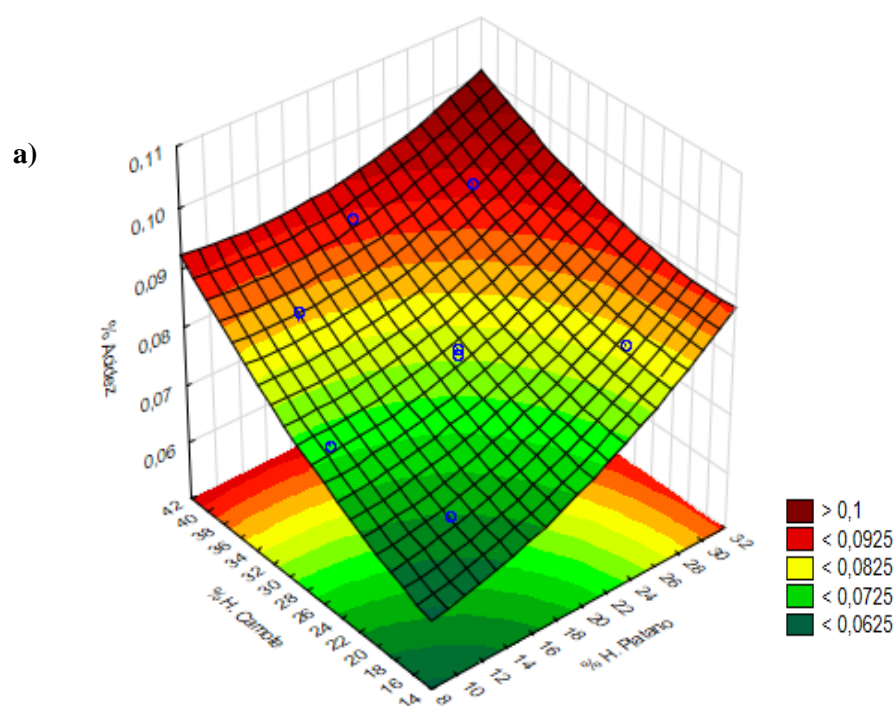
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Fcal
Regresión	0.000602	5	0.000602	268.8459
Residuos	0.000011	5	0.000002	
Total	0.000601	10		

Los resultados del ANOVA posibilitaron el desarrollo de un modelo matemático de superficie de respuesta para la variable acidez.

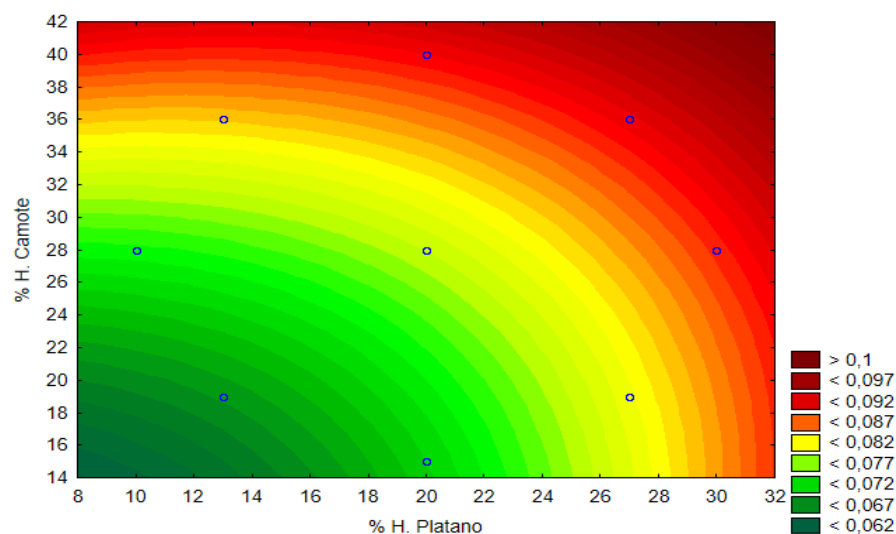
La regla final fue:

$$\text{Acidez} \cdot \text{Día 0} = 0.077684 + 0.010484 \cdot X_1 + 0.002915(X_1)^2 + 0.012926 \cdot X_2 + 0.002588(X_2)^2 - 0.003030 \cdot X_1 \cdot X_2$$

Se pudo construir los siguientes gráficos:



b)



Gráfica 6: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro de acidez de las galletas en función del % H. Plátano y %H. Camote (Día 0)

En la gráfica de curvas de contorno podemos notar que a mayor sustitución de % H. Camote y % H. Plátano nos van a reflejar valores altos de acidez. Las formulaciones más apropiadas son la (E1, E5,E7, y E9 con sus repeticiones), estas son las que contienen valores de sustitución moderado por tanto presentan menos acidez haciendo que las características de las galletas sean adecuadas para asegurar su calidad y por tanto se evitará el deterioro del producto, mientras que las otras formulaciones presentan valores muy cercanos al 0,10% por tanto están no aseguran la calidad del alimento.

Según la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería, el contenido máximo permitido de acidez en este tipo de productos es del 0.10%. **(RM N° 1020-2010/MINSA)**

El pH es un parámetro clave, ya que se utiliza como referencia para evaluar la intensidad de la acidez, la cual afecta el sabor y la aceptabilidad del producto. **(Pacheco y col., 2008).**

El contenido de ácido es de suma importancia porque puede ser un índice de deterioro del producto.

La acidez de la harina proviene de los fosfatos ácidos y de pequeñas concentraciones de ácidos orgánicos como el láctico, fórmico, málico, cítrico, succínico y fumárico. Por lo tanto, su medición proporciona información sobre el estado de conservación del producto. (Calvel, 1983)

Además, se señala que un exceso de acidez puede ser indicativo de envejecimiento de la harina, lo que altera la calidad del gluten, reduciendo su elasticidad, cohesión y capacidad de hidratación. Una harina fresca, sin almacenar, tiene una acidez de 0.015%. (Hernández, 2006).

5.6. Análisis Sensorial

Se evaluaron características organolépticas como sabor, textura, aroma, intención de compra, aceptabilidad general y color de las galletas. Un panel de 40 catadores recibió 6 muestras aleatorias por persona durante dos días para evaluar cada uno de estos atributos.

Tabla 39: Puntuaciones de promedio de los atributos (color, sabor, olor y textura)

EXPERIMENTO	% H. Plátano	% H. Camote	COLOR	SABOR	OLOR	TEXTURA
E1	13	19	5,5	5.8	5.2	2.7
E2	27	19	4,5	5.1	5.0	3.2
E3	13	36	4,8	5.0	5.1	3.9
E4	27	36	4,6	3.9	4.9	4.0
E5	10	27.5	5,4	6.0	5.1	3.1
E6	30	27.5	4,2	5.0	4.9	4.3
E7	20	15	5,3	5.8	5.1	3.0
E8	20	40	4,6	4.0	5.0	4.2
E9	20	27.5	6,3	6.3	5.2	3.5
E10	20	27.5	6,2	6.5	5.3	3.3
E11	20	27.5	6,0	6.0	5.0	3.2

5.6.1. COLOR

Tabla 40: Coeficientes de regresión del color en las galletas en el (Día 0).

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T (5)	Valor – p
Media	6.17707	0.087825	70.3339	0.000000
% H. Plátano	-0.73286	0.106962	-6.8517	0.001012
% H. Plátano (Q)	-1.38239	0.126634	-10.9164	0.000112
% H. Camote	-0.38998	0.105278	-3.7043	0.013938
% H. Camote (Q)	-1.17576	0.120831	-9.7306	0.000195
% H. Plátano x % H. Camote	0.39218	0.151769	2.5841	0.049187

El % H. plátano, % H. plátano (Q), % H. camote, % H. camote (Q), y la interacción % H. plátano x % H. camote mostraron un valor p inferior a 0.05, lo que indica un efecto significativo en el color de las galletas. El coeficiente de determinación fue 0.97846, lo que permitió desarrollar un modelo de respuesta para la variable color. En el ANOVA (Tabla 43) del modelo ajustado, el valor Fcal fue mayor que Ftab (5.05) ($p < 0.05$).

Tabla 41: ANOVA del color de las galletas (Día 0)

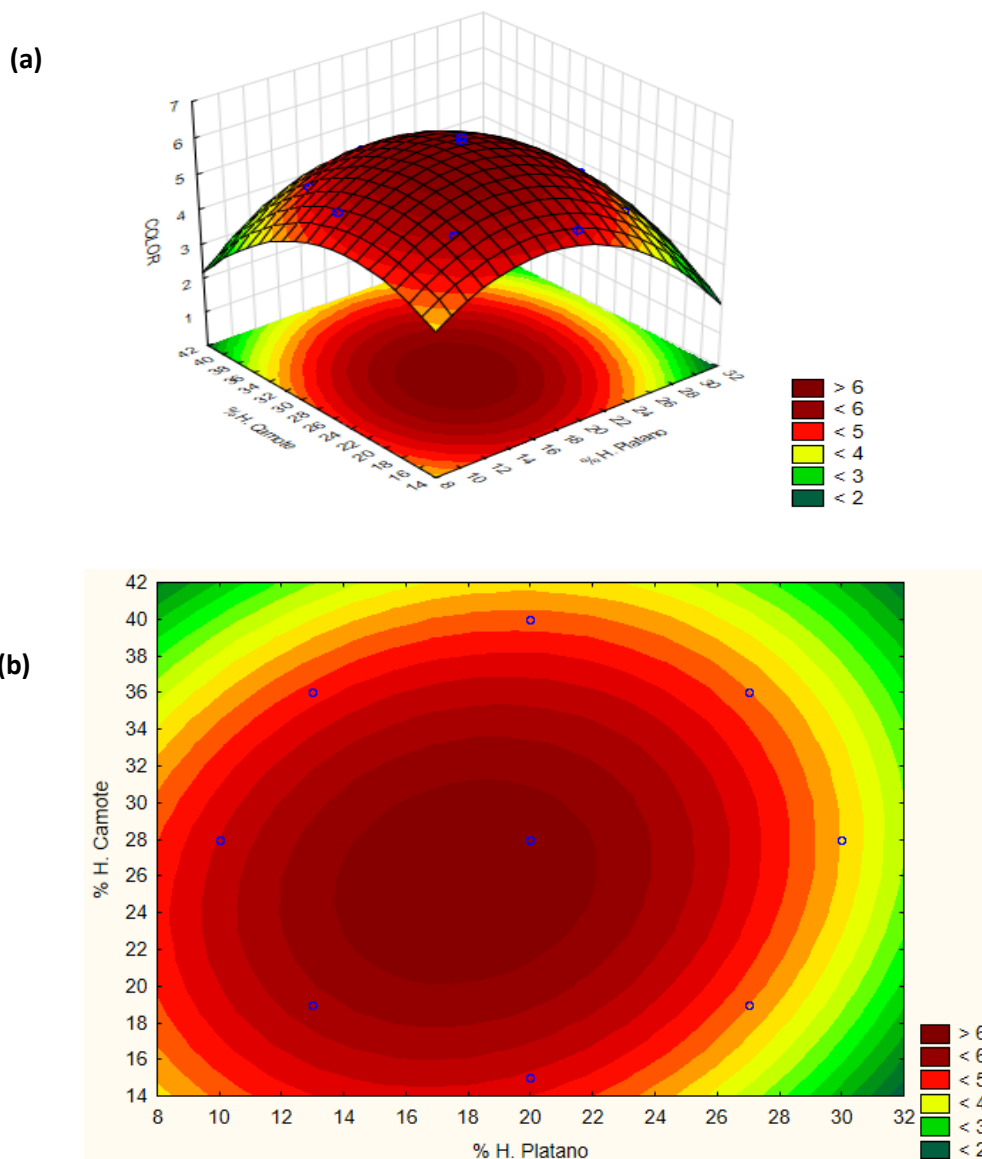
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Fcal
Regresión	6.488318	5	6.488318	281.1967
Residuos	0.115370	5	0.023074	
Total	5.356364	10		

Los resultados del ANOVA permitieron determinar el modelo codificado de respuesta para C* en las galletas (Día 0).

Resultando la siguiente ecuación:

$$C^*_{Día 0} = 6.17707 - 0.73286 * X_1 - 1.38239(X_1)^2 - 0.38998 * X_2 - 1.17576(X_2)^2 + 0.39218 * X_1 * X_2$$

Se pudo construir los siguientes gráficos:



Grafica 7: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro color de las galletas en función del % H. Plátano y %H. Camote (Día 0)

Se observó que los ensayos con mayor sustitución de % H. Camote y % H. Plátano presentaron menores puntuaciones según la evaluación realizada, estos puntajes nos indican que el color que presentaban las galletas no indicaba mayor relevancia o diferencia entre ellas. Según gráficas las formulaciones hechas en base a valores cercanos a 23% de harina de plátano y a 30% respecto a

la harina de camote los resultados eran óptimos alcanzando puntuaciones mayores de 6 indicando un “me gusta moderadamente”. La aceptación de las galletas se dio según la evaluación de los panelistas por presentar un color natural característicos a las galletas hechas solo de harina de trigo.

Se analizaron los atributos de color de las galletas al incorporar un 25% de harina de camote, lo que incrementó la aceptación general del producto. Esto se debe a que la harina de camote contiene agentes espesantes que mejoran el color natural en la mayoría de los productos de repostería. (León et al., 2020)

Según los resultados obtenidos, se concluyó que la galleta hecha con un 25% de harina de camote y un 75% de trigo fue la más aceptada por los panelistas. (Gavilanez, 2017)

En cuanto al color, se observó que las galletas hechas con harina de camote tienen un tono amarillento, tendencia que también fue reportada por otros estudios. (Singh et al., 2008)

Se eligieron formulaciones con 10%, 15% y 20% de harina de plátano para la elaboración de galletas dulces funcionales en el análisis sensorial, el cual mostró que estas formulaciones fueron bien aceptadas. (Quispe Cusi Mario, 2016)

Según bibliografía revisada la harina de camote tiene una mayor aceptación por las personas, mientras que la harina de plátano se acepta una formulación con valor medio. Esto lo podemos comparar con nuestros resultados obtenidos, ya que al analizar las formulaciones que tuvieron más altos puntajes tendremos a E9 con sus repeticiones. Esto estuvo determinado por una concentración de 30% de harina de camote y 23% de plátano. Con lo cual concluimos que la relación de estas dos harinas tiene efecto positivo en las galletas presentando una tonalidad amarilla y siendo de mayor aceptación por las panelistas.

5.6.2. SABOR

Lo obtenido en el Día 0, posibilitaron la creación de un modelo predictivo. Los coeficientes de la regresión (error estándar, valor t, valor p) ajustados ($p < 0.05$) se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 42: Coeficientes de regresión del sabor de las galletas en (Día 0)

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T (5)	Valor – p
Media	6.29073	0.163643	38.4175	0.000000
% H. Plátano	-0.79323	0.199300	-3.98010	0.010530
% H. Plátano (Q)	-0.90536	0.235956	-3.83697	0.012161
% H. Camote	-1.11115	0.196163	-5.66441	0.002385
% H. Camote (Q)	-1.43272	0.225144	-6.36356	0.001417
% H. Plátano x % H. Camote	-0.19372	0.282789	-0.68503	0.523782

El % H. Plátano, % H. Plátano (Q), % H. Camote y % H. Camote (Q) presentaron un valor – p menor de 0.05, esto sugiere que hay un efecto relevante en el sabor de las galletas. El coeficiente de determinación fue de 0.94785, lo que posibilitó la creación de un modelo de respuesta para la variable S.

En el ANOVA (Tabla 45) del modelo ajustado, el valor F_{cal} superó a F_{tab} (5.05) ($p < 0.05$).

Tabla 43: ANOVA del sabor de las galletas (Día 0)

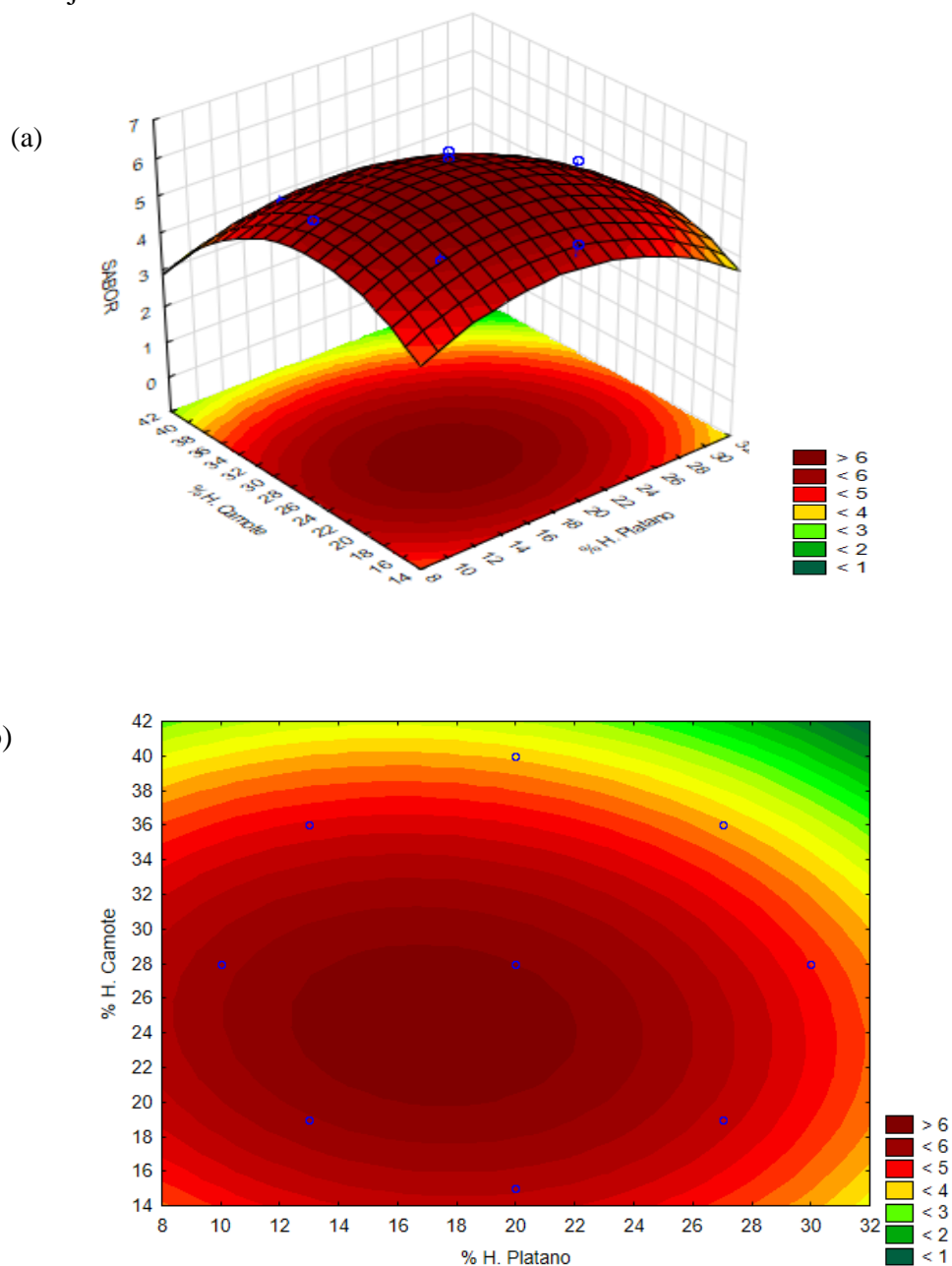
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Fcal
Regresión	8.300388	5	8.300388	103.61335
Residuos	0.400546	5	0.080109	
Total	7.680000	10		

Lo hallado en el ANOVA conducen a crear un modelo codificado de respuesta para S^* en las galletas (Día 0).

La ecuación obtenida fue:

$$S^{*Dia_0} = 6.29073 - 0.79323 \cdot X_1 - 0.90536(X_1)^2 - 1.11115 \cdot X_2 - 1.43272(X_2)^2 - 0.19372 \cdot X_1 \cdot X_2$$

De esta manera, se logró crear el gráfico de la superficie de respuesta junto con las curvas de contorno.



Gráfica 8: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro del sabor en las galletas en función del % H. Plátano y % H. Camote (Día 0).

Se observó que las galletas tuvieron una buena aceptación con respecto a su sabor ya que según la evaluación nos arrojaron valores hasta 5- 6 lo que según la escala de puntuación significan me gusta moderadamente, si evaluamos el comportamiento de cada una de las harinas notaremos que el % H. Camote es aceptado alrededor de un 28% y en relación al % H. Plátano es aceptado cercano al 22% de sustitución. En consecuencia, se puede afirmar que la sustitución parcial de harina de trigo es bien recibida por los consumidores, ya que no solo produce una galleta sabrosa, sino que también ofrece beneficios nutricionales para quienes la consumen.

Si analizamos las formulaciones que tuvieron más altos puntajes tendremos a E9 y sus repeticiones, según datos obtenidos podemos definir que entre cada una de las formulaciones existe gran diferencia ya que si los valores de ambas harinas son muy altas no serán muy aceptadas pues el sabor según la evaluación se ve afectada y es poco agradable, pero si las sustituciones son moderadas son muy bien vistas.

Se llevó a cabo una encuesta sobre galletas hechas a base de camote y descubrieron que el 85.56% de las personas estaban dispuestas a comer productos hechos a base de este tubérculo. En una encuesta adicional sobre las razones por las que las personas consumían esta galleta, se encontró que el 40% lo aceptaba por ser innovador, el 28 % por ser nutritivo, el 27 % por gustar el camote y el 5 % por probar. (Heras, 2011). Según encuestas notamos que el público en general está dispuesto a adquirir un producto a base de este tubérculo reemplazando así las galletas convencionales, es por esto que se hace viable el hacer un producto con estas características.

El sabor de las galletas se vio afectado negativamente a medida que aumentaba la cantidad de harina de plátano. Esto lo comprobamos con la gráfica de curvas de contorno ya que a sustituciones altas de esta harina no es del total agrado de las personas, según los análisis realizados el % de fibra de harina de plátano y de camote son de 2.68%, %2.42, según estos datos podemos decir que si la fibra

influye en el sabor, la harina de plátano por tener un alto valor de fibra su sustitución deberá ser menor, mientras que el del camote será aceptado a un mayor porcentaje de sustitución, según el gráfico de curvas de contorno es aceptado hasta un 20%, mientras que del camote es solo hasta un 30%.

En un pan hecho con harina de trigo y plátano verde, solo se puede usar el 7% de este ingrediente como sustituto, debido a su sabor y olor distintivos. La harina de camote también tiene un fuerte olor y no tiene un impacto en el producto en concentraciones de hasta un 10% de sustitución; sin embargo, cuando se sustituye un 30%, el sabor cambia negativamente y el consumidor lo percibe. **(Pacheco, 2005)**

Según los resultados, los panelistas elogiaron más la galleta hecha con harina de camote con una concentración de 25 % y 75 % harina de trigo.

La presencia del 15% de harina de plátano verde en ambas variedades S3 (3,2 "me es indiferente") y Ss (3,0 "me es indiferente") afectó el sabor de los panes, dándole un sabor residual característico del fruto, lo que resultó en la menor calificación. **(Aguilar et, 2011)**

La harina de plátano aumenta la aceptabilidad gustativa del pan y reduce el sabor. **(Arias, 2015)**. El amasado ayuda a preservar los carotenoides responsables del sabor. **(Chiemela, 2014)**.

Según la bibliografía hallada podemos verificar que el % de harina de plátano y % de harina de camote se acepta en valores moderados. Esto se corrobora con las gráficas obtenidas en la evaluación sensorial de nuestro producto galleta.

5.6.3. OLOR

Tabla 44: Coeficientes de regresión para la respuesta olor en las galletas en el (Día 0)

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T (5)	Valor – p
Media	5.169898	0.057618	89.72638	0.000000
% H. Plátano	-0.169750	0.070173	-2.41901	0.060191
% H. Plátano (Q)	-0.155101	0.083080	-1.86690	0.120894
% H. Camote	-0.083654	0.069069	-1.21117	0.279946
% H. Camote (Q)	-0.103048	0.079273	-1.29992	0.250326
% H. Plátano x % H. Camote	0.001779	0.099569	0.01787	0.986433

Ninguna de las variables ni su interacción presentó un valor-p inferior a 0.05, como se muestra en la Tabla 46. El coeficiente fue bajo (0.69313), e indica que, bajo las condiciones analizadas, no es posible desarrollar el modelo predictivo con las variables estudiadas a un nivel de significancia del 5% para el Día 0.

Los resultados indican que las formulaciones mostraron un comportamiento similar, con calificaciones que variaron entre 5.0 y 5.2 en la escala hedónica, lo que equivale a "Me gusta poco". Según los datos de la tabla, las diferentes formulaciones no tuvieron impacto en el olor de las galletas.

Debido al olor característico de la harina de plátano, solo se puede usar un 10 % de esta harina para que las galletas tengan un buen olor. (Pacheco, 2005).

Según el proyecto elaborado para obtener pan, la harina de plátano verde fue reemplazada con 29.7%. Los resultados indicaron que el olor del pan control y óptimo no era estadísticamente significativo. El pan control y el óptimo no encontraron diferencias estadísticamente significativas y se ubicaron en la escala "Me gusta moderadamente". (Salinas Alvarado, 2017)

Además de su fuerte olor, la harina de camote no tiene un impacto en el producto en concentraciones de hasta el 15% de sustitución. **(Sarmiento, 2014).**

Las galletas se elaboran con sustituciones de T1: 90-10; T2: 80-20; y T3: 70-30. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el olor de la galleta enriquecida con sustitución parcial de harina de trigo con harina de plátano. Las muestras con la mayor calificación tuvieron un valor de T3 de 3,92, mientras que las demás muestras presentaron resultados similares no significativos (T1: 0,41; T2: 3,38). **(Castro López, 2015)**

La galleta hecha con una concentración de 25 % harina de camote y 75 % harina de trigo fue más aceptada por los panelistas. No se encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$) en el olor en comparación con las otras tres formulaciones. **(Rivera Leones, 2024)**

Según la bibliografía podemos corroborar que tanto las sustituciones de las harinas de camote y plátano a diferentes formulaciones no ejercen algún cambio en el olor de la galleta, sino todo lo contrario adquiere un olor característico a una galleta comercial.

5.6.4. TEXTURA

Tabla 47: Coeficientes de regresión de la textura en las galletas en el (Día 0)

	Coeficiente de regresión	Error Estándar	T (5)	Valor – p
Media	3.300495	0.136706	24.14306	0.000002
% H. Plátano	0.578183	0.166493	3.47271	0.017797
% H. Plátano (Q)	0.278659	0.197115	1.41369	0.216583
% H. Camote	0.907143	0.163873	5.53566	0.002639
% H. Camote (Q)	0.200212	0.188083	1.06449	0.335791
% H. Plátano x % H. Camote	-0.183636	0.236239	-0.77733	0.472119

El % H. Plátano y % H. Camote mostraron un valor-p inferior a 0.05, lo que sugiere un impacto significativo en la textura de las galletas. El coeficiente de determinación fue 0.90049, lo que posibilita la creación de un modelo de respuesta para la variable textura en las galletas con sustitución parcial.

En el ANOVA (Tabla 48) del modelo ajustado, el valor Fcal superó a Ftab (5.05) (p<0.05).

Tabla 48: ANOVA de la textura de las galletas (Día 0)

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Fcal
Regresión	2.596235	5	2.596235	46.43911
Residuos	0.279531	5	0.055906	
Total	2.809091	10		

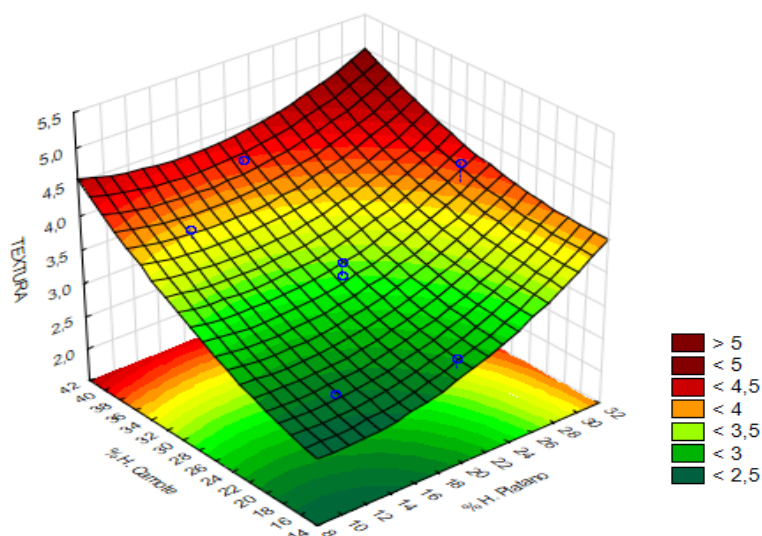
Los resultados del ANOVA facilitaron la elaboración de un modelo matemático de superficie de respuesta para la textura de las galletas.

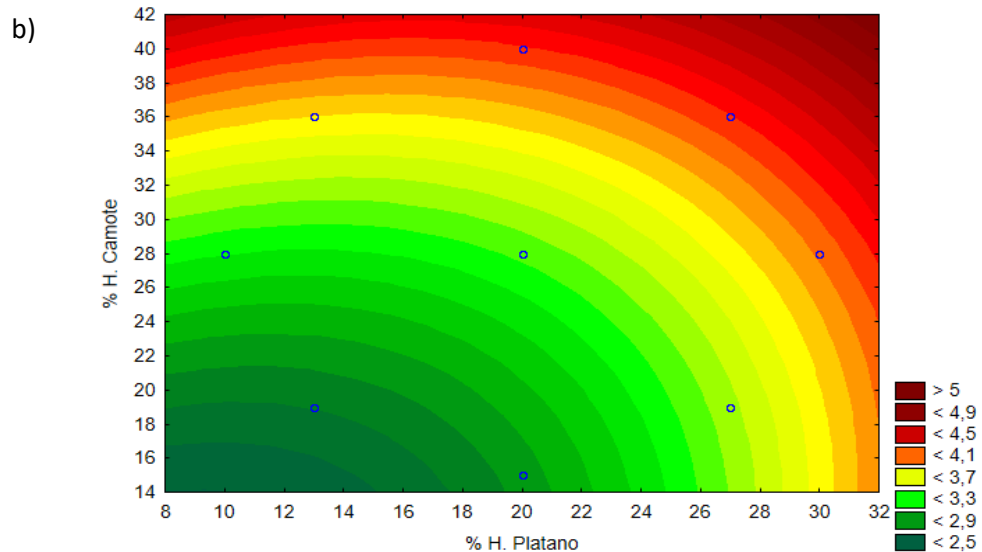
La ecuación completa fue:

$$\text{Textura} * \text{Día 0} = 3.300495 + 0.578183 * X1 + 0.278659(X1)^2 + 0.907143 * X2 + 0.200212(X2)^2 - 0.183636 * X1 * X2$$

Se pudo construir los siguientes gráficos:

a)





Gráfica 9: Superficie de respuesta (a) y curvas de contorno (b) para el parámetro de textura de las galletas en función del % H. Plátano y %H. Camote (Día 0)

Según los resultados se observa que las formulaciones aceptadas fueron E9, y sus repeticiones, al igual que E1 y E5 según el consumidor en la escala hedónica presentaron calificaciones “crujientes” (mayores de 3), siendo aceptable para el consumo. En la gráfica también podemos notar que a mayores sustituciones de ambas harinas tienen un efecto negativo sobre la textura de las galletas, generando una textura dura poca agradable.

La gráfica muestra que la formulación preferida por los consumidores en cuanto a la textura de las galletas corresponde a una sustitución de aproximadamente 30% de harina de camote y 22% de plátano.

La retrogradación, la gelatinización y el almidón se consideran cruciales para la calidad del producto de panificación, especialmente en cuanto a la textura. (Miyazaki, 2006)

Al agregar harina de plátano en lugar de harina de trigo, la calificación de la textura disminuyó debido al aumento de azúcar en la galleta, lo que aumentó la rigidez de la textura. (Mohamed, 2010)

El almidón dañado (mecánicamente durante la molienda) tiene un impacto en la textura y el envejecimiento de los productos de panificación. **(Peña, 2002).**

Los hallazgos mostraron que el contenido de azúcar afecta la estructura, el volumen y el contorno de los productos de panificación, lo que resulta en una textura más dura. **(Boudová et al., 2013)**

Las harinas de mayor calidad presentan un alto contenido proteico, lo que genera un gluten más fuerte, una mayor capacidad de absorción de agua, y mejora tanto el volumen como la textura de los productos de panadería. **(Sema, 1996).**

Al comparar los valores numéricos, los panes elaborados sólo con harina de trigo (So) recibieron la calificación más alta (3,94) como "suaves", mientras que aquellos que contenían un 15% de harina de plátano verde, como las variedades S3 (2,83) y S6 (2,93), fueron clasificados como "semiduros". **(Velásquez Flores, 2012)**

No se observaron variaciones significativas en la textura de las galletas al sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de plátano. Las muestras con la mayor calificación tuvieron un valor de T3 de 3,92, mientras que las demás muestras presentaron resultados similares no significativos (T1: 0,41; T2: 3,38). **(Velásquez Flores, 2012)**

Evaluaron la textura, dureza, dulzura, color y aceptabilidad general del producto, y encontraron que incorporar un 40% de harina de camote naranja mejoró el nivel de aceptación del producto. **(Singh et al., 2008)**

Se incorporó un 25% de harina de camote para analizar atributos como color, aroma, sabor y textura, lo que resultó en un aumento en la aceptabilidad global del producto. Se encontró que la harina de camote posee agentes espesantes que contribuyen a mejorar las propiedades de la textura. **(León et al., 2020).**

5.7. Resumen de los resultados obtenidos en el análisis de las formulaciones

De acuerdo al análisis estadístico de las características fisicoquímicas (color instrumental, peso, humedad, volumen específico, pH y acidez) y sensoriales (olor, color, sabor y textura) de las formulaciones obtenidas mediante el programa de superficie de respuesta evaluado con el diseño DCCR, se realizó una optimización múltiple, determinando que la mejor formulación fue la E9.

Con estos resultados podemos definir que la receta óptima (20% harina de plátano y 27.5% harina de Camote), será evaluada en comparación con una galleta control.

5.8. Vida útil de las formulaciones óptimas

5.8.1. Análisis Proximal

Los resultados del análisis proximal se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 49: Análisis proximal de las formulaciones óptima y la control

COMPONENTE %	E9* (20% H. Plátano. – 27.5% H. Camote)	CONTROL*
Humedad	5,276 ± 0,026	3,023 ± 0,021
Cenizas	2.145 ± 0.453	0.75 ± 0.321
Proteínas	4,40	3.85
Grasa	11,06 ± 0,242	14,38 ± 0.135
Carbohidratos	77,894	77,997
Fibra	4,50	1,57

*Media de 3 repeticiones + SD

Cenizas:

El contenido mineral total de los alimentos se determina a través de la cantidad de cenizas. Medir el contenido de cenizas es esencial, ya que nos permite conocer el porcentaje de minerales en los alimentos, evaluar su calidad comercial o tipo de harina, y detectar posibles adulteraciones.

El siguiente cuadro presenta los resultados encontrados.

PRODUCTO	PARÁMETRO	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
Pan molde (blanco, integral y sus productos tostados)	Humedad	40% pan de molde
		6% pan tostado
	Acidez (expresada en ácido sulfúrico)	0.5% (Base seca)
	Cenizas	4.0% (Base seca)
Pan común o de labranza (francés, baguette, y similares)	Humedad	23% (mín.) – 35% (máx.)
	Acidez (expresada en ácido sulfúrico)	No más del 0.25% calculada sobre la base de 30% de agua.
Galletas	Humedad	12%
	Cenizas totales	3%
	Índice de peróxido	5 mg/Kg
	Acidez (expresada en ácido láctico)	0.10%

En la tabla 49, el porcentaje de cenizas del control fue de $(0,75 \pm 0.321 \%)$, mientras que la galleta con la formulación óptima E9 presentó valores de $(2,145 \pm 0,453 \%)$. Estos resultados están por debajo de los límites establecidos como permisibles. (RM N° 1020-2010/MINSA).

Se nota que la formulación seleccionada presenta un porcentaje de cenizas más alto que la galleta control. Esto se debe a que esta receta incluye no solo harina de trigo, sino también harina de plátano y harina de camote, las cuales contienen niveles superiores de cenizas, con valores de 4,14% y 3,18%, respectivamente.

De acuerdo con otras investigaciones, el tratamiento más efectivo resultó en un porcentaje de ceniza del 1,40 % (que correspondió a la combinación a1b1c0, lo que significa un 15% de harina de banano y un 4,6% de glucosa). Para realizar una comparación más precisa, se analizó

una galleta hecha con 100% de harina de trigo y sin glucosa, la cual presentó un valor de cenizas de 0,7%. Esto demuestra que los ingredientes utilizados en la galleta influyen en el porcentaje de ceniza, incluyendo los huevos, que contienen elementos como aluminio, azufre y calcio, los cuales afectan el contenido de cenizas. **(Gallegos, 2013)**

En el estudio titulado "Impacto de las harinas de trigo, plátano y haba en la elaboración de galletas integrales", se emplearon tres formulaciones diferentes: T9 (H. Trigo 50%, H. Plátano 25%, H. Haba 25%, Azúcar 28%); T10 (H. Trigo 50%, H. Plátano 25%, H. Haba 25%, Azúcar 32%) de las cuales se presentaron los siguientes resultados. **(Herrera, 2011).**

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS		
			T9	T10	T8
Humedad	Gravimétrico	%	4,40	5,98	5,19
Azúcares Totales	Lane-Eynon	%	29,90	24,43	27,18
Proteína	Kjendahl	%	8,61	8,44	8,53
Carbohidratos Totales	Cálculo	%	84,50	83,15	83,83
Extracto Etéreo	Soxleth	%	21,38	19,09	20,24
Fibra	Wende	%	2,52	3,11	2,82
Calorías	Cálculo	cal/100g	564,86	538,17	551,52
Cenizas	Gravimétrico	%	2,49	2,43	2,46
Calcio	Absorción Atómica	mg/100g	87,45	95,62	91,54
Hierro		mg/100g	3,67	2,82	3,25
Fósforo	Molibdato-Vanadato	mg/100g	57,27	58,26	57,77

Proteínas:

Se evaluó el contenido proteico de las galletas de la formulación óptima y el control, hallándose valores superiores para E9 (4,40%), mientras que la galleta control presentó un valor de (3,85%). La muestra óptima (combinación de harina de camote y plátano) presentaron valores de proteínas de 2,80% y 4,10% respectivamente, logrando un producto con un alto valor proteico.

El contenido de proteína total en las galletas fue del 8,97%, correspondiente a la combinación a1b1c0, que incluía un 15% de harina de plátano y un 4,6% de glucosa. En contraste, una galleta base, preparada con 100% de harina de trigo y 0% de glucosa, mostró un

4,23% de proteína. Esto indica que la inclusión de harina de plátano contribuyó al incremento del contenido proteico. (Gallegos, 2013).

La comparación entre ambos tipos de galletas muestra que la leche y los huevos son las principales fuentes de proteína, lo que aumenta el contenido proteico en las galletas. (Elstow, 2002).

En el trabajo titulado “Influencia de las harinas de trigo, plátano y haba en la elaboración de galletas integrales” se utilizaron tres diferentes formulaciones: T9 (H. Trigo 50%, H. Plátano 25%, H. Haba 25%, Azúcar 28%); T10 (H. Trigo 50%, H. Plátano 25%, H. Haba 25%, Azúcar 32%) de las cuales se presentaron los siguientes resultados. (Herrera, 2011)

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS		
			T9	T10	T8
Humedad	Gravimétrico	%	4,40	5,98	5,19
Azúcares Totales	Lane-Eynon	%	29,90	24,43	27,18
Proteína	Kjendahl	%	8,61	8,44	8,53

Debido a su bajo contenido proteico, el camote depende de la harina de trigo para crear la red de gluten. Como la harina de camote contiene menos proteína capaz de formar gluten, la estabilidad de la proteína disminuye conforme aumenta la cantidad de harina de camote en la mezcla. (Rodríguez, 2012)

Grasas:

En la tabla 51, el porcentaje de grasa del control mostró un valor de $(14,38 \pm 0,135 \%)$, la galleta de formulación óptima presentó valores de E9 $(11,06 \pm 0,242 \%)$. También podemos ver que la formulación presentó un porcentaje de grasa menor a la galleta control esto se debe a que estas formulaciones se elaboraron con la sustitución de harina de plátano y de camote, que contienen un menor porcentaje de grasa, siendo de 0,97% y 0,94% respectivamente.

Elaborar galletas a base de estas dos harinas sería beneficioso, debido a su bajo contenido de grasa, ya que esto favorece a la salud y a pacientes con enfermedades coronarias y con alta presión arterial.

En el estudio acerca de la “Influencia de las harinas de trigo, plátano y haba en la elaboración de galletas integrales” se trabajaron con tres formulaciones: T9 (H. Trigo 50%, H. Plátano 25%, H. Haba 25%, Azúcar 28%); T10 (H. Trigo 50%, H. Plátano 25%, H. Haba 25%, Azúcar 32%) de las cuales se presentaron los siguientes resultados. (Herrera, 2011)

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS		
			T9	T10	T8
Humedad	Gravimétrico	%	4,40	5,98	5,19
Azúcares Totales	Lane-Eynon	%	29,90	24,43	27,18
Proteína	Kjendahl	%	8,61	8,44	8,53
Carbohidratos Totales	Cálculo	%	84,50	83,15	83,83
Extracto Etéreo	Soxleth	%	21,38	19,09	20,24

Carbohidratos:

Según los resultados el % Carbohidratos que se determina por diferenciación de los demás componentes, el porcentaje de la muestra control fue de 77,997%, mientras que la galleta con la formulación óptima E9 presentó un valor de 77,894%.

La harina de plátano verde contiene aproximadamente entre el 70% y 80% de almidón en peso seco.

En una investigación de 2010 realizada por Islas-Hernández et al., se analizó la digestibilidad del almidón en galletas elaboradas con harina de plátano verde en diferentes proporciones (15, 30 y 50 por ciento). El estudio evaluó la composición proximal y la digestibilidad del almidón en las galletas, encontrando que, al aumentar la cantidad de harina de plátano verde en la receta, se incrementaban los niveles de humedad y

fibra dietética, mientras que se reducían los contenidos de proteínas y grasas.

Además, se demostró que agregar harina de plátano verde a una formulación simple puede producir un producto con un mayor porcentaje de carbohidratos no digeribles. (Gallegos, 2013).

La harina de camote tiene un mayor porcentaje de carbohidratos en comparación con la de trigo, por lo que al sustituir esta última por la de camote, se aumenta el contenido de carbohidratos.

Fibra:

En la En la tabla 49, el porcentaje de fibra en la muestra control fue de 1,57%, mientras que en la galleta con la formulación óptima E9 alcanzó un 4,50%. Esto indica que la formulación E9, al incluir harina de plátano y harina de camote, contiene un mayor porcentaje de fibra debido a las características de estas harinas.

Se ha propuesto que los alimentos con alto contenido de proteínas y fibra pueden incrementar la sensación de plenitud, a la vez que ofrecen una baja densidad calórica (Cosendey, Cohen, Carvalho, de Miranda, & López, 2012).

La harina de plátano verde con cáscara presenta un contenido de fibra dietética total (FDT) de 46,79%, compuesta en su mayoría por fibra insoluble (96,43%) y una pequeña proporción de fibra soluble (3,57%). Esto la convierte en una fuente de fibra superior en comparación con los alimentos convencionales. (Alarcón et al., 2013).

Las formulaciones muestran que al utilizar un 60% de harina de plátano, se incrementa la cantidad de fibra soluble, insoluble y total, destacando especialmente el aumento de la fibra insoluble.

Tabla 6. Resultados de fibra en las formulaciones

Análisis fisicoquímicos	Tratamiento 1 Galleta 40%	Tratamiento 2 Galleta 60%	Tratamiento 3 control
Fibra dietaria insoluble %	9.70	11.32	8.63
Fibra dietaria soluble %	3.42	3.44	3.00
Fibra dietaria total %	13.12	14.76	11.63

Porcentaje de fibra en 120gr de muestra

Los ingredientes fuentes de fibra están presentes en una proporción similar en todas las formulaciones, posiblemente debido al aporte que proporciona la mayor cantidad de harina de plátano en la formulación. Estos ingredientes son: Como afirma Aguado Ramos en su estudio de 2014, la avena es una fuente de fibra soluble. **(López, valencia, Betancur, 2016)**

La fibra soluble absorbe el colesterol malo (LDL), mientras que la fibra insoluble facilita la digestión. La harina de banano es rica en taninos, y cuanto más verde sea el producto, más taninos contiene. **(Soto, 2010).**

En un doble tambor rotatorio, las galletas elaboradas contenían una sustitución del 7% de harina de banano verde deshidratada. Los componentes químicos analizados incluyeron ceniza de 2,46 a 2,69%, proteínas de 8,93 a 9,69%, fibra dietaria de 4,97 a 5,4%, almidón resistente de 0,19 a 0,23% y azúcares totales de 25,36 a 30,55%. **(Maldonado y Pacheco ,2000).**

En la investigación sobre “Influencia de las harinas de trigo, plátano y haba en la elaboración de galletas integrales” se trabajaron con tres formulaciones: T9 (H. Trigo 50%, H. Plátano 25%, H. Haba 25%, Azúcar 28%); T10 (H. Trigo 50%, H. Plátano 25%, H. Haba 25%, Azúcar 32%) de las cuales se presentaron los siguientes resultados, respecto al valor de fibra; 2,49%,2,43% respectivamente. **(Herrera, 2011)**

5.8.2. Caracterización fisicoquímica

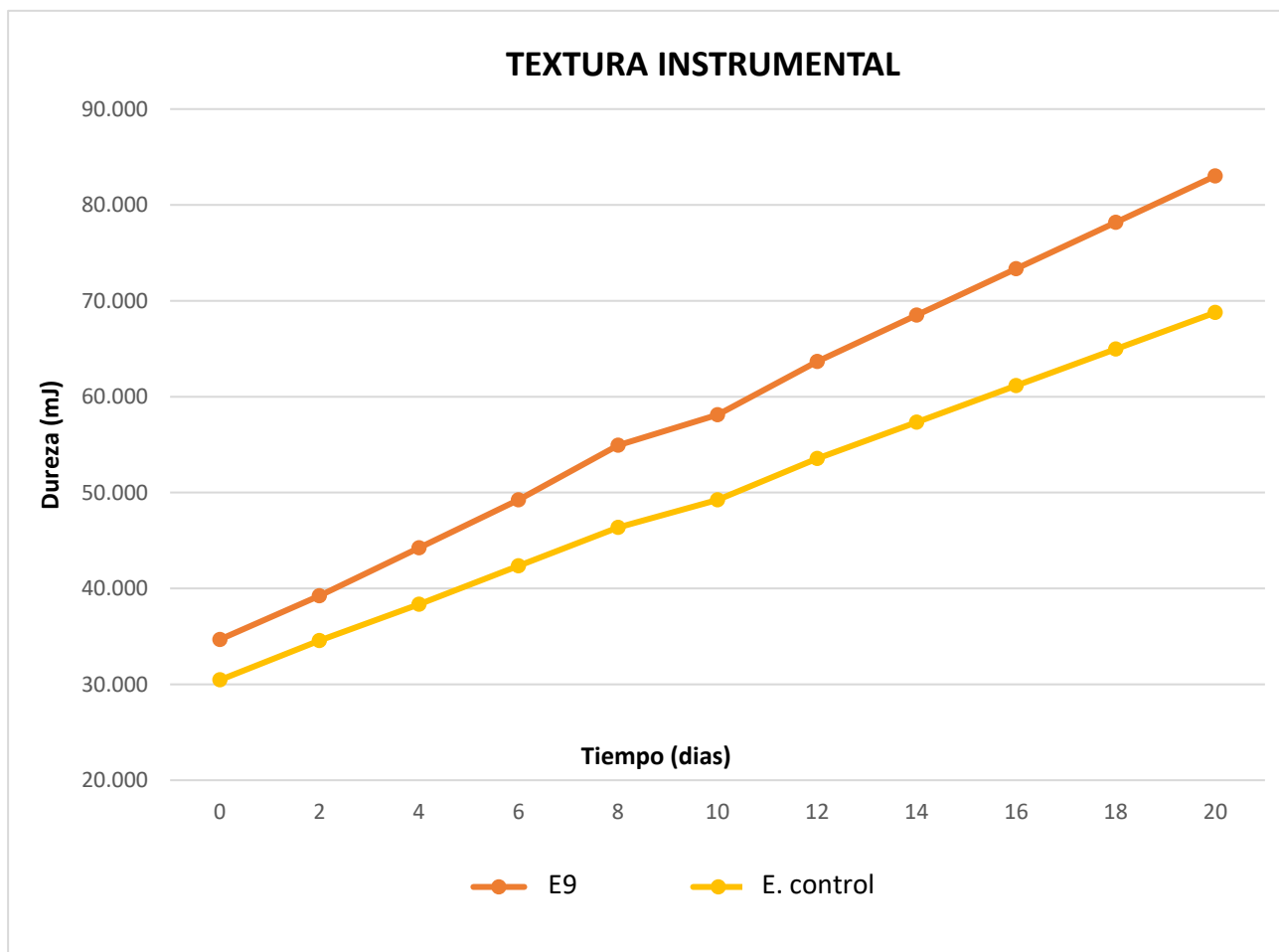
5.8.2.1. Textura instrumental

Durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 50: Variación de la textura instrumental (mJ) de las galletas de la formulación óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tiempo (días)	TEXTURA INSTRUMENTAL	
	E9	E. CONTROL
0	34.682± 0.564	30.455± 0.501
2	39.233± 0.465	34.563± 0.425
4	44.244± 0.542	38.345± 0.673
6	49.240± 0.522	42.346± 0.564
8	54.928± 0.798	46.353± 0.834
10	58.123± 0.703	49.234± 0.628
12	63.670± 0.822	53.5426± 0.683
14	68.507± 0.856	57.3502± 0.726
16	73.344± 0.898	61.1578± 0.789
18	78.180± 0.912	64.9654± 0.865
20	83.017± 0.958	68.773± 0.985

***Media de 3 repeticiones + SD.**



Gráfica 10: Variación de la textura instrumental (mJ) de la galleta control y optima durante 20 días de almacenamiento.

En la Tabla 50 y gráfica 10, se observa que la textura instrumental (mJ) inicial de la galleta control (hecha con 100% harina de trigo) es de **30.455 ± 0.501 mJ**, mientras que para la galleta E9 es de **34.682 ± 0.564 mJ**.

Como se muestra en el Gráfico 10, la textura instrumental aumenta con el paso de los días, alcanzando en el último día valores de **83.017 ± 0.958 mJ** para la formulación E9 y **68.773 ± 0.985 mJ** para la galleta control.

A medida que disminuye el contenido de humedad, el producto de panadería pierde suavidad y se vuelve más firme. **(Paucar-Menacho et al., 2016).**

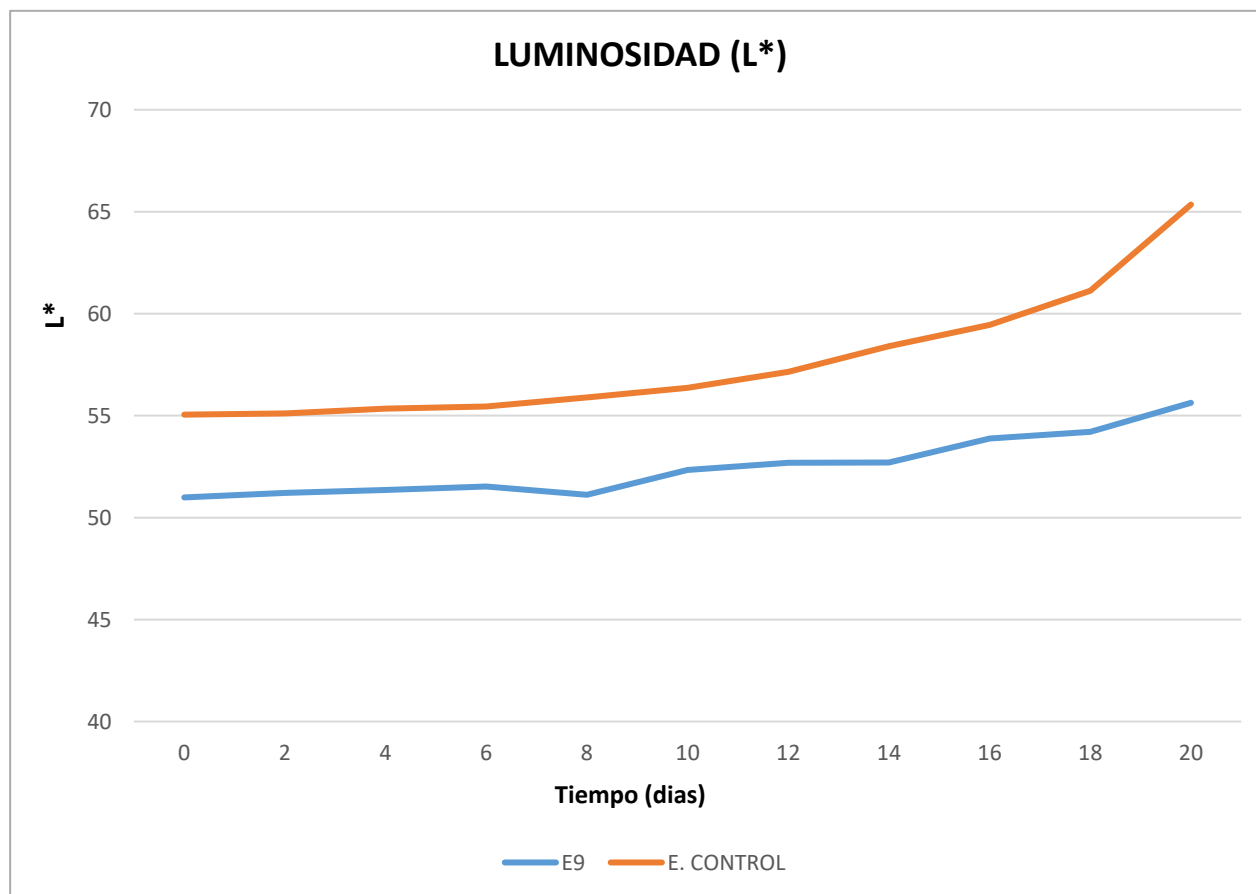
El endurecimiento ocurre debido al desplazamiento de la humedad desde el interior hacia la corteza y al endurecimiento natural de la estructura interna del producto. **(Cauvain y Young, 2002; Luna-Fernández y Bárcenas-Pozos, 2011).**

5.8.2.2. Colorimetría

La siguiente tabla muestra los datos obtenidos durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Tabla 51: Colorimetría de la formulación optima y control durante 20 días de almacenamiento

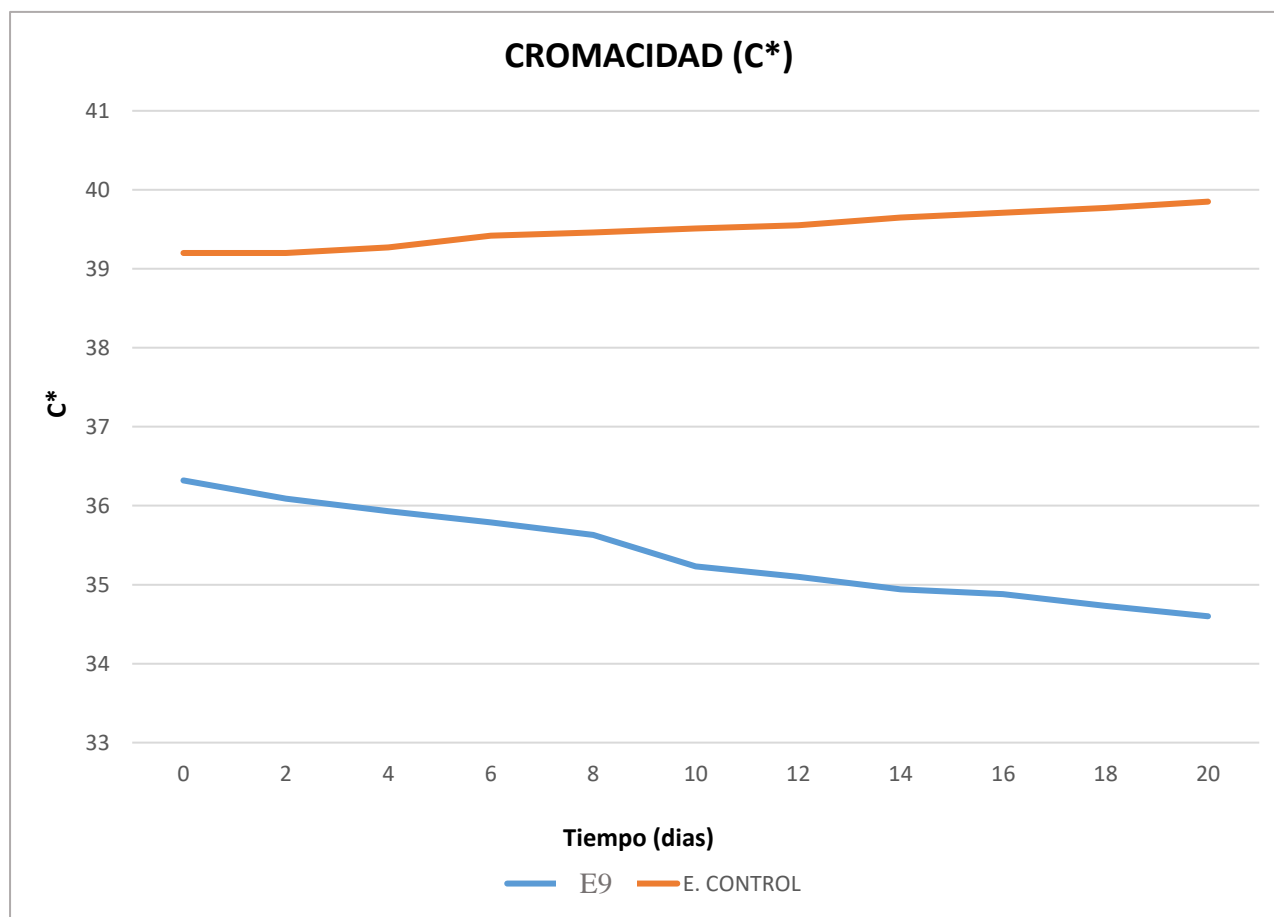
Tiempo (días)	E9					E. CONTROL				
	L*	a*	b*	C*	h°	L*	a*	b*	C*	h°
0	50.99	9.43	35.07	36.32	74.95	55.05	7.61	38.45	39.20	78.80
2	51.21	9.25	34.89	36.09	75.16	55.11	7.52	38.54	39.20	78.80
4	51.35	9.01	34.78	35.93	75.48	55.34	7.47	38.71	39.27	78.96
6	51.53	8.89	34.67	35.79	75.62	55.45	7.41	38.76	39.42	79.08
8	51.12	8.65	34.56	35.63	75.95	55.89	7.38	38.81	39.46	79.18
10	52.34	8.45	34.20	35.23	76.12	56.36	7.31	38.87	39.51	79.23
12	52.69	8.24	34.12	35.10	76.42	57.15	7.27	38.98	39.55	79.35
14	52.70	8.01	34.01	34.94	76.75	58.41	7.20	39.05	39.65	79.44
16	53.88	7.89	33.98	34.88	76.93	59.45	7.14	39.12	39.71	79.55
18	54.21	7.67	33.87	34.73	77.24	61.12	7.01	39.23	39.77	79.66
20	55.63	7.42	33.79	34.60	77.61	65.35	6.89	39.35	39.85	79.87



Grafica 11: Variación de luminosidad de la galleta control y la óptima durante 20 días de almacenamiento

En el **grafico 11** observamos que la formulación E9 y E. Control obtuvieron una luminosidad (L^*) de 50.99 y 55.05 respectivamente en el día 0. Según estos valores la galleta control es la más clara de las dos presentadas, la formulación optimo E9 nos representa una galleta de superficie clara similar al control.

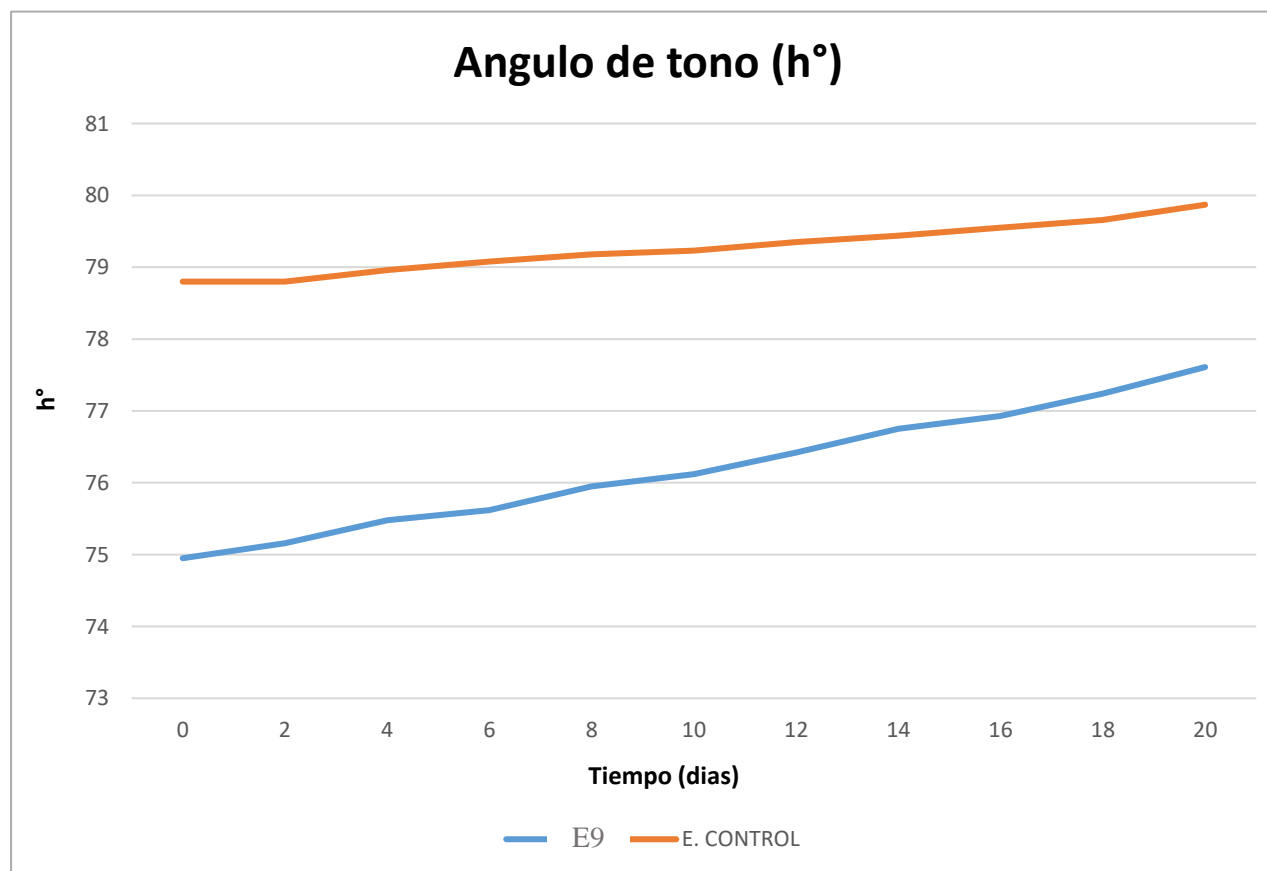
Se observó variaciones en la luminosidad, este valor a medida que pasan los días va en aumento y por tanto la galleta seguirá presentando una superficie clara, la cual podrá tener mayor aceptación por parte de los consumidores. La influencia de las dos harinas se evidencia a partir de sustituciones mayores.



En el **grafico 12**, el comportamiento de las galletas E9 y E. Control, al inicio obtuvieron una Cromacidad de, **36.32** y **39.20** respectivamente. La formulación optima E9 presenta una disminución conforme pasen los días.

La formulación E9 está formada por un 20% H. Plátano y un 27.5% H. Camote. Durante estos 20 días de almacenamiento, se observa una variación decreciente lo que indica que al presentar niveles más bajos es indicio que el color en las galletas se vuelve más apagados debido a la influencia de las dos harinas sustitutas.

Grafica 12: Variación de Cromacidad de la galleta control y la óptima durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente



Gráfica 13: Variación de Angulo de tono de la galleta control y la óptima durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

En el **grafico 13**, las galletas de E9 y E. Control obtuvieron un ángulo de tono de **74.95** y **78.80** al inicio de la evaluación. La formulación optima E9 presenta un valor mayor de h° , a medida que pasan los días este valor en las galletas aumenta, lo cual indica que su tonalidad es la indicada.

La galleta E9 por presentar un comportamiento similar al control, será más aceptada ante los consumidores, el valor presentado se debe a la influencia de las harinas.

Las variaciones en el parámetro del espacio de color están vinculadas al contenido de cenizas de la harina y a los pigmentos amarillos presentes en la misma.

El color de las galletas es un factor clave de calidad, estrechamente relacionado con la preferencia del consumidor.

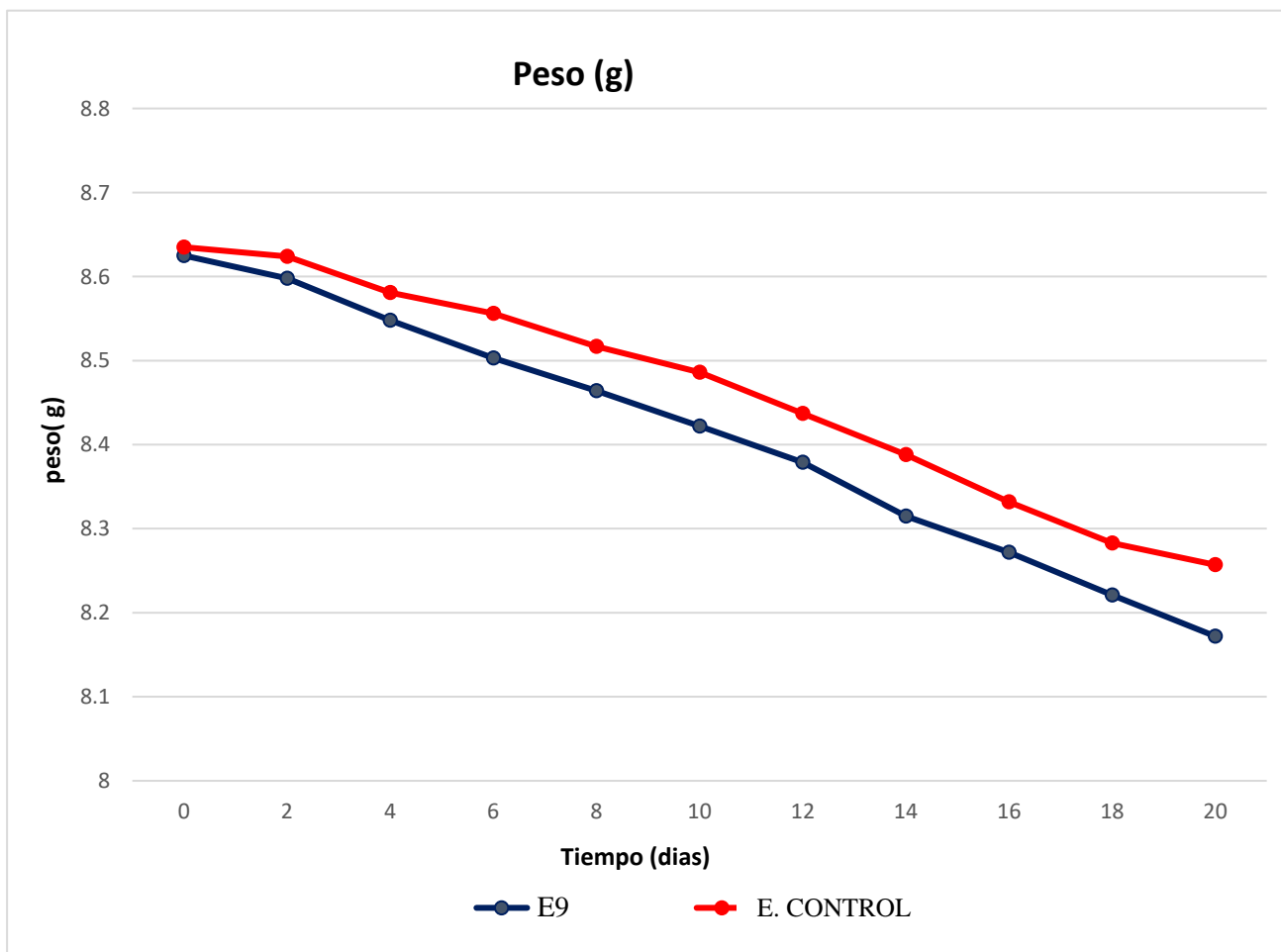
Durante el proceso de horneado, el almidón se gelatiniza y la superficie de las galletas cambia de color, lo cual se debe principalmente a las reacciones de Maillard que ocurren al alcanzar los 140°C.

5.8.2.3. Peso

En la tabla 52 se obtuvieron los pesos (g) de las galletas cada dos días, para poder determinar su vida útil.

Tabla 52: Peso (g) de la galleta óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Tiempo (días)	PESO	
	E9	E. CONTROL
0	8.625	8.635
2	8.598	8.624
4	8.548	8.581
6	8.503	8.556
8	8.464	8.517
10	8.422	8.486
12	8.379	8.437
14	8.315	8.388
16	8.272	8.332
18	8.221	8.283
20	8.172	8.257



Gráfica 14: Variación del peso (g) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

En el **gráfico 14**, el comportamiento de las galletas E9 y E. Control las cuales obtuvieron un peso de **8.625g** y **8.635g** respectivamente en el día 0, registrándose en el último día valores de **8.172g** y **8.257g**.

Con estos datos podemos decir que al pasar los días el peso disminuye, la formulación E9 debido a que presenta un porcentaje de sustitución moderado influye de manera directa sobre el parámetro evaluado.

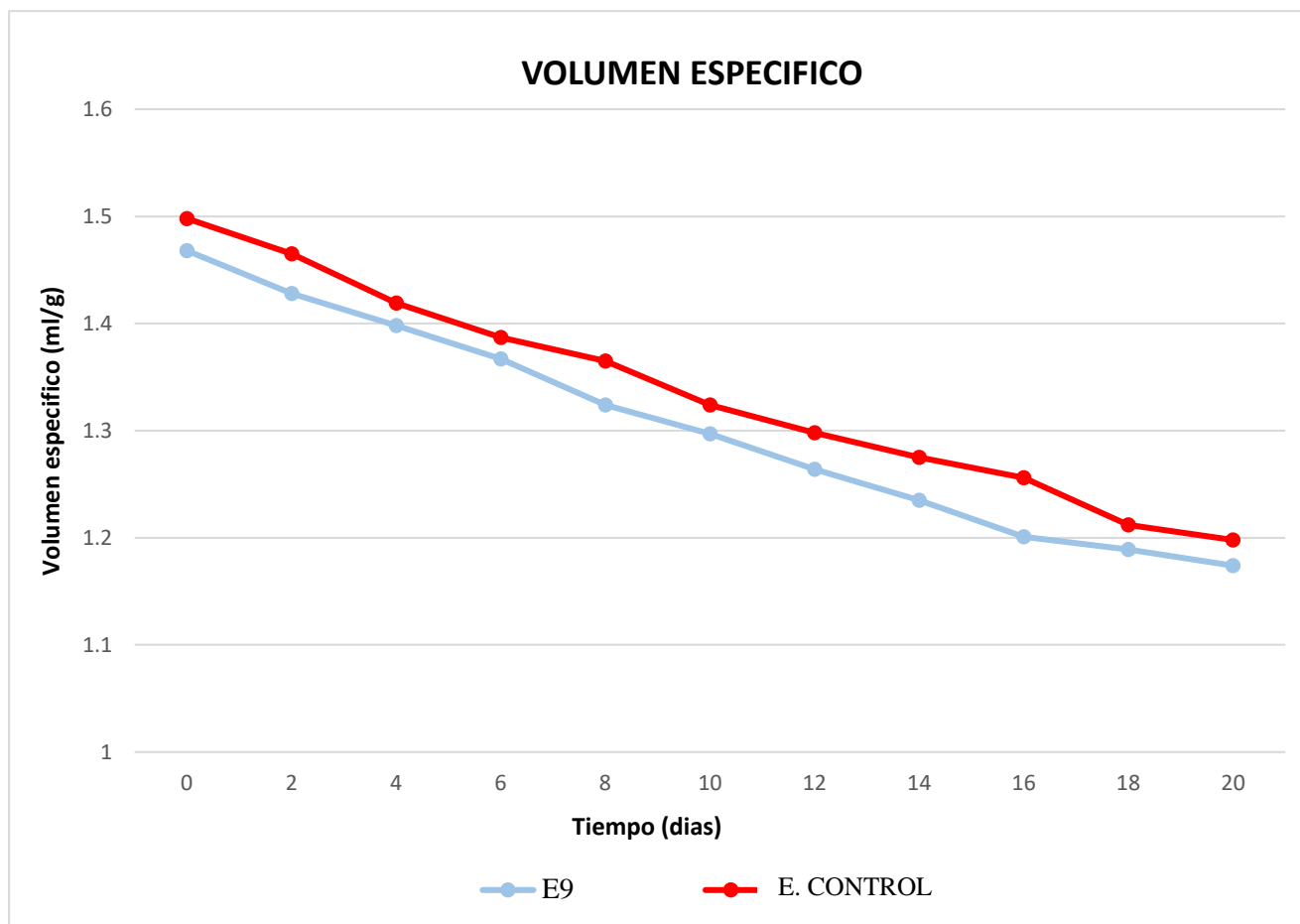
Las investigaciones sobre galletas elaboradas con harina de plátano muestran que, a medida que aumenta la sustitución, el peso de las galletas disminuye, lo que resulta en productos de panadería más livianos.

5.8.2.4. Volumen Específico

En la tabla 53 se presentan los datos del volumen específico (ml/g) de las galletas, registrados cada dos días, con el fin de evaluar su vida útil.

Tabla 53: Volumen específico (ml/g) de las galletas optimas y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Tiempo (días)	VOLUMEN ESPECIFICO (ml/g)	
	E9	E. CONTROL
0	1.468	1.498
2	1.428	1.465
4	1.398	1.419
6	1.367	1.387
8	1.324	1.365
10	1.297	1.324
12	1.264	1.298
14	1.235	1.275
16	1.201	1.256
18	1.189	1.212
20	1.174	1.198



Gráfica 15: Variación de volumen especifico (ml/g) de las galletas óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

En el gráfico 15, el comportamiento de las galletas E9 y E. Control, estas obtuvieron valores de volumen especifico de **1.468 ml/g** y **1.498 ml/g** respectivamente en el día 0.

La galleta E9 muestra un comportamiento comparable al del control. Sin embargo, a lo largo de los días, se observa una disminución, lo que se atribuye al efecto de las harinas sustitutas.

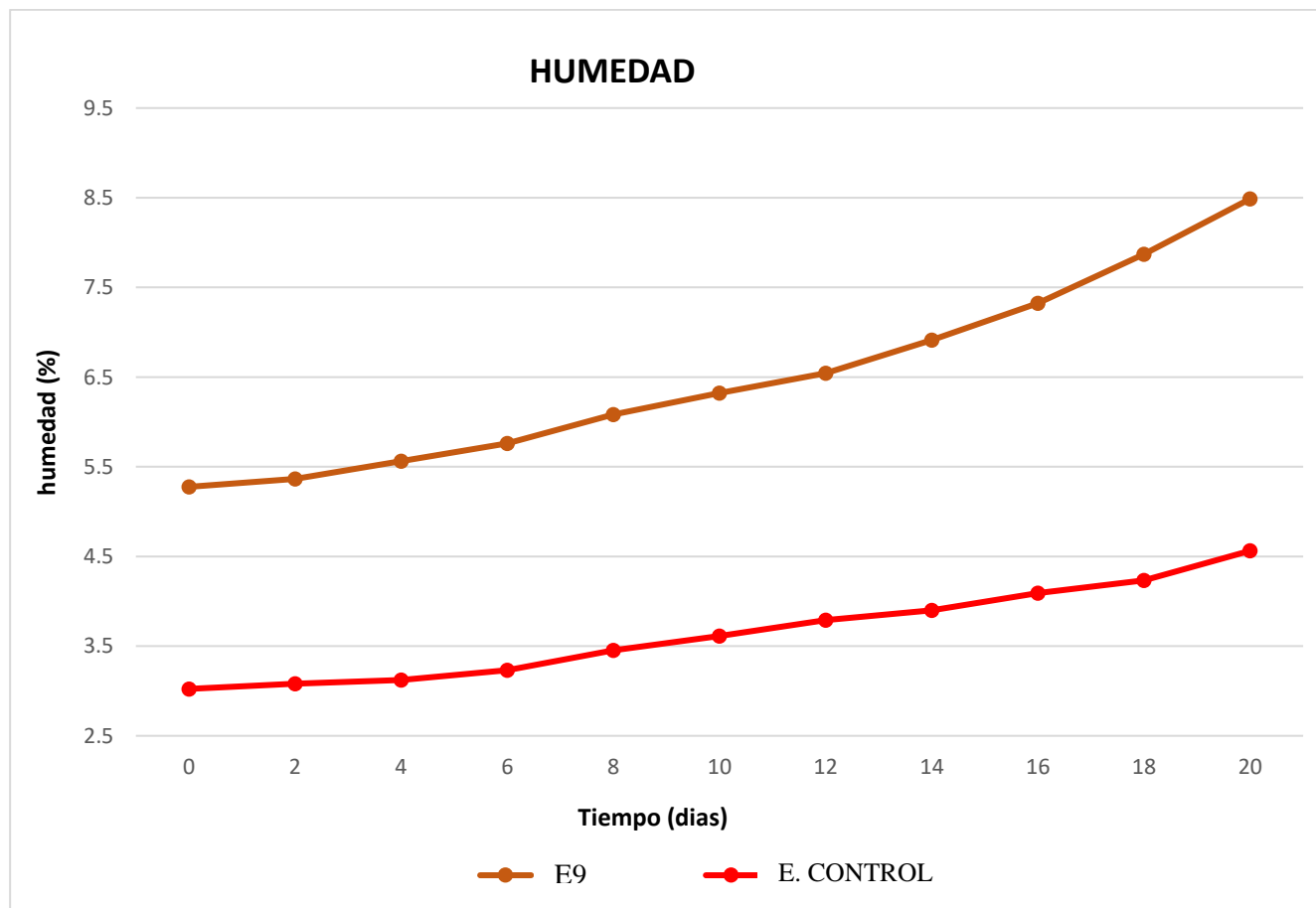
Para el día final se obtuvieron valores de **1.174 ml/g** y **1.198 ml/g** respectivamente. Con estos datos notamos que la galleta E9 es la que presenta una menor disminución de volumen y por tanto es la más recomendable.

5.8.2.5. Humedad

La tabla 54 presenta los datos de humedad de las galletas, recolectados cada dos días, con el fin de evaluar su vida útil.

Tabla 54: Humedad de la galleta óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Tiempo (días)	HUMEDAD (%)	
	E9	E. CONTROL
0	5.276	3.023
2	5.364	3.082
4	5.563	3.123
6	5.762	3.231
8	6.082	3.452
10	6.321	3.612
12	6.543	3.789
14	6.912	3.899
16	7.324	4.090
18	7.87	4.234
20	8.487	4.563

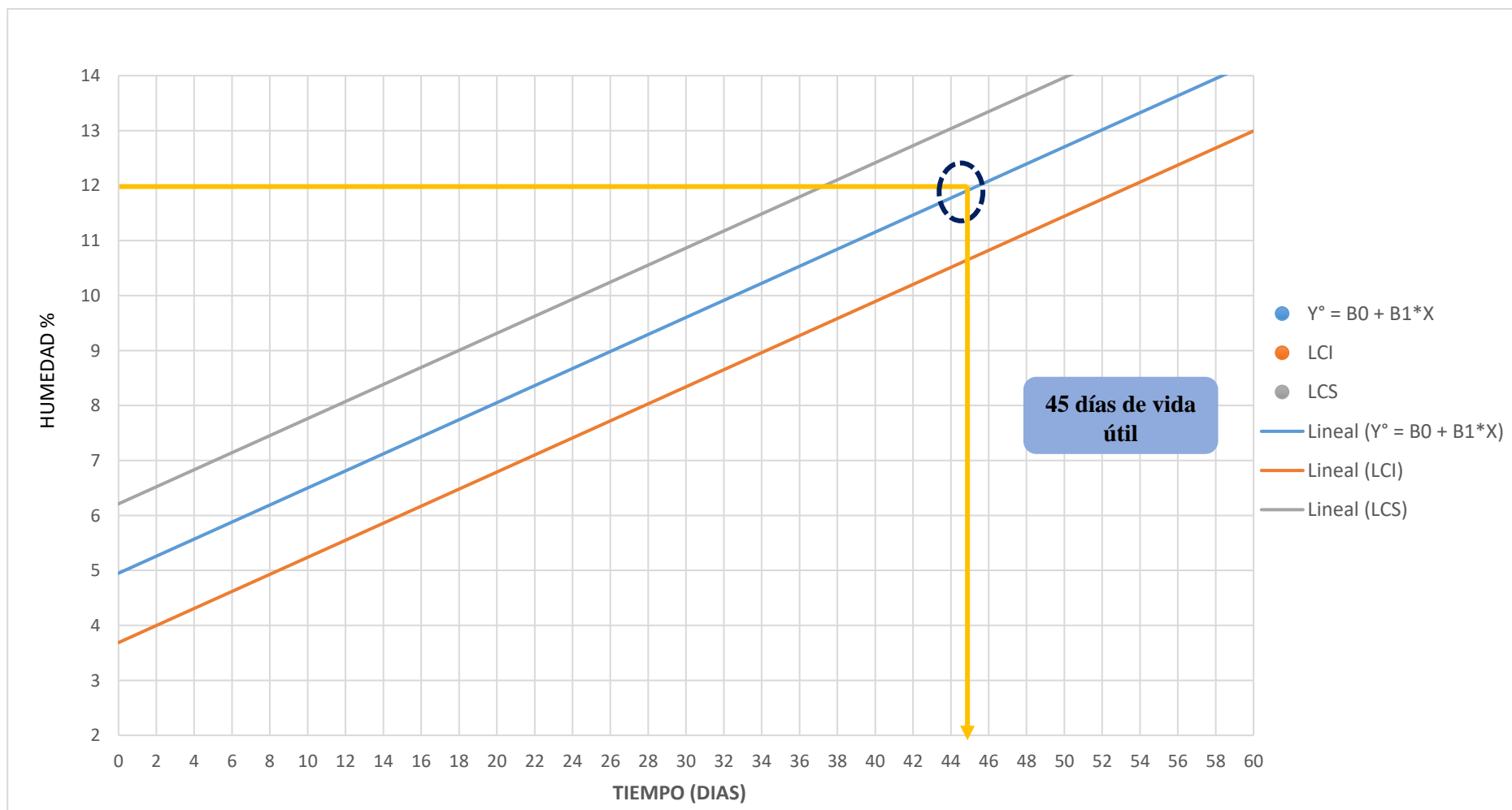


Gráfica 16: Variación de humedad (%) de las galletas optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

En el gráfico 16 podemos observar la tendencia ascendente que muestran las dos formulaciones al paso de los días de almacenamiento, la galleta optima E9 presentó un valor de **5.276%** mientras que la galleta control presentó un valor de **3.023%**.

La galleta con formulación óptima E9 a medida que pasaron los días no superó el valor establecido respecto a la humedad el cual no debe ser mayor al 12%.

La sustitución que presenta E9 (20% H. Plátano y 27.5% H. Camote) nos asegura la estabilidad de la galleta y por tanto su conservación a lo largo del tiempo.



Gráfica 17: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto a la humedad.

Al analizar las galletas periódicamente dejamos el paquete abierto mientras pesábamos las muestras que íbamos a emplear, por tanto, estas se verán afectadas, pues la humedad del ambiente y el de la galleta tienen que equilibrarse, a igualarse, de tal modo que la galleta toma esa humedad del ambiente.

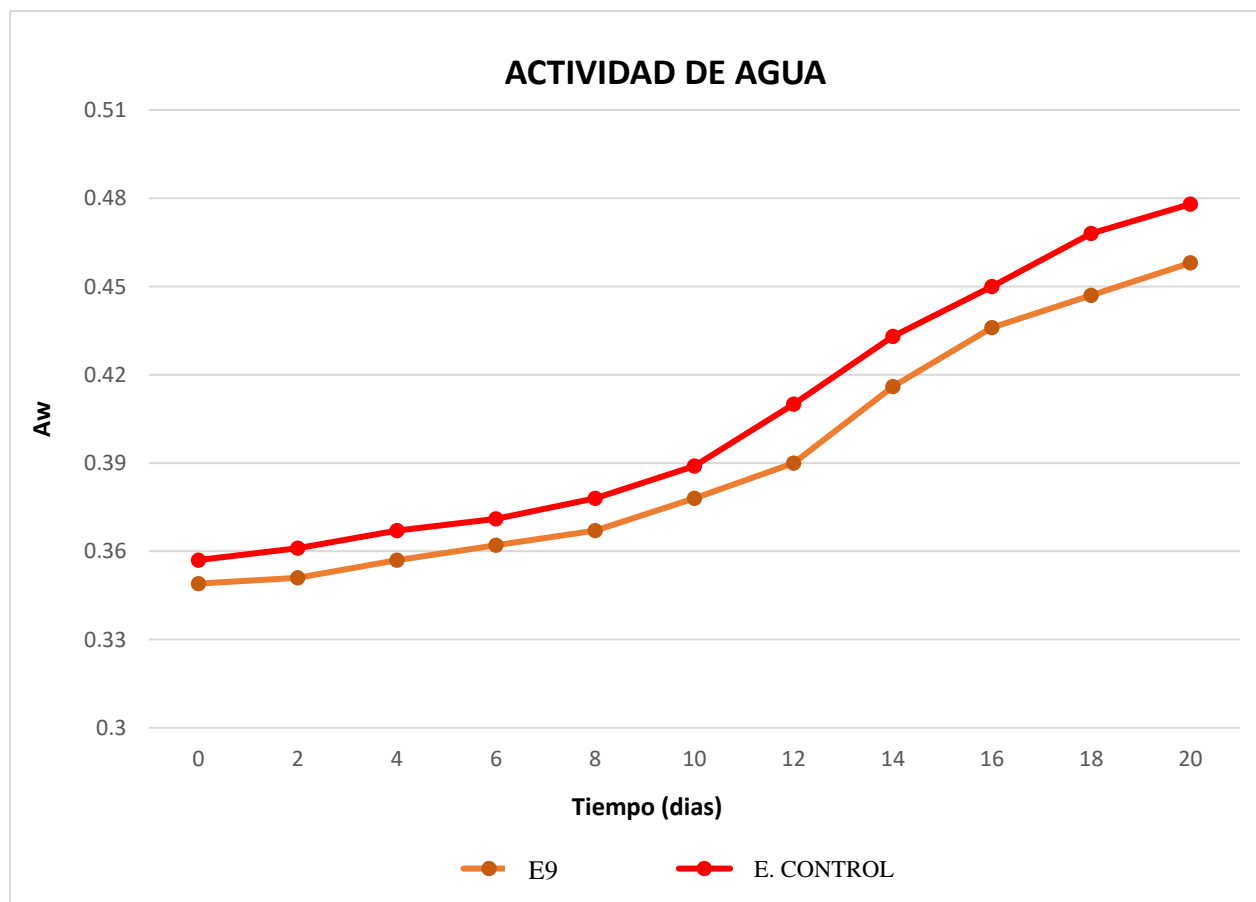
Los valores obtenidos de la formulación optima (20% H. Plátano y 27.5% H. Camote) hasta el final de los 20 días nos indica que la galleta no superó el 12% de humedad establecido, por tanto, presentó buenas características para su consumo, con lo cual podemos concluir que tenemos un producto saludable con un tiempo de vida útil de 45 días.

5.8.2.6. Actividad de agua (Aw)

Se observa en la tabla 55 los valores de Aw (actividad acuosa) de las galletas, registrados cada dos días, para la valoración de su vida útil.

Tabla 55: Aw de la galleta optima y control durante 20 días a temperatura ambiente

Tiempo (días)	ACTIVIDAD DE AGUA (Aw)	
	E9	E. CONTROL
0	0.349	0.357
2	0.351	0.361
4	0.357	0.367
6	0.362	0.371
8	0.367	0.378
10	0.378	0.389
12	0.390	0.410
14	0.416	0.433
16	0.436	0.450
18	0.447	0.468
20	0.458	0.478

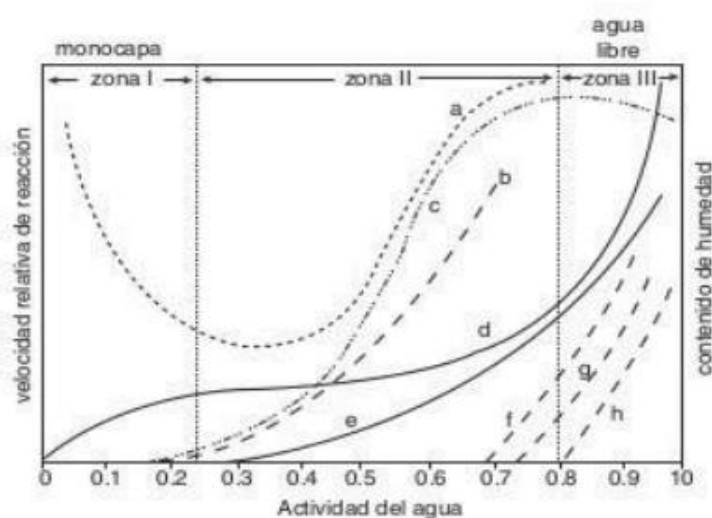


Gráfica 18: Variación de Aw de la galleta óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

En el gráfico 18 podemos observar la tendencia ascendente que muestran cómo evolucionan las formulaciones óptima y control a lo largo del tiempo de almacenamiento, de la galleta E9, su valor de Aw al inicio fue de 0.349 mientras que la E. Control fue 0.357

En el día 20 de almacenamiento la galleta óptima E9 nos dio un valor de 0.458. Este valor bajo nos asegura la conservación de la galleta a lo largo del tiempo lo cual evitara el crecimiento de mohos y levaduras.

Los valores fueron inferiores a 0.45, lo que los sitúa en el rango más bajo de reacciones de oxidación de lípidos y por debajo del umbral de riesgo para el crecimiento de mohos y levaduras (**Badui, 2013**). Esto se puede observar en la Ilustración 6, que muestra los cambios que experimentan los alimentos según la actividad del agua.



Oxidación de lípidos; b) Reacciones hidrolíticas; c) Oscurecimiento no enzimático; d) Isoterma de adsorción; e) Actividad enzimática; f) Crecimiento de hongos; g) Crecimiento de levaduras, y h) Crecimiento de bacterias.

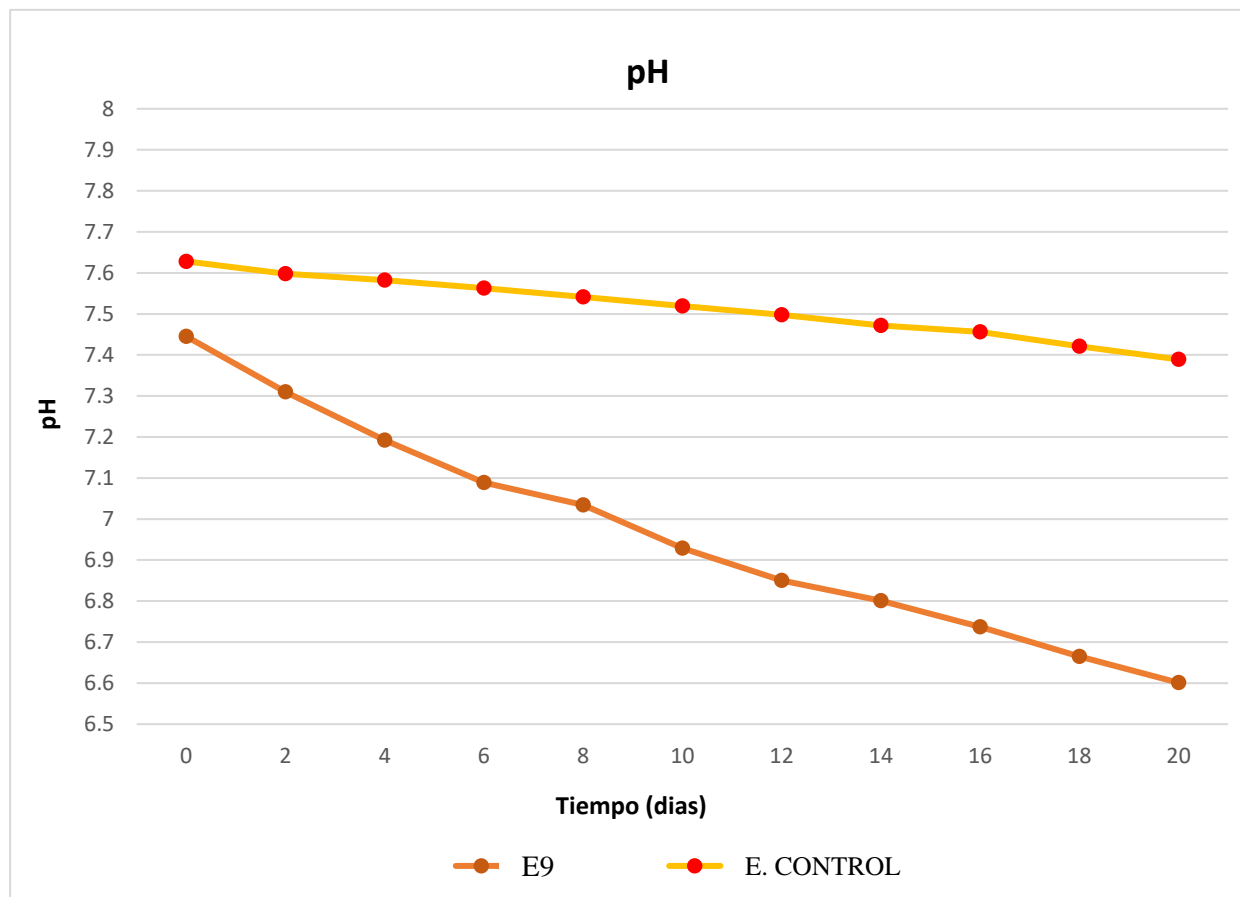
Ilustración 6: Cambios en los alimentos en función de la A_w
(**Badui, 2013**)

5.8.2.7. pH

En la tabla 56 se obtuvieron los datos de pH de las galletas cada dos días, para poder determinar su tiempo de utilidad.

Tabla 56: pH de la galleta óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Tiempo (días)	pH	
	E9	E. CONTROL
0	7.445	7.628
2	7.31	7.598
4	7.192	7.582
6	7.089	7.563
8	7.034	7.541
10	6.929	7.519
12	6.85	7.498
14	6.801	7.472
16	6.737	7.456
18	6.665	7.421
20	6.601	7.389



Gráfica 19: Variación de pH de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

En el gráfico 19 podemos observar la tendencia descendente que muestran la galleta óptima y el control al paso de los días de almacenamiento, la galleta óptima E9, su valor de pH al inicio fue de 7.445 y el E. Control fue 7.268.

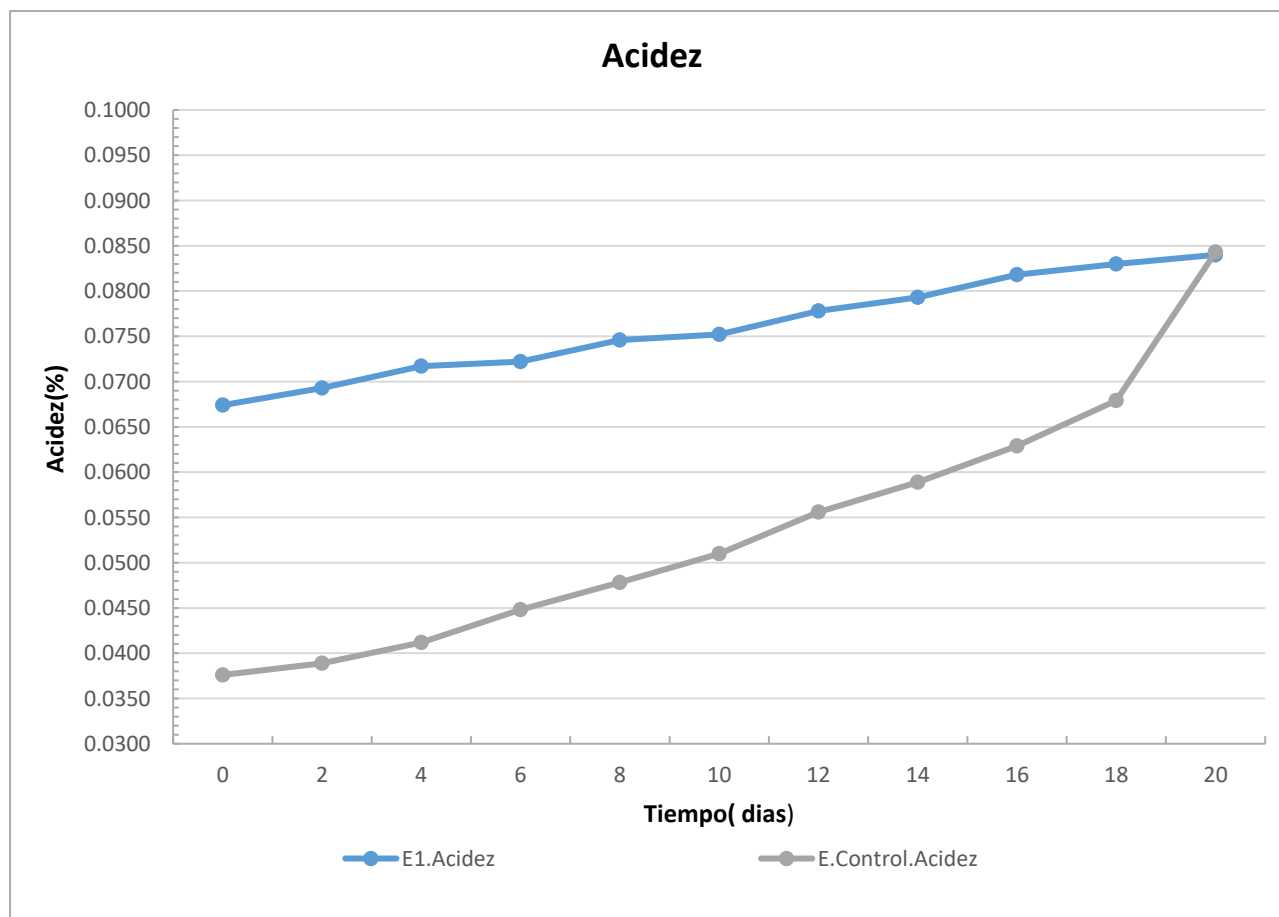
La sustitución que presenta E9 (20% H. Plátano y 27.5% H. Camote) en el día 20 de almacenamiento presentó un valor de 6.601, en base a esto podemos decir que las harinas no influyen negativamente en el producto, sino que se complementan entre si ofreciéndonos un producto estable, con buenas características y aptas para una posible distribución en el mercado.

5.8.2.8. Acidez

Se muestra en la tabla 57 los valores hallados de acidez de las galletas cada dos días, para poder determinar su vida útil.

Tabla 57: Acidez de la galleta óptima y control durante 20 días a temperatura ambiente

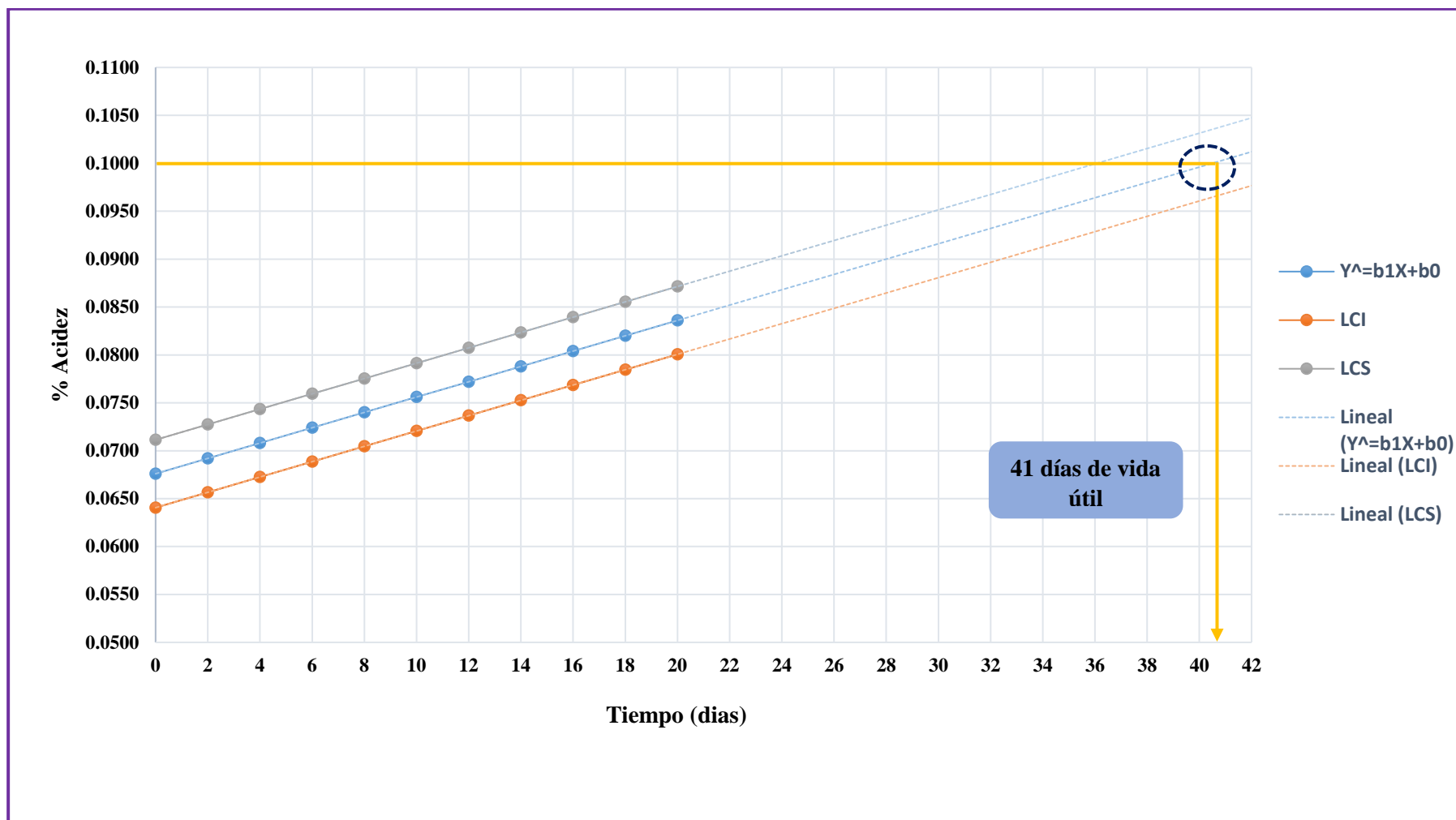
Tiempo (días)	Acidez (%)	
	E9	E. CONTROL
0	0.0674	0.0376
2	0.0693	0.0389
4	0.0717	0.0412
6	0.0722	0.0448
8	0.0746	0.0478
10	0.0752	0.0510
12	0.0778	0.0556
14	0.0793	0.0589
16	0.0818	0.0629
18	0.0830	0.0679
20	0.0840	0.0843



En el gráfico 20 se puede apreciar una tendencia creciente en la acidez de las galletas E9 y control durante el almacenamiento. La galleta E9 comenzó con un valor de acidez de 0.0674%, mientras que la galleta control presentó un valor inicial de 0.0376%.

Este valor bajo nos asegura la conservación de la galleta a lo largo del tiempo, ya que a medida que pasaron los días la galleta no superó el valor establecido de 0,1% de acidez.

Gráfica 20: Variación de Acidez (%) de la galleta óptima y control durante 20 días a temperatura ambiente



Gráfica 21: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto a la acidez

El contenido de ácido es de suma importancia porque puede ser un índice de deterioro del producto. La galleta E9 con formulación (20% H. Plátano y 27.5% H. Camote) presentó 41 días de vida útil, valor que nos brinda seguridad en la conservación de las galletas.

5.8.2.9. Controles sensoriales

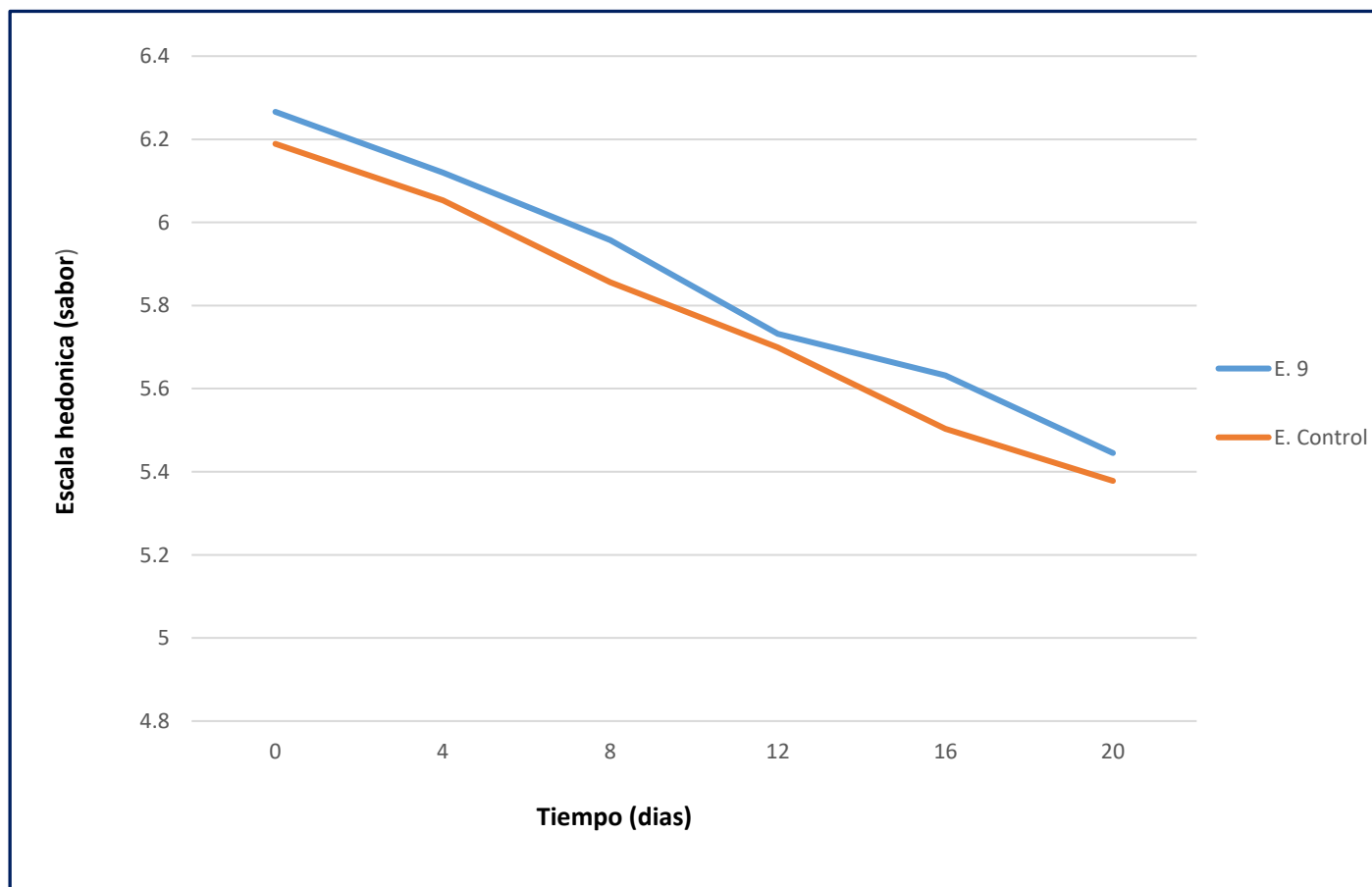
Para determinar la vida útil de las galletas, se evaluaron atributos sensoriales como sabor, color, y olor utilizando una escala hedónica de 1 (me disgusta mucho) a 7 (me gusta mucho). La textura sensorial se valoró también con una escala hedónica, donde 1 representa "suave" y 5 "muy firme" (**ver anexo 3**). Las evaluaciones se realizaron a lo largo de 20 días, basándose en los juicios de los panelistas.

5.8.2.9.1. Sabor sensorial

Mediante el análisis de regresión, se estableció el tiempo de vida útil de la galleta seleccionada como la mejor formulación, E9. Este es el período en el cual el atributo evaluado alcanza el límite de aceptabilidad definido, que es un valor de "5".

Tabla 58: Valores del sabor sensorial de la galleta optima y control durante 20 días a temperatura ambiente

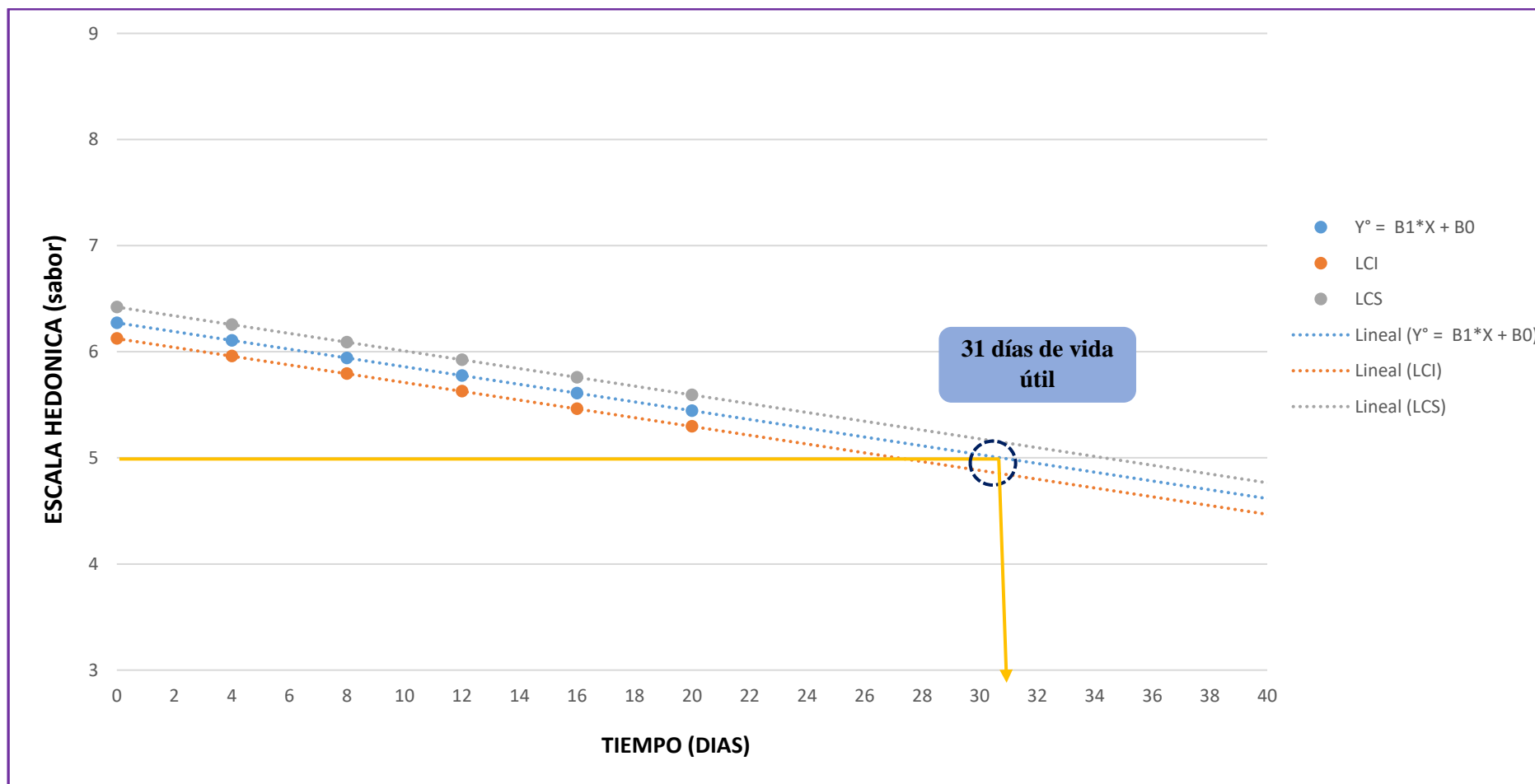
Tiempo (días)	Sabor	
	E9	E. CONTROL
0	6.266	6.189
4	6.120	6.053
8	5.957	5.856
12	5.732	5.699
16	5.632	5.503
20	5.445	5.378



Gráfica 22: Variación de valores de escala hedónica (sabor) de la galleta óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

La gráfica 22 muestra la reducción en la puntuación de sabor a medida que pasan los días. En el día cero, la galleta **E9** obtuvo un promedio de 6.266, lo que está por encima del nivel de aceptación de 6 (Me gusta moderadamente), mientras que la **galleta control** alcanzó un promedio de 6.189.

En el día 20, el puntaje obtenido desciende presentando valores para **E9** de **5.445** valor que se encuentra por encima de 5 (me gusta poco), mientras que **E. control** presenta un valor de **5.378** valor que se encuentra según la escala evaluada 5 (me gusta poco). Comparando los resultados notamos que la formulación más indicada sería la **E9** ya que a medida que pasan los días aun presenta un sabor agradable al consumirlo.



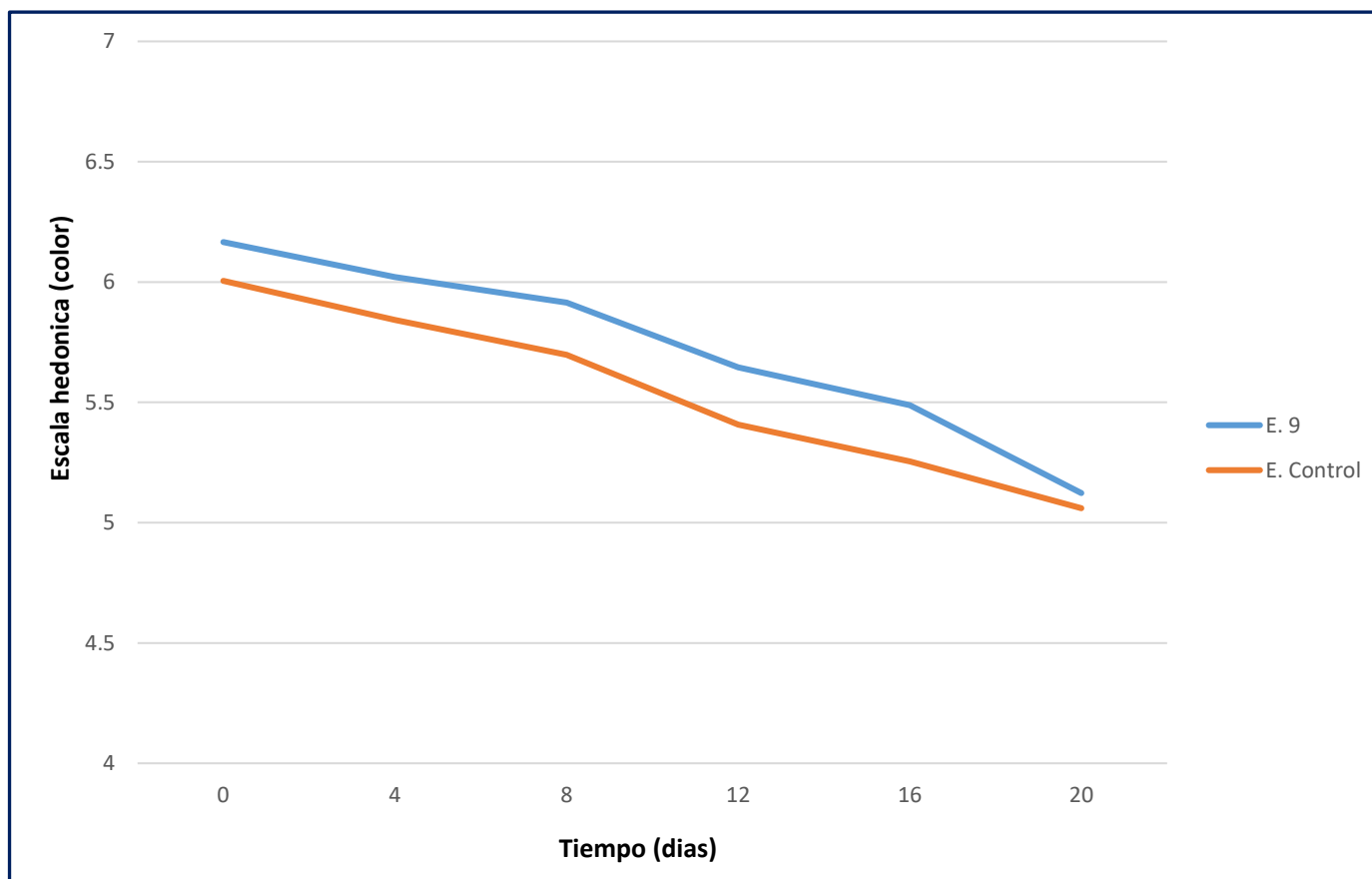
Grafica 23: Determinación grafica del tiempo de vida útil de las galleta E9 con mejor formulación con respecto al sabor sensorial.

5.8.2.9.2. Color sensorial

Tras realizar la regresión, se estableció el tiempo de vida útil de la galleta óptima E9, momento en el que este atributo alcanza el límite de aceptabilidad fijado en "5".

Tabla 59: Valores del color sensorial de la galleta optima y control durante 20 días a temperatura ambiente

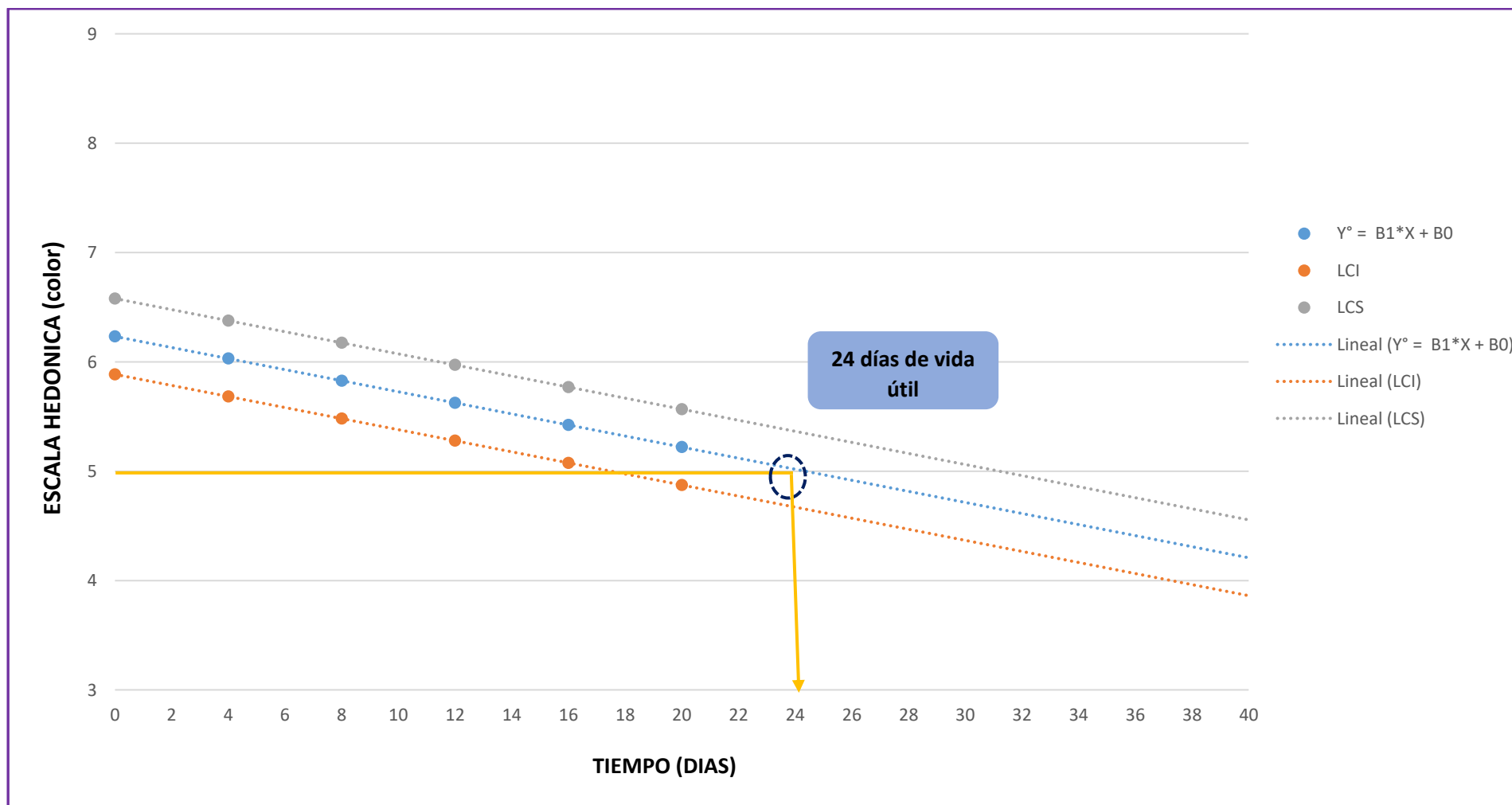
Tiempo (días)	Color	
	E9	E. CONTROL
0	6.166	6.005
4	6.021	5.842
8	5.915	5.697
12	5.645	5.408
16	5.488	5.255
20	5.123	5.060



Gráfica 24: Variación de valores de escala hedónica (color) de la galleta óptima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

En la gráfica se muestra cómo va disminuyendo el puntaje de color a medida que transcurren los días, en el día cero el promedio alcanzado para la galleta **E9** fue de 6.166 valor que está por arriba del nivel de aceptación 6 (Me gusta moderadamente); mientras que la galleta **E. control** alcanzo un promedio de 6.005.

En el día 20, el puntaje obtenido descendié presentando valores para **E9** de **5.123** valor que se encuentra por encima de 5 (me gusta poco), mientras que **E. control** presenta un valor de **5.060** valor que se encuentra según la escala evaluada 5 (me gusta poco). Comparando los resultados notamos que la formulación más indicada seria la **E9** ya que a medida que pasan los días aun presenta un color agradable al consumirlo.



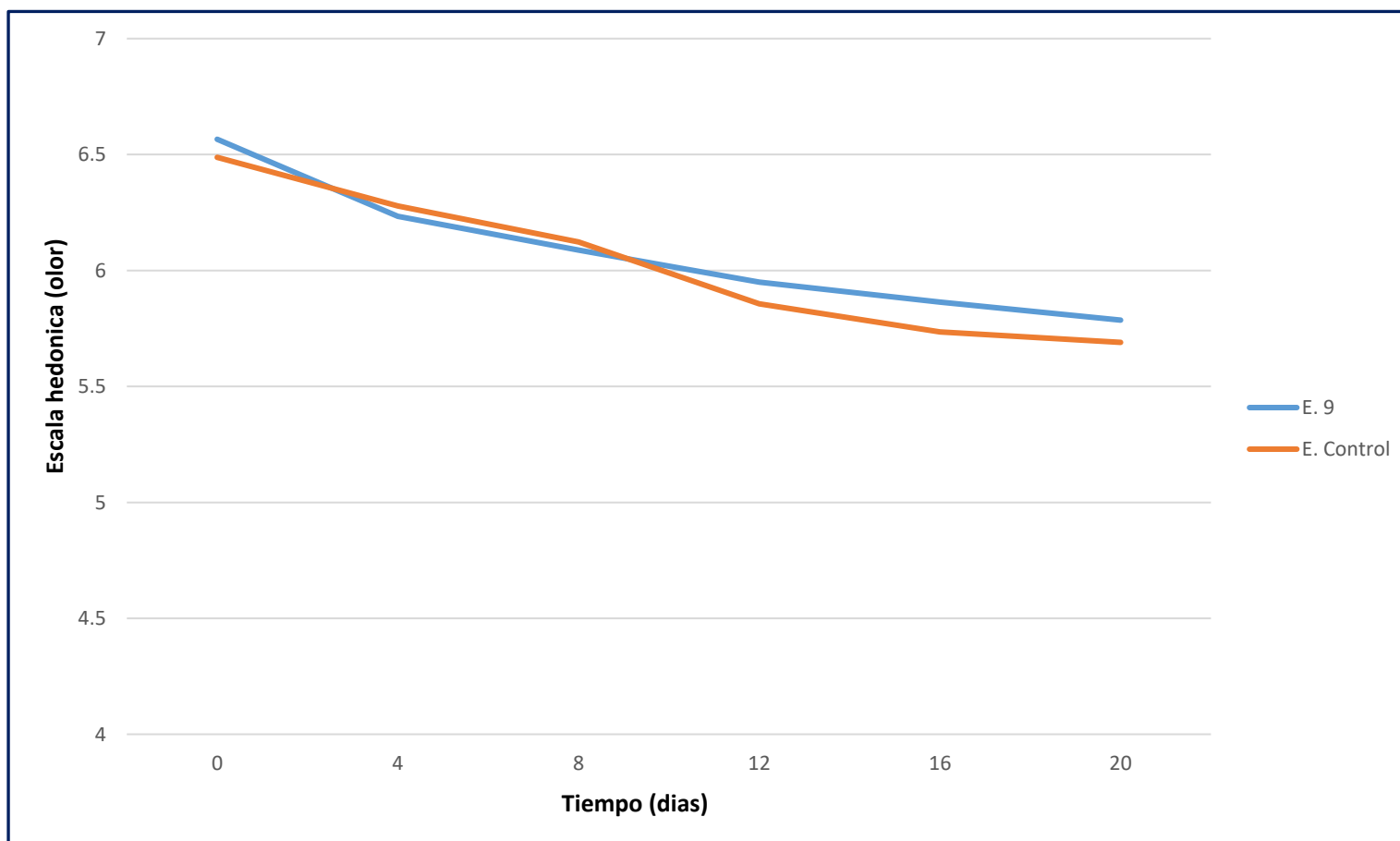
Gráfica 25: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto al color sensorial

5.8.2.9.3. Olor sensorial

Después de llevar a cabo la regresión pertinente, se determinó el tiempo de vida útil de las galletas con la formulación óptima, E9, en el que este atributo llega al límite de aceptabilidad establecido en "5".

Tabla 60: Valores del olor sensorial de la galleta optima y control durante 20 días a temperatura ambiente

Tiempo (días)	Olor	
	E9	E. CONTROL
0	6.566	6.488
4	6.234	6.278
8	6.088	6.123
12	5.950	5.856
16	5.864	5.735
20	5.786	5.690

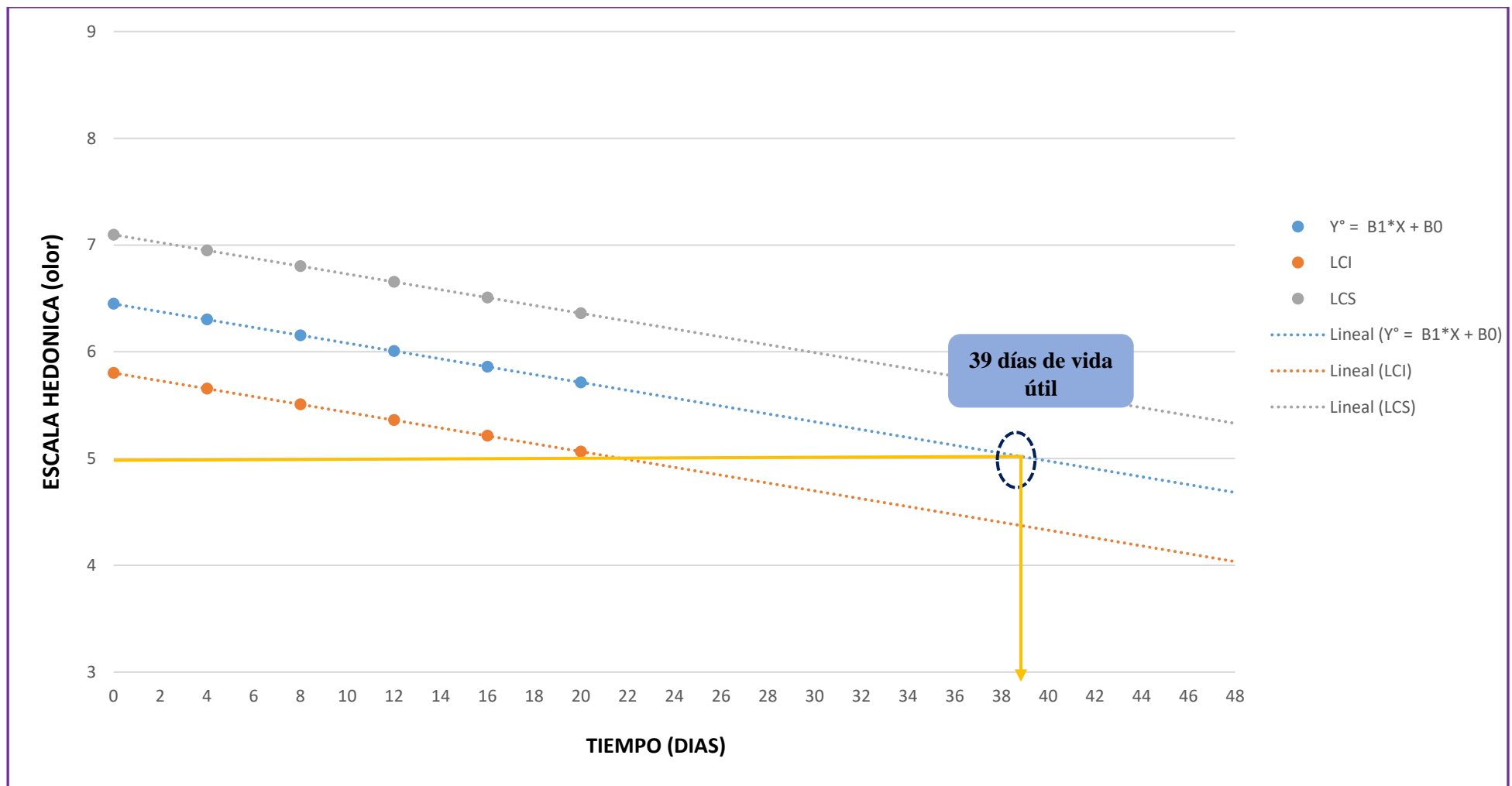


Gráfica 26: Variación de valores de escala hedónica (olor) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

Se puede visualizar en el gráfico se muestra cómo va disminuyendo el puntaje de olor a medida que transcurren los días, en el día cero el promedio alcanzado para la galleta **E9** fue de 6.566 valor que está por arriba del nivel de aceptación 6 (Me gusta moderadamente); en tanto, que la galleta **E. control** alcanzo un promedio de 6.488.

En el día 20, el puntaje obtenido desciende presentando valores para **E9** de **5.786** valor que se encuentra por encima de 5 (me gusta poco), mientras que **E. control** presenta un valor de **5.690** valor que se encuentra según la escala evaluada 5 (me gusta poco).

Comparando los resultados notamos que ambas formulaciones presentan el comportamiento semejante, tanto la **E9** y **E. control** presentan un olor agradable al consumirlo.



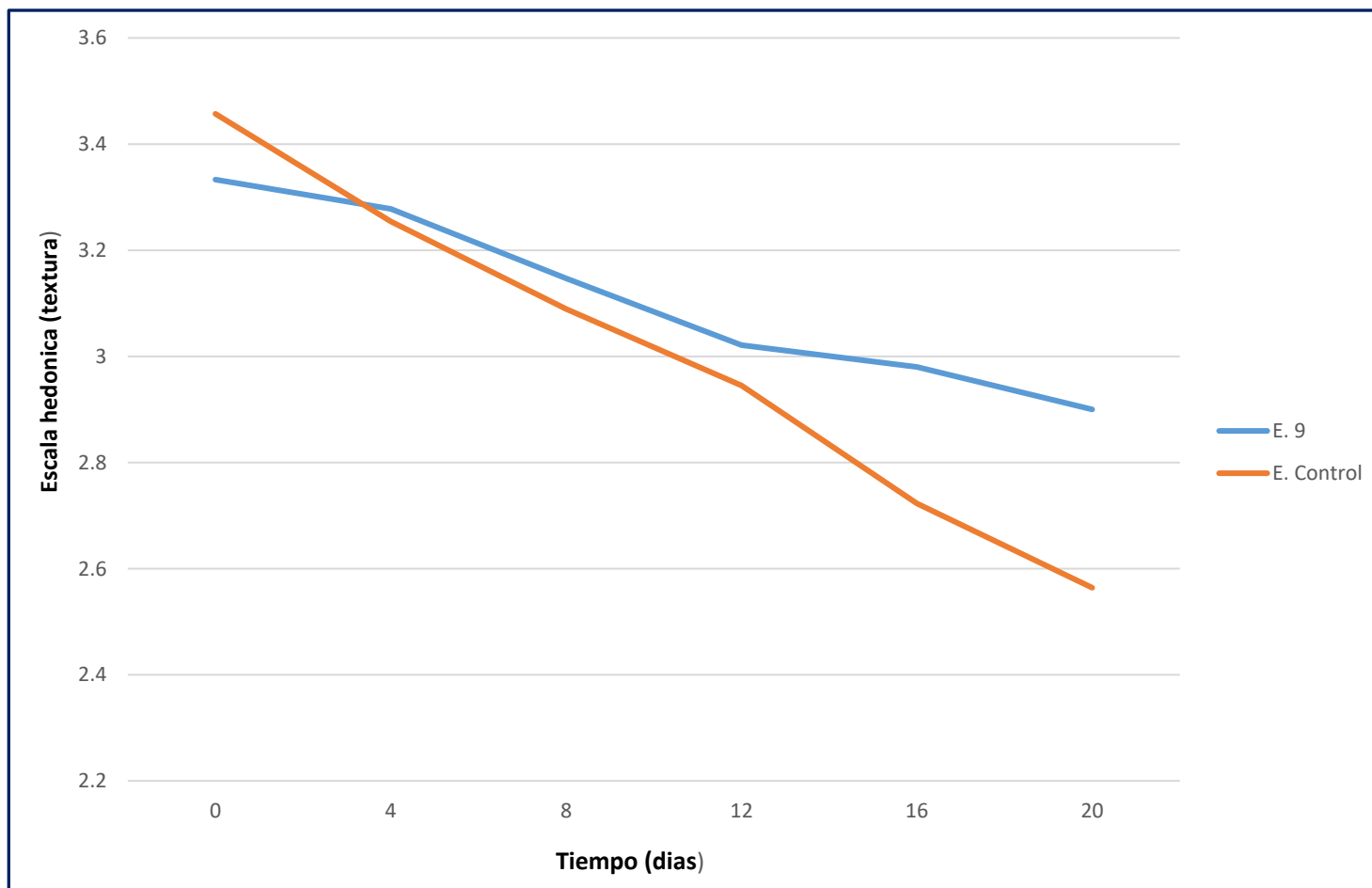
Gráfica 27: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto al olor sensorial

5.8.2.9.4. Textura sensorial

Luego de realizar la regresión correspondiente, se estableció el tiempo de vida útil de las galletas con la formulación E9, momento en el cual este atributo llega al umbral de aceptabilidad definido en "3".

Tabla 61: Valores de la textura sensorial de la galleta optima y control durante 20 días a temperatura ambiente

Tiempo (días)	Textura	
	E9	E. CONTROL
0	3.333	3.457
4	3.278	3.254
8	3.147	3.089
12	3.021	2.945
16	2.980	2.723
20	2.900	2.564

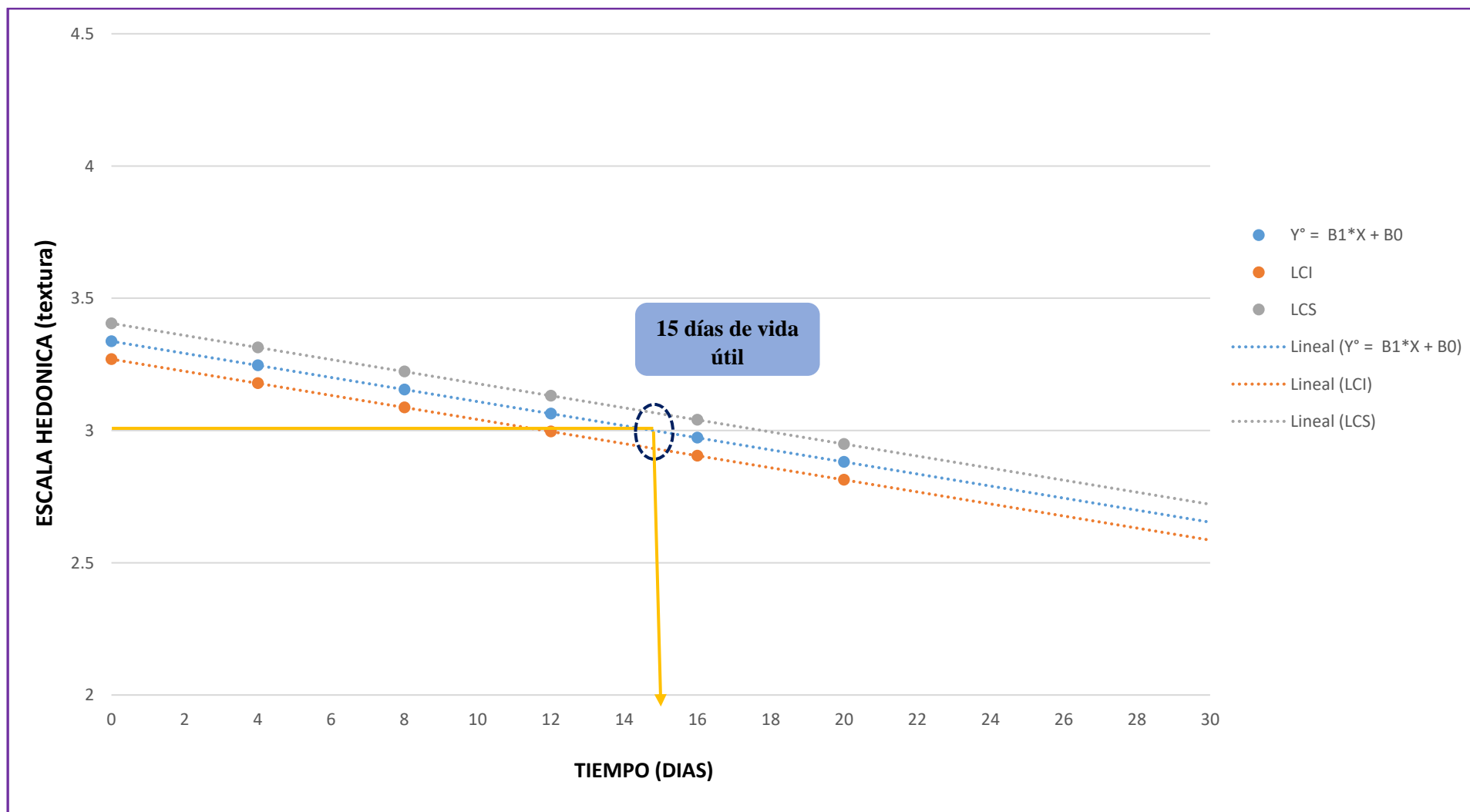


Grafica 28: Variación de valores de escala hedónica (textura) de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente

El gráfico aporta la visión de la disminución del puntaje de la textura sensorial con el paso de los días. En el día cero, la galleta **E9** obtuvo un promedio de 3.333, superando el nivel de aceptación de 3 (crujiente), mientras que la galleta **E. control** alcanzó un promedio de 3.457.

En el día 20, el puntaje obtenido desciende presentando valores para **E9** de **2.900** valor que se encuentra por encima de 2 (quebradizo), mientras que **E. control** presenta un valor de **2.564** valor que se encuentra según la escala evaluada 2 (quebradizo).

Comparando los resultados notamos que la formulación más indicada sería la E9 ya que a medida que transcurren los días aun presenta una textura agradable al consumirlo.



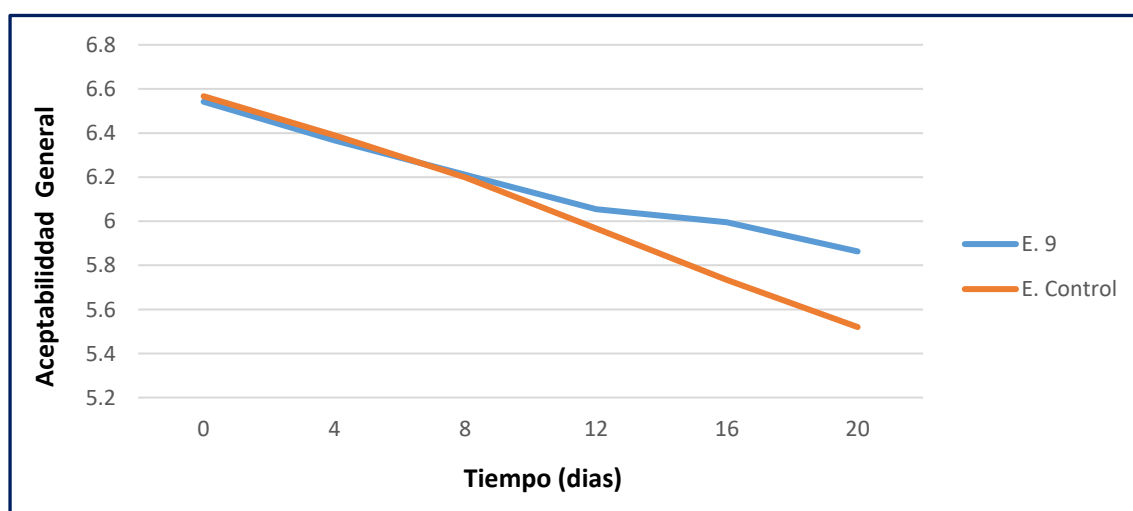
Grafica 29: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto a la textura sensorial

5.8.2.9.5. Aceptabilidad General

Después de evaluar los atributos de las galletas, se determinó el grado de aceptabilidad de las galletas elegidas como mejor formulación E9 y con un E. control durante 20 días.

Tabla 62: Valores de aceptabilidad general de la galleta optima y control durante 20 días

Tiempo (días)	Aceptabilidad General	
	E9	E. CONTROL
0	6.542	6.567
4	6.367	6.390
8	6.211	6.198
12	6.054	5.968
16	5.995	5.734
20	5.863	5.520



Grafica 30: Variación de valores de aceptabilidad general de la galleta optima y control durante 20 días de almacenamiento

5.8.2.10. Análisis Sensorial a niños en edad escolar

5.8.2.10.1. Análisis Sensorial

Se contó con la participación de 30 panelistas, compuestos por niños 18 varones y 12 hembras de 9 a 10 años, todos estudiantes del cuarto grado de primaria en la Institución Educativa Experimental de la UNS. A cada participante se le ofrecieron dos muestras: una de control y otra óptima, la cual había obtenido buenos resultados en un análisis sensorial previo realizado con los estudiantes de la UNS y a través de evaluaciones fisicoquímicas. Las muestras fueron presentadas en capacillos de colores (verde para la muestra control y celeste para la muestra E9) junto con un vaso con agua. La ficha de evaluación utilizada se detalla en el (**Anexo 4**).



En la Tabla 63 se detallan las puntuaciones medias, asignadas por los panelistas a cada formulación durante el análisis sensorial.

Tabla 63: Puntuaciones de promedio de las características sensoriales de las galletas.

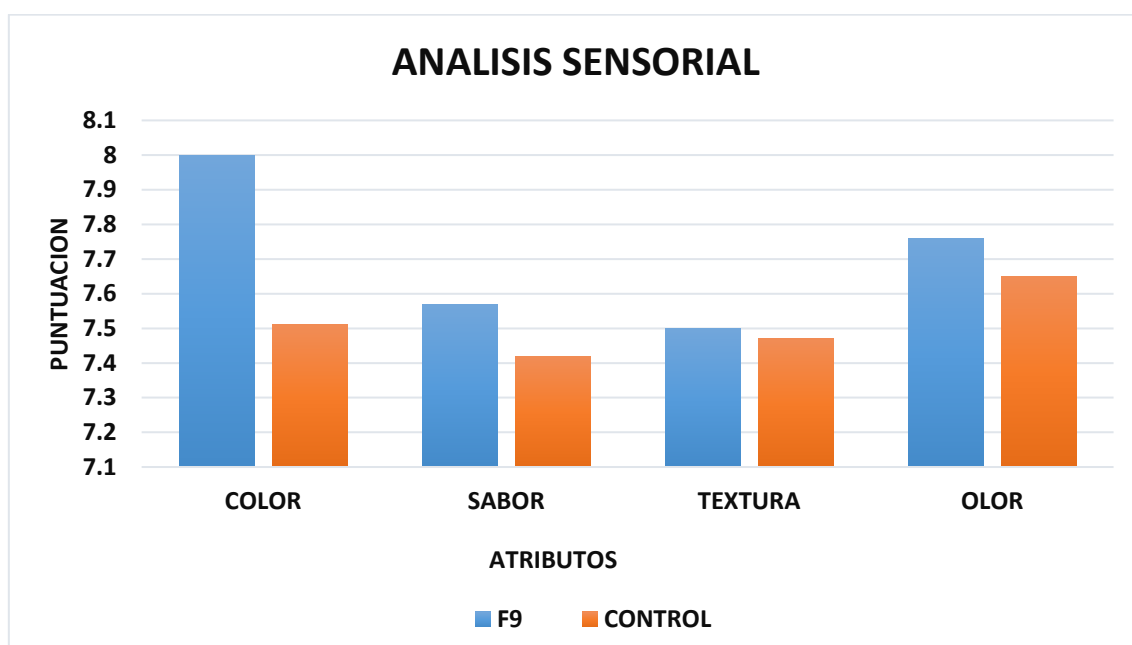
FORMULACIONES	CARACTERISTICA SENSORIAL			
	COLOR	SABOR	TEXTURA	OLOR
E9	8.00± 0.76 ^b	7.57 ± 0.92 ^a	7.50 ± 0.81 ^a	7.76 ± 1.74 ^b
CONTROL	7.51 ± 1.11 ^{a,b}	7.42 ± 1.89 ^c	7.47 ± 1.81 ^c	7.65 ± 0.92 ^b

Media de 30 panelistas no entrenados ± SD.

En la evaluación sensorial se observó que los puntajes de las formulaciones en relación al color presentaron puntuaciones altas. La galleta óptima E9 tuvo un puntaje de **8.00 ± 0.76**, siendo significativamente superior al control, y el control presentó un puntaje **7.51 ± 1.11**. Estos resultados indican que los niños prefieren las galletas con una formulación basada por 27.5% H. camote y 20% H. plátano respectivamente, por tanto, podemos deducir que la sustitución influye positivamente sobre la característica color en las galletas.

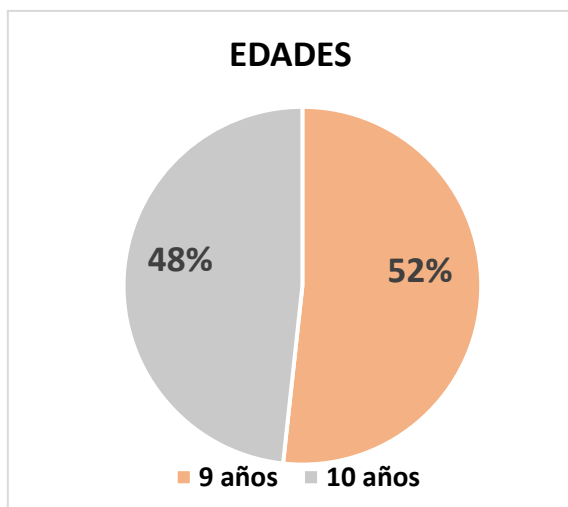
En los resultados obtenidos respecto al sabor, se notó que, entre las dos galletas, la más aceptada fue la óptima presentando un puntaje de **7.57 ± 0.92** mientras que la galleta control tuvo un puntaje de **7.42 ± 1.89**. Por tanto, podemos decir que la sustitución parcial de harina comercial (trigo) es aceptado por los consumidores con agrado sobre todo porque no solo es una galleta agradable, sino que presenta buenas características nutricionales para los que las consumen.

Con respecto, a la textura, la puntuación más alta fue para E9 (7.50 ± 0.81), mientras que la formulación control más aceptable fue el (7.47 ± 1.81). En cuanto al olor, la formulación óptima E9 presentó una puntuación de (7.76 ± 1.74) y la galleta control un valor de (7.65 ± 0.92). Según el grafico de medias la E9 tiene una similitud con las características de la galleta control debido a que esta formulación tiene sustituciones de 27.5 % H. Camote y 20 % H. Plátano lo cual no afecta en el olor de las galletas, y tiene una mayor aceptación por parte de los niños.

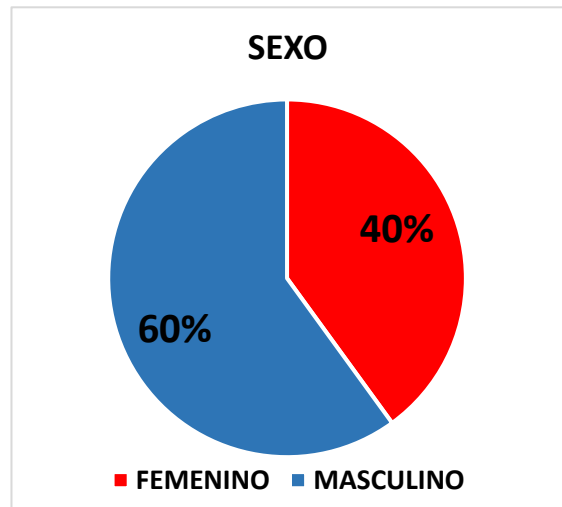


Gráfica 31: Análisis sensorial con escala hedónica de las galletas control y óptima aplicado a niños de cuarto grado de primaria

Según la evaluación sensorial podemos concluir que los puntajes más altos tanto para el color, olor, sabor y textura fue la que presento la galleta E9, esta tiene mayor aceptación por los niños.

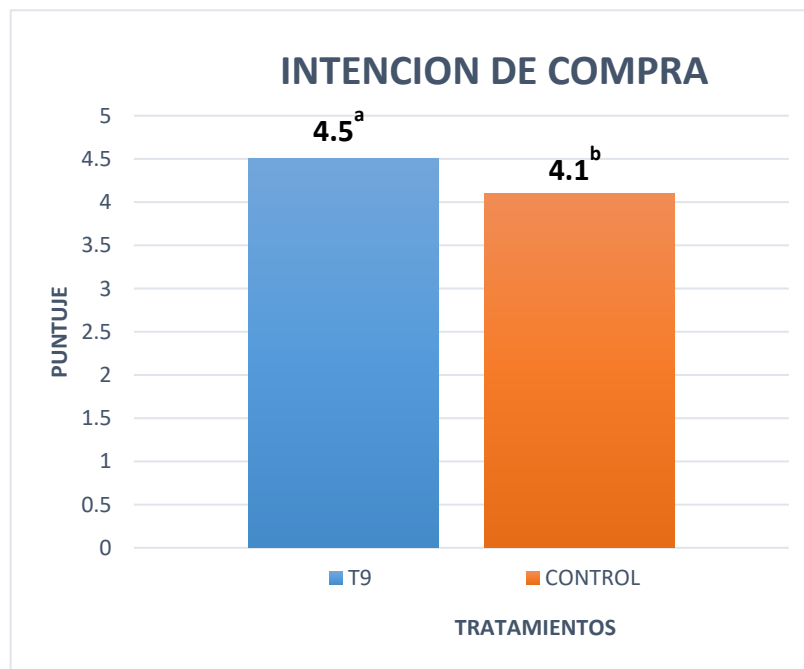


Gráfica 32: edades de los niños encuestados

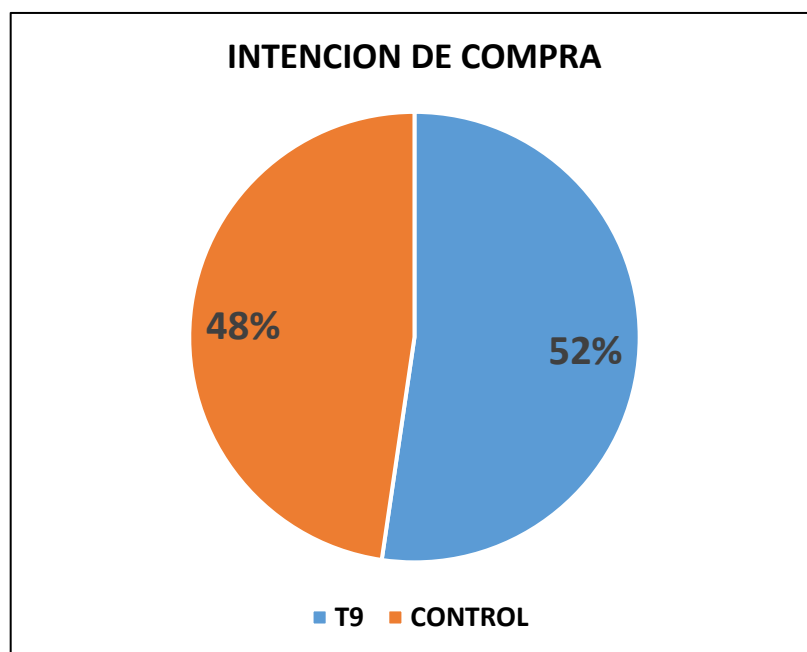


Gráfica 33: Sexo de los niños encuestados

5.8.2.10.2. Intención de Compra



Gráfica 34: Intención de compra de la galleta control y óptima



Gráfica 35: Porcentaje de intención de compra de la galleta óptima y control

En la Gráfica 35 se pueden observar las medias según los resultados obtenidos de la evaluación de intención de compra de las formulaciones estudiadas. Claramente se aprecia que el porcentaje de sustitución, de la harina de trigo por H. camote y H. plátano fue aceptado por los niños y estos se muestran en los resultados obtenidos.

Por lo cual los puntajes E9 y Control presentaron diferencia significativa entre medias, lo que indica que los panelistas están dispuestos a comprar el producto hasta con una sustitución del 27.5 % y 20% de H. camote y H. plátano respectivamente. Esta sustitución lo muestra la galleta E9 con un valor de (4.5) lo que según la escala evaluada significa que (posiblemente lo compraría), mientras que el puntaje del control fue de (4.5) según la escala significa (tal vez lo compraría). Como vemos ambas galletas son aceptadas, lo que nos indica que la galleta E9 es muy similar a la galleta control.

Las galletas elaborado con sustitución de harina de camote y harina de plátano se propone como un producto

innovador, el cual rescata el uso de tubérculos y frutas. La aceptabilidad en un mercado realza la propiedad de un alimento funcional, y en la encuesta realizada a posibles consumidores (niños) se planteó la posible compra del producto, esto porque es un producto nutritivo para los niños de edad escolar.

5.8.2.11. Análisis Microbiológico

Los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad que deben cumplir las harinas y similares, son los siguientes:

CUADRO N° 3. Criterios Microbiológicos en productos de panificación, galletería y pastelería.

Productos que no requieren refrigeración, con o sin relleno y/o cobertura (pan, galletas, panes enriquecidos o fortificados, tostadas, bizcochos, panetón, queques, obleas, pre-pizzas, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	N	C	Límite por gr.	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10^2	10^3

El moho es un tipo de hongo microscópico que vive en la materia orgánica. Se estima que hay más de 300,000 especies diferentes de hongos, la mayoría de ellos tienen una forma de hilo y producen esporas que pueden propagarse fácilmente en el aire o el agua.: (Mercola, 2015).

Según los resultados obtenidos durante la evaluación tenemos:

Tabla 64: Análisis microbiológico de la galleta óptima y control durante su almacenamiento a temperatura ambiente

ANALISIS	ALMACENAMIENTO		
	Día 0	Día 10	Día 20
Recuento de mohos (UFC/g)			
CONTROL	0	0	9×10^1
E9	0	0	1.2×10^2

La tabla 64 presenta que no se detectaron unidades formadoras de colonia para el recuento de mohos en los días 0 y 10. No obstante, en el día 20 se registraron 9×10^1 UFC/g para la galleta control y 1.2×10^2 UFC/g para la formulación E9. Ambas muestras se encuentran dentro del rango aceptable (m). La cuantificación se realizó después de 10 días de incubación, y a los 20 días de almacenamiento, los valores siguen dentro del límite máximo permitido (M).

El reducido crecimiento microbiológico observado en las galletas se debe al tratamiento térmico aplicado durante su preparación y a su bajo contenido de humedad, lo cual mejora su conservación y extiende su vida útil, representando una ventaja en términos de almacenamiento.

6. CONCLUSIONES

- La formulación óptima, determinada mediante el diseño compuesto central rotacional DCCR 2², fue la cookie E9 (20% harina de plátano y 27.5% de camote). Se concluye que la combinación de estas dos harinas tiene un efecto favorable en las galletas, ya que presentan características fisicoquímicas y sensoriales adecuadas, además de ser un producto altamente nutritivo para el consumo general.
- La química proximal de la harina de camote incluye: 2.80% de proteínas, 8.69% de humedad, 3.18% de cenizas, 0.94% de grasa, 5.90% de fibra y 84.39% de carbohidratos. Por otro lado, la harina de plátano presenta: 4.10% de proteínas, 10.28% de humedad, 4.14% de cenizas, 0.97% de grasa, 5.60% de fibra y 80.51% de carbohidratos. Esto evidencia que la galleta propuesta posee un valor nutricional superior en relación con la fórmula ideal.
- Mediante el score químico, se determinó que las cookies tienen un alto contenido de proteínas gracias a que combinando las harinas logran un producto con un alto valor proteico. Podemos notar que todas las formulaciones cumplen lo establecido por la WHO/FAO/UNU
- La cookie óptima (20% h. de plátano y 27.5% h. de camote) presentó características fisicoquímicas como textura instrumental de 83.017 mJ, humedad 8,487%, aw de 0.458, pH de 6.60, acidez 0.0840% a los 20 días de almacenamiento. Con base en estos valores, se puede concluir que la galleta satisface los criterios definidos en los rangos permitidos según la Norma Sanitaria para la Producción, Elaboración y Venta de Productos de Panadería, Galletería y Pastelería. (RM N° 1020-2010/MINSA)
- Mediante el análisis sensorial realizados a los estudiantes de la UNS se determinó que la cookie E9 presentó calificaciones buenas, tanto para los siguientes criterios sabor presentando un valor de 6.266”, color un de 6.166, olor de 6.566 lo que según evaluación significa “me gusta

moderadamente y textura un valor de 3.333 lo que según evaluación significa “crujiente”. Con los resultados se observa que la cookie tuvo un buen nivel de aceptación; por tanto, se define que a sustituciones moderadas de harina de camote y harina de plátano las cookies mejoran las características sensoriales.

- La composición química proximal de la galleta con la mejor formulación (óptima), elaborada con harina de camote y plátano, fue la siguiente: Proteínas (4.40%), Humedad ($5.276 \pm 0.026\%$), Cenizas ($2.145 \pm 0.453\%$), Grasa ($11.06 \pm 0.242\%$), Fibra (4.50%) y Carbohidratos (77.894%). En comparación, la galleta control presentó: Proteínas (3.85%), Humedad ($3.023 \pm 0.021\%$), Cenizas ($0.75 \pm 0.321\%$), Grasa ($14.38 \pm 0.135\%$), Fibra (1.57%) y Carbohidratos (77.997%). Esto demuestra que nuestra galleta tiene un mayor valor nutricional en comparación con la opción óptima.
- El tiempo de vida útil de la galleta óptima, según los valores de acidez, humedad y atributos sensoriales (sabor, color, olor y textura), fue de 41, 45, 31, 24, 39 y 15 días, respectivamente.
- La baja actividad de agua y el pH menos ácido impiden el crecimiento excesivo de mohos y levaduras. Además, el proceso de horneado y las condiciones de inocuidad aplicadas al producto previenen el desarrollo microbiano. Estos factores indican que las galletas mantienen una excelente calidad sanitaria y son adecuadas para sustituir una galleta comercial.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andalzúa, A. (2005). *Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. (2.^a ed.). Editorial Acribia: España.
- Baino, A., & Terracone, C. (2011). Dough rheology and bread quality of supplemented flours. *CyTA-Journal of Food*, 9(3), 180-186. <https://doi.org/10.1080/19476337.2010.504885>
- Baltsavias, A., Jurgens, A., & van Vliet, T. (1999). Large deformation properties of short doughs: Effect of sucrose in relation to mixing time. *Journal of Cereal Science*, 29, 43-48. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1998.0221>
- Boudová, P., Kubáň, V., Mlček, J., & Rop, O. (2013). Textural and sensory properties of the sweet Czech Christmas bread with sugar solutions. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 12(2), 223-229. [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Textural and sensory properties of the sweet Czech.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Textural%20and%20sensory%20properties%20of%20the%20sweet%20Czech.pdf)
- Brumovsky, L. & Horiński, M. (2014). Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
- Capurro, L. & Huerta, D. (2016). *Elaboración de Galletas Fortificadas Con Sustitución Parcial De Harina De Trigo Por Harina De Kiwicha (Amaranthus Caudatus), Quinoa (Chenopodium Quinoa) Y Maíz (Zea Mays)*. [Tesis de Grado en Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Del Santa]. Disponible en el repositorio digital de UNS. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/2629>
- Cauvain, S., Young, L. (2006). *Baked products: science, technology and practices*. Blackwell Publishing: USA.
- Contreras, L. (2015). *Desarrollo de una galleta dulce enriquecida con harina de quinoa blanca (Chenopodium quinoa) utilizando diseño de mezclas* [Tesis de

grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Disponible en el repositorio digital de UNAM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1928>

- Das Graças, M. (2003). Qualidade funcional da farinha obtida do grão de trigo nacional e importado. [Tesis de Grado, Universidad Federal de Pernambuco]. Disponible en el repositorio digital de UFPE. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/9048>
- De la vega, G. (2009). Proteínas de la harina de trigo: clasificación de propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13(38), 27-32. http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas38/2NOtAS38-1.pdf
- Gallegos, A. (2013). *Elaboración de galletas con una mezcla de harina de banano (Musa cavendishii), harina de trigo y glucosa*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Disponible en el repositorio digital de UTA. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6575>
- Günter, W., & Stiles, W. (1982). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. (2.^a ed.). Editorial Wiley-Interscience: Estados Unidos.
- Hernández, M. (2009). *Evaluación sensorial de alimentos*. Aries: Bogotá.
- Ho, L., Abdul, N., & Azahari, B. (2013). Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with plantain. *Food Chemistry*, 139(1–4), 532–539. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.039>
- INDECOPI. (1992). *Norma Técnica Peruana 206.001.1981 (revisada el 2011): Galletas*. Disponible en: <https://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/NORMA%20DE%20PANADERIA%20AS.pdf>
- Martínez, E., Villaseñor, H., Hortelano, R., Rangel, E., & Pérez, P. (2014). La calidad industrial de trigo harinero de temporal en México. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria México*, 2(2), 32-37. <https://www.somecta.org.mx/Revistas/CYTAM2.2/CYTAM%202014-2-2.pdf>

- Miyazaki, M., Van Hung, P., Maeda, T., & Morita, N. (2006). Recent advances in application of modified starches for breadmaking. *Trends in Food Science & Technology*, 17(11), 591–599. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.05.002>
- Morris, V. (1990). Starch gelation and retrogradation. *Trends in Food Science and Technology*, 1, 2–6. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(90\)90002-G](https://doi.org/10.1016/0924-2244(90)90002-G)
- Muñoz, A., Vega, J., & Ortecho, J. (2014). *Determinación de la vida útil de un producto agroindustrial*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Santa]. Disponible en el repositorio digital de UNS. <https://es.slideshare.net/slideshow/determinacin-de-la-vida-util-de-un-producto-agroindustrial/36938885>
- Nitzke, J., & Silveira, R. (2005). Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA. Ingeniería de Alimentos. Procesamiento de alimentos de origen vegetal. Universidad Federal de Río Grande.
- Oliver, J., Blakennet, A. & Allen, H. (1993). The color of flour streams as related to ash and pigment contents. *Journal of Cereal Science*, 17, 169–182. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1993.1017>
- Pacheco E., & Testa, G. (2005). Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Interciencia*, 30, 300-304. http://ve.scielo.org/sciELO.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000500011&lng=es&tlng=es.
- Peña, R. (2002). Wheat for bread and other foods. Bread wheat improvement and production. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome, 483-542. <https://www.fao.org/4/y4011e/y4011e0w.htm>
- Pomeranz, Y., Shogren, M., Finney, K. & Bechtel, D. (1977). Fiber in breadmaking--effects on functional properties. *Cereal chemistry*, 54.

<https://agris.fao.org/search/en/providers/123819/records/6473647553aa8c89630c2aa5>

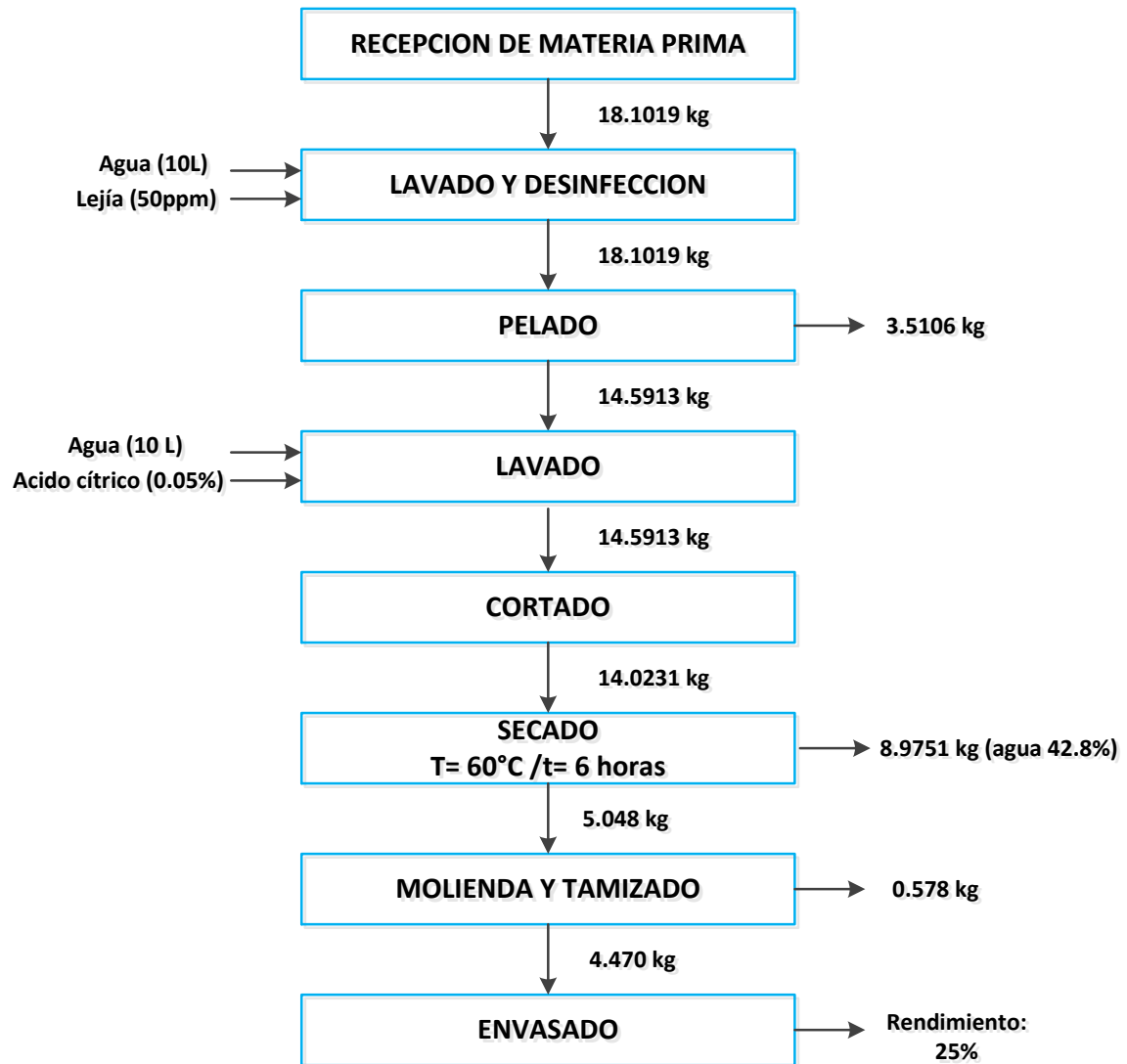
- Salto, H. (1993). *Diseño experimental*. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato.
- Salvatierra, Y. (2017). *Evaluación y optimización de galletas enriquecidas con chía (salvia hispánica) y aceite extraído de Tarwi (Lupinus Mutabilis)*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Santa]. Disponible en el repositorio digital de UNS. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3028>
- Sanz, N. (2010). *Desarrollo de panes especiales con harina integral de amaranto*. [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Disponible en el repositorio digital de UPV. <http://hdl.handle.net/10251/14087>
- Sarmiento, I. (2014). *Estudio de la adición de harina de camote en pan de molde. Trabajo previo a la obtención del título de ingeniero de alimentos*. [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Disponible en el repositorio digital de UTE. <https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/5065?locale-attribute=en>
- Serna, S. (1996). *Química, Almacenamiento e industrialización de los cereales*. Editor S.A: México.
- Skrabanja, V., Kovac, B., Golob, T., Liljeberg, H., Björck, I., & Kreft, I. (2001). Effect of spelt wheat flour and kernel on bread composition and nutritional characteristics. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(1), 497-500. <https://doi.org/10.1021/jf000819w>
- Vernaza, G. (2014). *Estudio de la adición de harina de camote en pan de molde*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Disponible en el repositorio digital de UTE.

- Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L. & Elias, L. (1992). *Basic sensory methods for food evaluation*. IDRC: Ottawa.
- Zuleta, Á., Binaghi, M., Greco, C., Aguirre, C, De la Casa, L., Tadini, C., & Ronayne, P. (2012). Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. *Revista chilena de nutrición*, 39(3), 58-64.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000300009>.

ANEXO

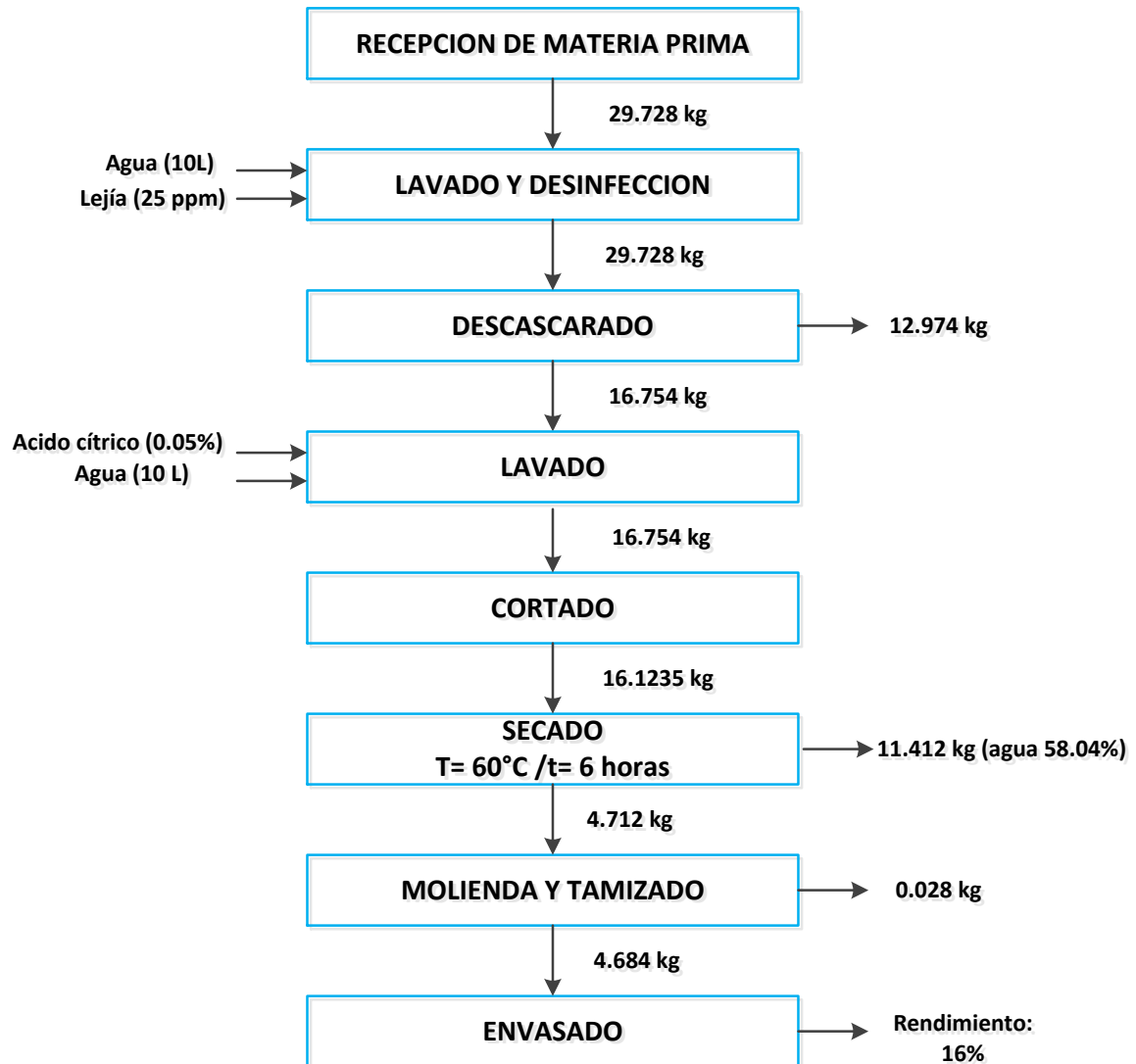
ANEXO 1

BALANCE DE MATERIA DE HARINA DE CAMOTE



ANEXO 2

BALANCE DE MATERIA DE HARINA DE PLATANO



ANEXO 3

ESCALA HEDONICA PARA MEDIR EL GRADO DE ACEPTACION DE LAS GALLETAS

ACEPTABILIDAD DE GALLETAS

NOMBRE: FECHA:.....

1. EVALUACION DE ATRIBUTOS:

Por favor pruebe las muestras e indique su nivel de agrado utilizando los valores de la escala.

1	2	3	4	5	6	7
Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho

MUESTRAS	PUNTAJE		
	SABOR	COLOR	OLOR

Utilizando los siguientes valores de la escala evalúa la textura de las galletas.

1	2	3	4	5
Suave	Quebradizo	Crujiente	Firme (duro)	Muy firme

MUESTRA	PUNTAJE

2. ACEPTABILIDAD GENERAL

Después de evaluar los atributos de las galletas, determinar el grado de aceptabilidad de cada una de ellas de acuerdo a la escala inicial.

Muestras/Escala	1	2	3	4	5	6	7

ANEXO 4

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL DE GALLETAS UTILIZADA EN NIÑOS DE EDAD ESCOLAR



EVALUCION SENSORIAL DE GALLETAS

Nombres y Apellidos: _____ Edad: _____ Fecha: _____.


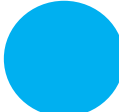
Indicaciones: Por favor, Califica a las muestras de galletas de acuerdo a la siguiente escala: coloca el puntaje en los recuadros correspondiente.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
								
Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo



¿Cuánto te gusto o disgusto el
COLOR de las galletas?

	<input type="text"/>
	<input type="text"/>

¿Cuánto te gusto o disgusto el
SABOR de las galletas?



	<input type="text"/>
	<input type="text"/>

¿Cuánto te gusto o disgusto la
TEXTURA de las galletas?

	<input type="text"/>
	<input type="text"/>

Según la escala de abajo, Si los
encontraras a la venta

1. No lo compraría
2. Posiblemente no lo compraría
3. Tal vez lo compraría
4. Posiblemente lo compraría
5. Si lo compraría

	<input type="text"/>
	<input type="text"/>

ANEXO 5

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y LÍMITES DE CONFIANZA DE LA ACIDEZ DE LAS GALLETAS ALMACENADO DURANTE 20 DÍAS A TEMPERATURA AMBIENTE.

- TIEMPO DE VIDA UTIL DE E9

Tabla 1: Resumen de resultados de % acidez para la determinación de la vida útil

	Tiempo en días (X)	% Acidez (Y)	X ²	Y ²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm) ²	(Y-YProm) ²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	0.067	0	0.0045	0.000	-10.000	-0.009	100.000	0.00007	0.08627
	2	0.069	4	0.0048	0.139	-8.000	-0.007	64.000	0.00005	0.05382
	4	0.072	16	0.0051	0.287	-6.000	-0.004	36.000	0.00002	0.02596
	6	0.072	36	0.0052	0.433	-4.000	-0.004	16.000	0.00001	0.01531
	8	0.075	64	0.0056	0.597	-2.000	-0.001	4.000	0.00000	0.00285
	10	0.075	100	0.0057	0.752	0.000	-0.001	0.000	0.00000	0.00000
	12	0.078	144	0.0061	0.934	2.000	0.002	4.000	0.00000	0.00355
	14	0.079	196	0.0063	1.110	4.000	0.003	16.000	0.00001	0.01309
	16	0.082	256	0.0067	1.309	6.000	0.006	36.000	0.00003	0.03464
	18	0.083	324	0.0069	1.494	8.000	0.007	64.000	0.00005	0.05578
	20	0.084	400	0.0071	1.680	10.000	0.008	100.000	0.00006	0.07973
Suma	110	0.836	1540	0.0639	8.734	0.000	0.000	440.000	0.00032	0.37100
Promedio	10	0.076	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	$\sum XY$			S_{XX}	S_{YY}	S_{XY}
n:	11									

Se realiza la gráfica % Acidez vs Tiempo para obtener los valores de regresión lineal:

$$b_0, b_1 \text{ y } r^2.$$

$$y = b_1x + b_0$$

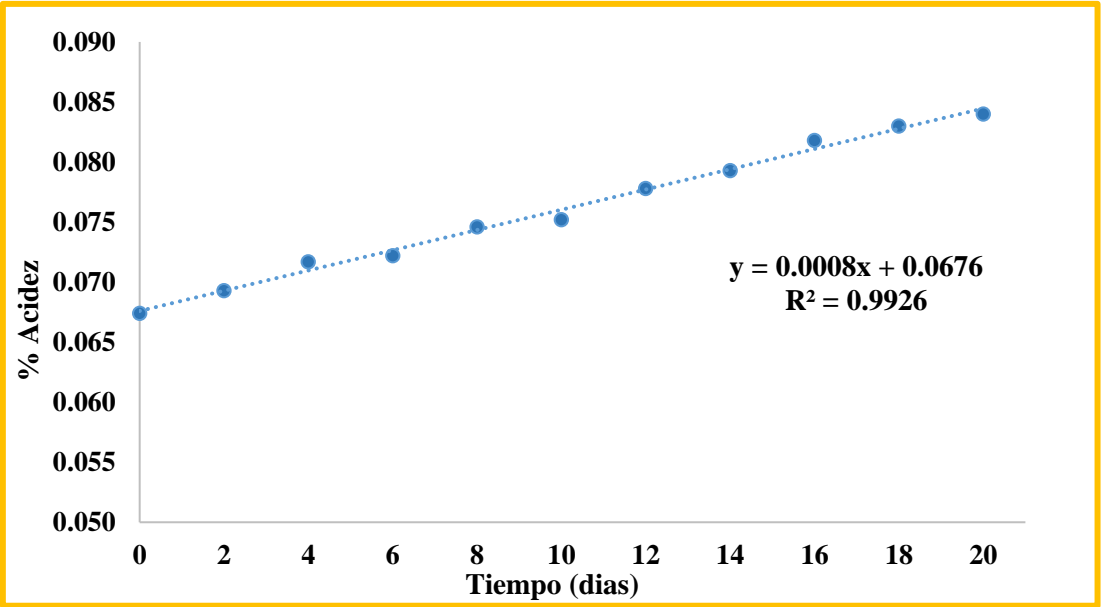


Gráfico 1: Tendencia del % de acidez de las galletas E9 durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla 2: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	0.0674	0.0676	-0.0002	0.0000000
2	0.0693	0.0692	0.0001	0.0000000
4	0.0717	0.0708	0.0009	0.0000008
6	0.0722	0.0724	-0.0002	0.0000000
8	0.0746	0.0740	0.0006	0.0000004
10	0.0752	0.0756	-0.0004	0.0000002
12	0.0778	0.0772	0.0006	0.0000004
14	0.0793	0.0788	0.0005	0.0000003
16	0.0818	0.0804	0.0014	0.0000020
18	0.0830	0.0820	0.0010	0.0000010
20	0.0840	0.0836	0.0004	0.0000002
Sse				0.0000052

$$MSe^2 = \frac{1}{n-2} SSe = Sd$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{11-2} (0.0000052)} = 0.00076$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible máximo para el % de acidez es: 0.1%

$$\bar{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\bar{X} = \frac{0.1 - 0.0676}{0.0008} = 40.50$$

Y = Límite de aceptabilidad

b_0 = Intercepto

\bar{X} = Vida útil

b_1 = Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los intervalos de confianza para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, sugieren lo siguiente:

$$b_0 + b_1 \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la Tabla

Tabla 3: Valores de α

n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05

Fuente: Bowden y Graybill, 1966

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla 4: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	% Acidez (Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	LCI	LCS
0	0.067	0.0676	0.0641	0.0711
2	0.069	0.0692	0.0657	0.0727
4	0.072	0.0708	0.0673	0.0743
6	0.072	0.0724	0.0689	0.0759
8	0.075	0.0740	0.0705	0.0775
10	0.075	0.0756	0.0721	0.0791
12	0.078	0.0772	0.0737	0.0807
14	0.079	0.0788	0.0753	0.0823
16	0.082	0.0804	0.0769	0.0839
18	0.083	0.0820	0.0785	0.0855
20	0.084	0.0836	0.0801	0.0871

A continuación, se elaboran las gráficas **Y^{\wedge} vs Tiempo**, **LCI vs Tiempo** y **LCS vs Tiempo**. Estas curvas se cruzan con el límite de aceptabilidad, y la intersección de **Y^{\wedge} vs. Tiempo** con dicho límite se extiende hacia el eje temporal para determinar el tiempo de vida útil.

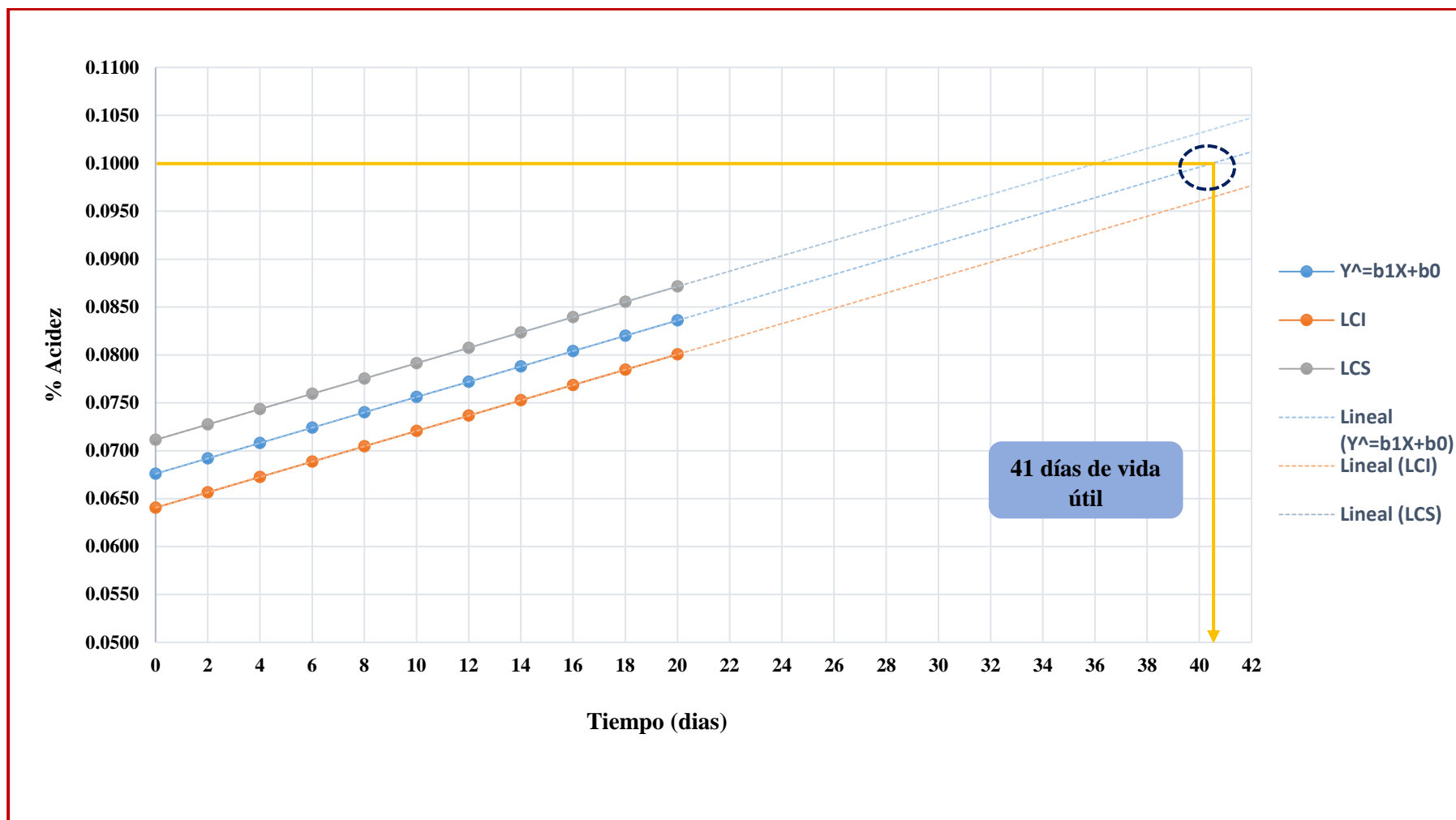


Gráfico 2: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de las galletas E9 con respecto al % acidez.

ANEXO 6

- **DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y LÍMITES DE CONFIANZA DE LA HUMEDAD DE LAS GALLETAS DURANTE 20 DÍAS A TEMPERATURA AMBIENTE.**
- **TIEMPO DE VIDA UTIL DE E9**

Tabla 5: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil

	Tiempo en días (X)	% Humedad (Y)	X ²	Y ²	XY	(X-XProm)	(Y-YProm)	(X-XProm) ²	(Y-YProm) ²	(X-XProm)(Y-YProm)
	0	5.276	0	27.836	0.0000	-10.0000	-1.2244	100.0000	1.4991	12.2436
	2	5.364	4	28.772	10.7280	-8.0000	-1.1364	64.0000	1.2913	9.0909
	4	5.563	16	30.947	22.2520	-6.0000	-0.9374	36.0000	0.8787	5.6242
	6	5.762	36	33.201	34.5720	-4.0000	-0.7384	16.0000	0.5452	2.9535
	8	6.082	64	36.991	48.6560	-2.0000	-0.4184	4.0000	0.1750	0.8367
	10	6.321	100	39.955	63.2100	0.0000	-0.1794	0.0000	0.0322	0.0000
	12	6.543	144	42.811	78.5160	2.0000	0.0426	4.0000	0.0018	0.0853
	14	6.912	196	47.776	96.7680	4.0000	0.4116	16.0000	0.1694	1.6465
	16	7.324	256	53.641	117.1840	6.0000	0.8236	36.0000	0.6784	4.9418
	18	7.87	324	61.937	141.6600	8.0000	1.3696	64.0000	1.8759	10.9571
	20	8.487	400	72.029	169.7400	10.0000	1.9866	100.0000	3.9467	19.8664
Suma	110	71.504	1540	233.143	562.146	0.000	0.000	440.000	10.870	67.676
Promedio	10	6.500	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	$\sum XY$			S_{XX}	S_{YY}	S_{XY}
n:	11									

Se genera la gráfica Puntaje vs. Tiempo para calcular los valores de regresión lineal: **b0**, **b1** y **r2**.

$$y = b_1x + b_0$$

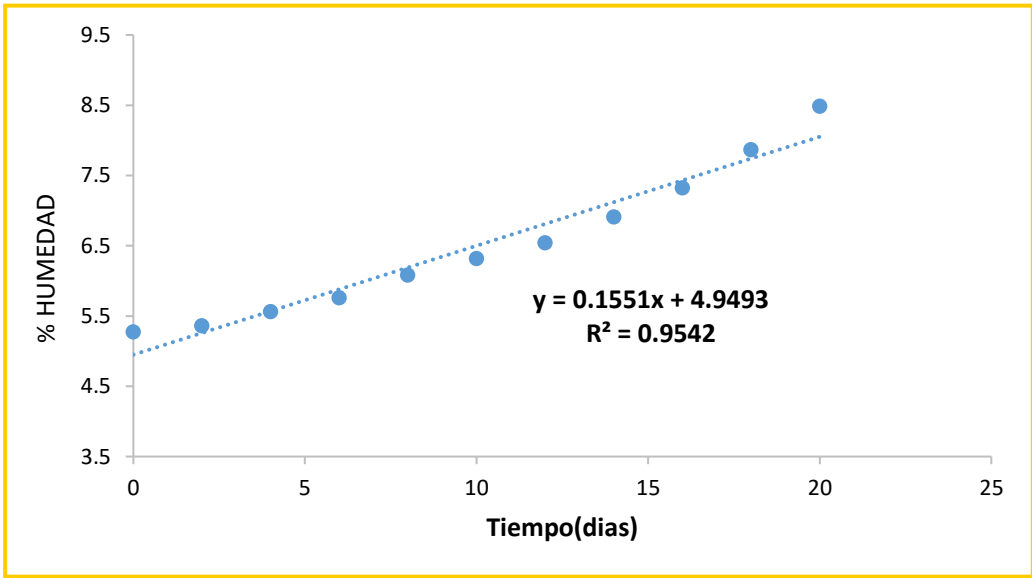


Gráfico 3: Tendencia del % de Humedad de las galletas E9 durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla 6: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	5.276	4.9493	0.327	0.10673
2	5.364	5.2595	0.105	0.01092
4	5.563	5.5697	-0.007	0.00004
6	5.762	5.8799	-0.118	0.01390
8	6.082	6.1901	-0.108	0.01169
10	6.321	6.5003	-0.179	0.03215
12	6.543	6.8105	-0.267	0.07156
14	6.912	7.1207	-0.209	0.04356
16	7.324	7.4309	-0.107	0.01143
18	7.87	7.7411	0.129	0.01662
20	8.487	8.0513	0.436	0.18983
Sse				0.50842

$$MSe^2 = \frac{1}{n-2} SSe = Sd$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{11-2} (0.50842)} = 0.2377$$

Cálculo estadístico de la vida útil:

El límite máximo aceptable para el porcentaje de humedad es del 12%.

$$\bar{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\bar{X} = \frac{12 - 4.9493}{0.1551} = 45.5$$

Y = Límite de aceptabilidad

b_0 = Intercepto

\bar{X} = Vida útil

b_1 = Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

A continuación, se calculan los intervalos de confianza para la regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$, con el objetivo de obtener un nivel de confianza $(1-\alpha)$ 100% en los intervalos lineales. Según Graybill y Bowden, se recomienda lo siguiente:

$$b_0 + b_1 \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la Tabla 3

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla 7: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje(Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	LCI	LCS
0	5.276	4.9493	3.6876	6.2110
2	5.364	5.2595	3.9978	6.5212
4	5.563	5.5697	4.3080	6.8314
6	5.762	5.8799	4.6182	7.1416
8	6.082	6.1901	4.9284	7.4518
10	6.321	6.5003	5.2386	7.7620
12	6.543	6.8105	5.5488	8.0722
14	6.912	7.1207	5.8590	8.3824
16	7.324	7.4309	6.1692	8.6926
18	7.87	7.7411	6.4794	9.0028
20	8.487	8.0513	6.7896	9.3130

Posteriormente, se genera el gráfico de **Y^{\wedge} vs Tiempo**, **LCI vs Tiempo** y **LCS vs Tiempo**, donde estas líneas se cruzan con el límite de aceptabilidad. La intersección entre **Y^{\wedge} vs Tiempo y Límite de aceptabilidad** se extiende hacia el eje temporal, permitiendo determinar la duración en días del producto bajo condiciones óptimas.

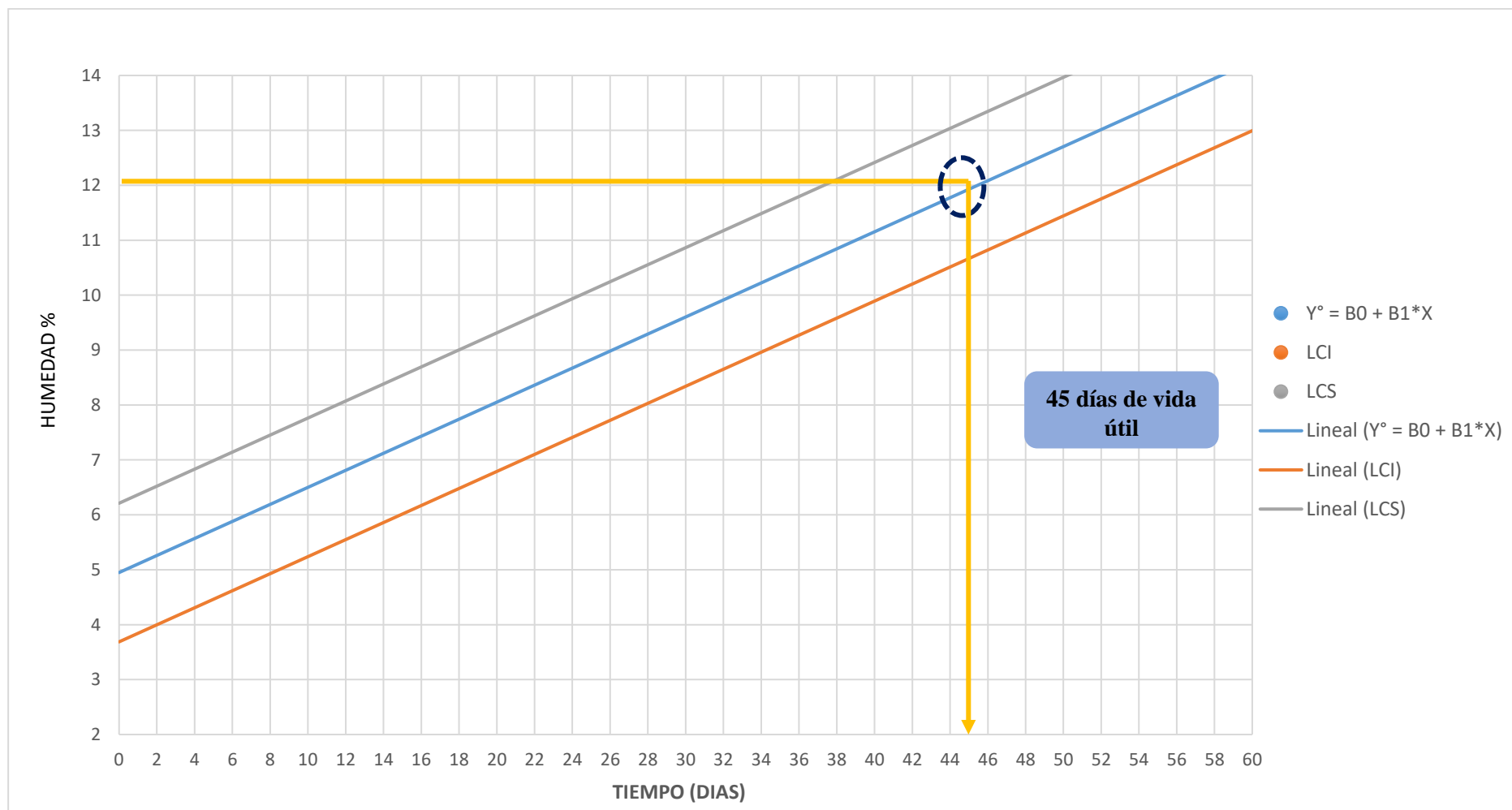


Gráfico 4: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de las galletas E9 durante 20 días a temperatura ambiente con respecto al Humedad

ANEXO 7

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL SABOR DE LAS GALLETAS DURANTE 20 DÍAS A TEMPERATURA AMBIENTE.

- TIEMPO DE VIDA UTIL DE E9

Tabla 8: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X ²	Y ²	X*Y	(X-Xprom)	(Y-Yprom)	(X-Xprom) ²	(Y-Yprom) ²	(X-Xprom) *(Y-Yprom)
	0	6,266	0,0000	39,2628	0,0000	-10,0000	0,4073	100,0000	0,1659	-4,0733
	4	6,120	16,0000	37,4544	24,4800	-6,0000	0,2613	36,0000	0,0683	-1,5680
	8	5,957	64,0000	35,4858	47,6560	-2,0000	0,0983	4,0000	0,0097	-0,1967
	12	5,732	144,0000	32,8558	68,7840	2,0000	-0,1267	4,0000	0,0160	-0,2533
	16	5,632	256,0000	31,7194	90,1120	6,0000	-0,2267	36,0000	0,0514	-1,3600
	20	5,445	400,0000	29,6480	108,9000	10,0000	-0,4137	100,0000	0,1711	-4,1367
SUMA	60	35,152	880,000	206,426	339,932	0,000	0,000	280,000	0,482	-11,588
PROMEDIO	10	5,859	ΣX²	ΣY²	ΣXY			Sxx	Syy	Sxy
n:	6									

Se realiza la gráfica Puntaje vs Tiempo para obtener los valores de regresión lineal: **b₀**, **b₁** y **r²**.

$$y = b_1x + b_0$$

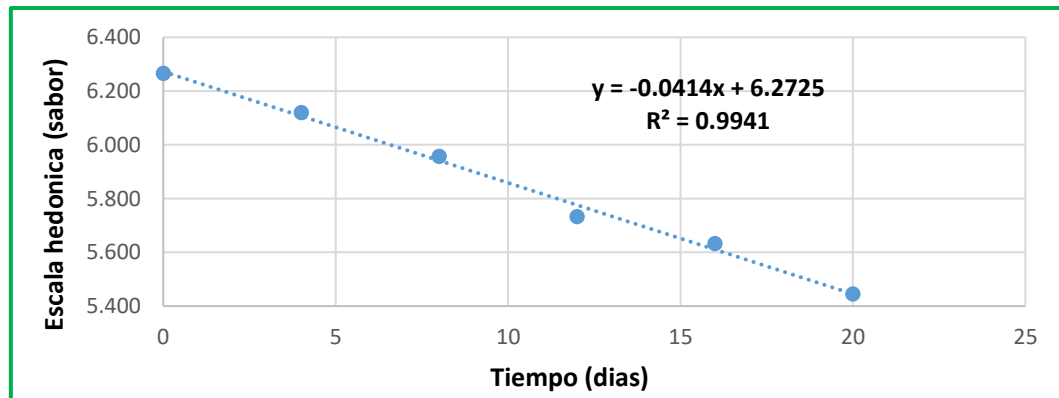


Gráfico 5: Tendencia del sabor de las galletas E9 durante 20 días a temperatura ambiente.

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla 9: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	6,266	6,2725	-0,006	0,00004
4	6,120	6,1069	0,013	0,00017
8	5,957	5,9413	0,016	0,00025
12	5,732	5,7757	-0,044	0,00191
16	5,632	5,6101	0,022	0,00048
20	5,445	5,4445	0,001	0,00000
Sse				0.00285

$$MSe^2 = \frac{1}{n - 2} SSe = Sd$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{6 - 2} (0.00285)} = 0.0267$$

Determinación de la vida útil mediante análisis estadístico:

El límite máximo permitido para el sabor es 5.

$$\bar{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\bar{X} = \frac{5 - 6,2725}{-0.0414} = 31$$

Y = Límite de aceptabilidad

b_0 = Intercepto

\bar{X} = Vida útil

b_1 = Pendiente

Determinación de la vida útil a través del análisis gráfico:

Posteriormente, se calculan los intervalos de confianza para la regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$.

$$b_0 + b_1 \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Utilizando el valor de $d\alpha$ de la Tabla 3.

Tabla 3: Valores de α

n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05

Fuente: Bowden y Graybill, 1966

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla 10: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje(Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	LCI	LCS
0	6.266	6.2725	6.1239	6.4211
4	6.120	6.1069	5.9583	6.2555
8	5.957	5.9413	5.7927	6.0899
12	5.732	5.7757	5.6271	5.9243
16	5.632	5.6101	5.4615	5.7587
20	5.445	5.4445	5.2959	5.5931

Luego, se genera el gráfico de Y^{\wedge} vs Tiempo, LCI vs Tiempo y LCS vs Tiempo, donde las líneas se cruzan con el límite de aceptabilidad. La intersección entre Y^{\wedge} vs Tiempo y **Límite de aceptabilidad** se proyecta hacia el eje temporal, permitiendo así determinar la vida útil del producto en días en condiciones óptimas

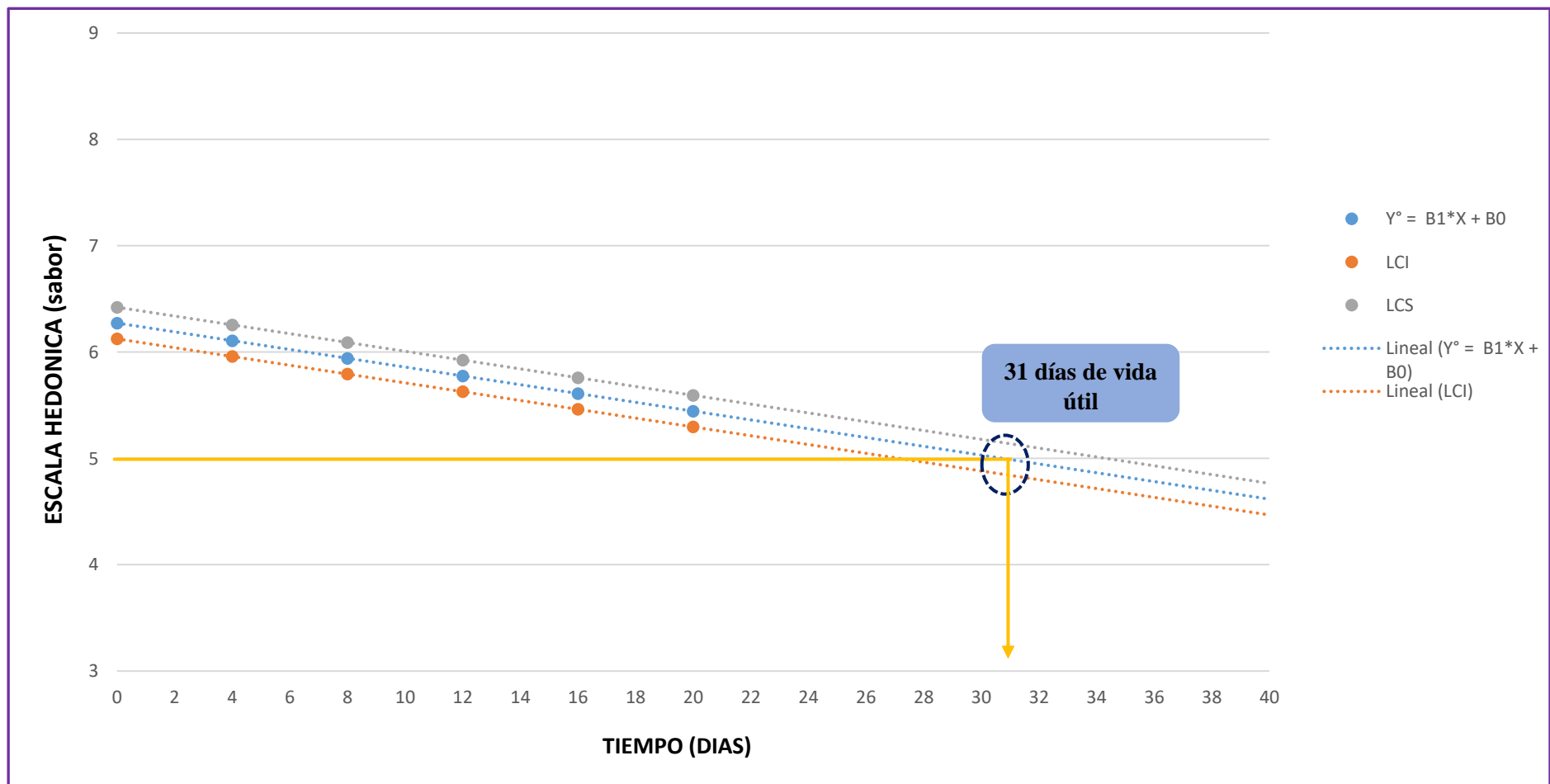


Gráfico 6: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de las galletas E9 durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente con respecto al Sabor.

ANEXO 8

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL COLOR DE LAS GALLETAS DURANTE 20 DÍAS DE ALMACENAMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE.

- TIEMPO DE VIDA UTIL DE E9

Tabla 11: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X^2	Y^2	X*Y	(X-Xprom)	(Y-Yprom)	(X-Xprom)^2	(Y-Yprom)^2	(X-Xprom) *(Y-Yprom)
	0	6.166	0.0000	38.0196	0.0000	-10.0000	0.4397	100.0000	0.1933	-4.3967
	4	6.021	16.0000	36.2524	24.0840	-6.0000	0.2947	36.0000	0.0868	-1.7680
	8	5.915	64.0000	34.9872	47.3200	-2.0000	0.1887	4.0000	0.0356	-0.3773
	12	5.645	144.0000	31.8660	67.7400	2.0000	-0.0813	4.0000	0.0066	-0.1627
	16	5.488	256.0000	30.1181	87.8080	6.0000	-0.2383	36.0000	0.0568	-1.4300
	20	5.123	400.0000	26.2451	102.4600	10.0000	-0.6033	100.0000	0.3640	-6.0333
	SUMA	60	34.358	880.000	197.489	329.412	0.000	0.000	280.000	0.743
PROMEDIO	10	5,726	ΣX2	ΣY2	ΣXY			Sxx	Syy	Sxy
n:	6									

Se realiza la gráfica Puntaje vs Tiempo para obtener los valores de regresión lineal: **b₀**, **b₁** y **r²**.

$$y = b_1x + b_0$$

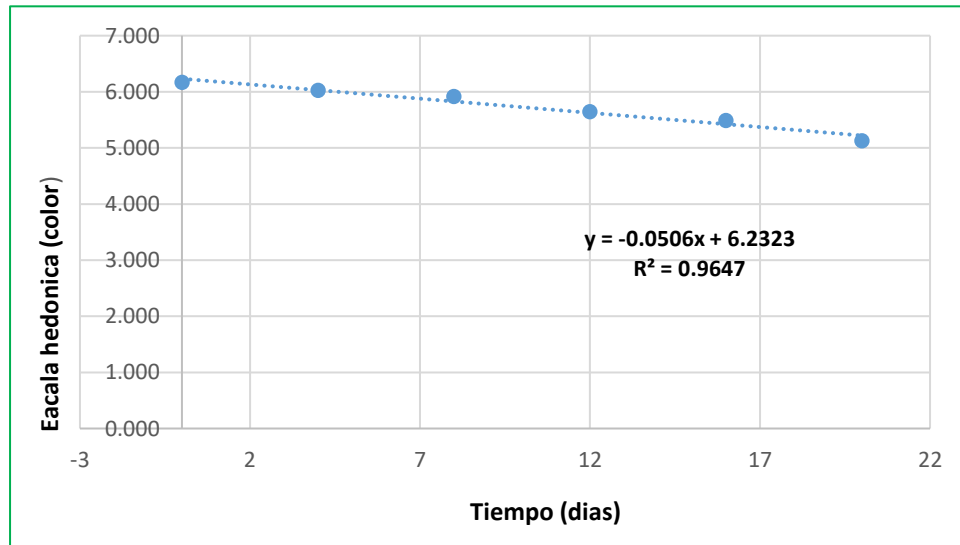


Gráfico 7: Tendencia del color de las galletas E9 durante 20 días en almacenamiento a temperatura ambiente.

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla 12: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	6.166	6.2323	-0.066	0.00440
4	6.021	6.0299	-0.009	0.00008
8	5.915	5.8275	0.087	0.00766
12	5.645	5.6251	0.020	0.00040
16	5.488	5.4227	0.065	0.00426
20	5.123	5.2203	-0.097	0.00947
Sse				0.02626

$$MSe^2 = \frac{1}{n - 2} SSe = Sd$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{6-2}(0.02626)} = \mathbf{0.0810}$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible máximo para el color es: 5

$$\bar{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\bar{X} = \frac{5 - 6,2323}{-0.0506} = \mathbf{24}$$

Y= Límite de aceptabilidad

b₀= Intercepto

\bar{X} = Vida útil

b₁= Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los intervalos de confianza para una regresión lineal del estimado **$b_1x + b_0$** :

$$b_0 + b_1 \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la Tabla 3

Tabla 3: Valores de α

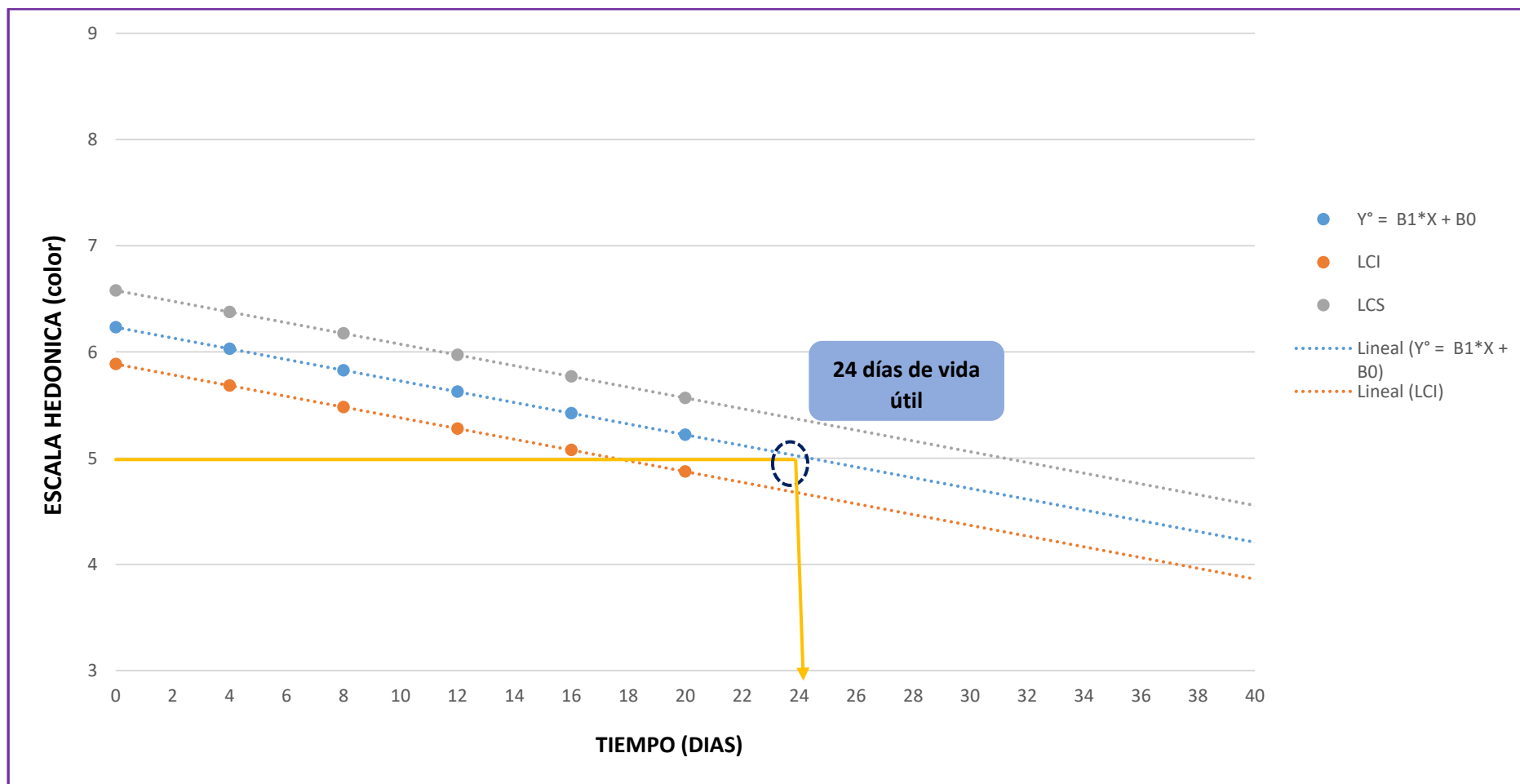
n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05

Fuente: Bowden y Graybill, 1966

Determinación de los intervalos de confianza:**Tabla 13:** Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje(Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	LCI	LCS
0	6.166	6.2323	5.8856	6.5790
4	6.021	6.0299	5.6832	6.3766
8	5.915	5.8275	5.4808	6.1742
12	5.645	5.6251	5.2784	5.9718
16	5.488	5.4227	5.0760	5.7694
20	5.123	5.2203	4.8736	5.5670

Luego se realiza la gráfica **Y^{\wedge} vs Tiempo**, **LCI vs Tiempo** y **LCS vs Tiempo** y estas rectas se interceptan con el Límite de aceptabilidad, donde la intercepción de **Y^{\wedge} vs Tiempo y Límite de aceptabilidad** se proyecta hacia el eje del tiempo para determinar la durabilidad en días del producto en buenas condiciones.



Gráfica 8: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto al color sensorial

ANEXO 9

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y LÍMITES DE CONFIANZA DEL OLOR DE LAS GALLETAS DURANTE 20 DÍAS DE ALMACENAMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE.

- TIEMPO DE VIDA UTIL DE E9

Tabla 14: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X^2	Y^2	X*Y	(X-Xprom)	(Y-Yprom)	(X-Xprom)^2	(Y-Yprom)^2	(X-Xprom) *(Y-Yprom)
	0	6.566	0.0000	43.1124	0.0000	-10.0000	0.4847	100.0000	0.2349	-4.8467
	4	6.234	16.0000	38.8628	24.9360	-6.0000	0.1527	36.0000	0.0233	-0.9160
	8	6.088	64.0000	37.0637	48.7040	-2.0000	0.0067	4.0000	0.0000	-0.0133
	12	5.950	144.0000	35.4025	71.4000	2.0000	-0.1313	4.0000	0.0172	-0.2627
	16	5.864	256.0000	34.3865	93.8240	6.0000	-0.2173	36.0000	0.0472	-1.3040
	20	5.786	400.0000	33.4778	115.7200	10.0000	-0.2953	100.0000	0.0872	-2.9533
SUMA	60	36.488	880.000	222.306	354.584	0.000	0.000	280.000	0.410	-10.296
PROMEDIO	10	6.081	ΣX2	ΣY2	ΣXY			Sxx	Syy	Sxy
n:	6									

Se realiza la gráfica Puntaje vs Tiempo para obtener los valores de regresión lineal: **b₀**, **b₁** y **r²**.

$$y = b_1x + b_0$$

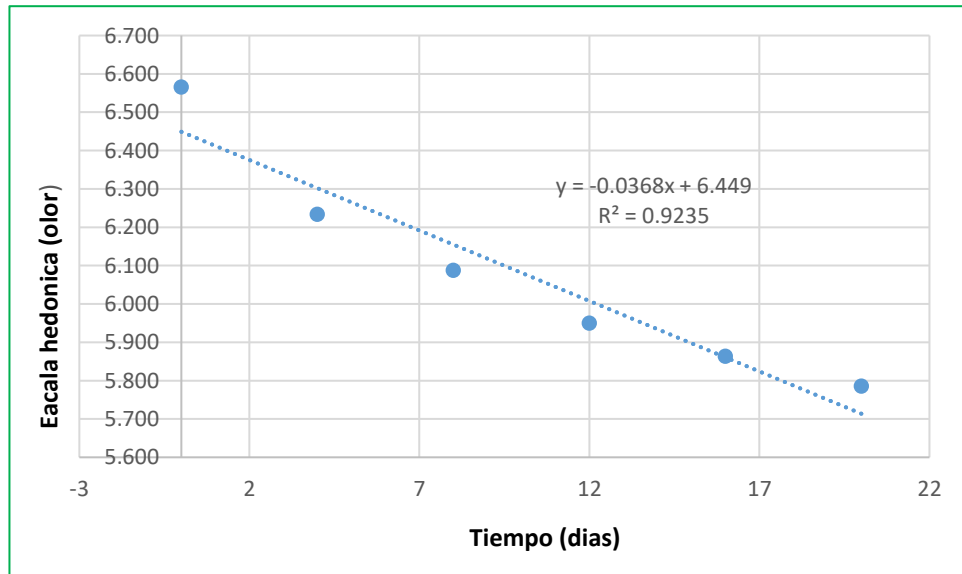


Gráfico 9: Tendencia del olor de las galletas E9 durante 20 días en almacenamiento a temperatura ambiente.

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla 15: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	6.566	6.449	0.117	0.01369
4	6.234	6.3018	-0.068	0.00460
8	6.088	6.1546	-0.067	0.00444
12	5.950	6.0074	-0.057	0.00329
16	5.864	5.8602	0.004	0.00001
20	5.786	5.713	0.073	0.00533
Sse				0.03136

$$MSe^2 = \frac{1}{n - 2} SSe = Sd$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{6-2}(0.03136)} = \mathbf{0.0885}$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible máximo para el olor es: 5

$$\bar{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\bar{X} = \frac{5 - 6,449}{-0.0368} = \mathbf{39}$$

Y = Límite de aceptabilidad

b_0 = Intercepto

\bar{X} = Vida útil

b_1 = Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los intervalos de confianza para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$:

$$b_0 + b_1 \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la Tabla 3

Tabla 3: Valores de α

n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05

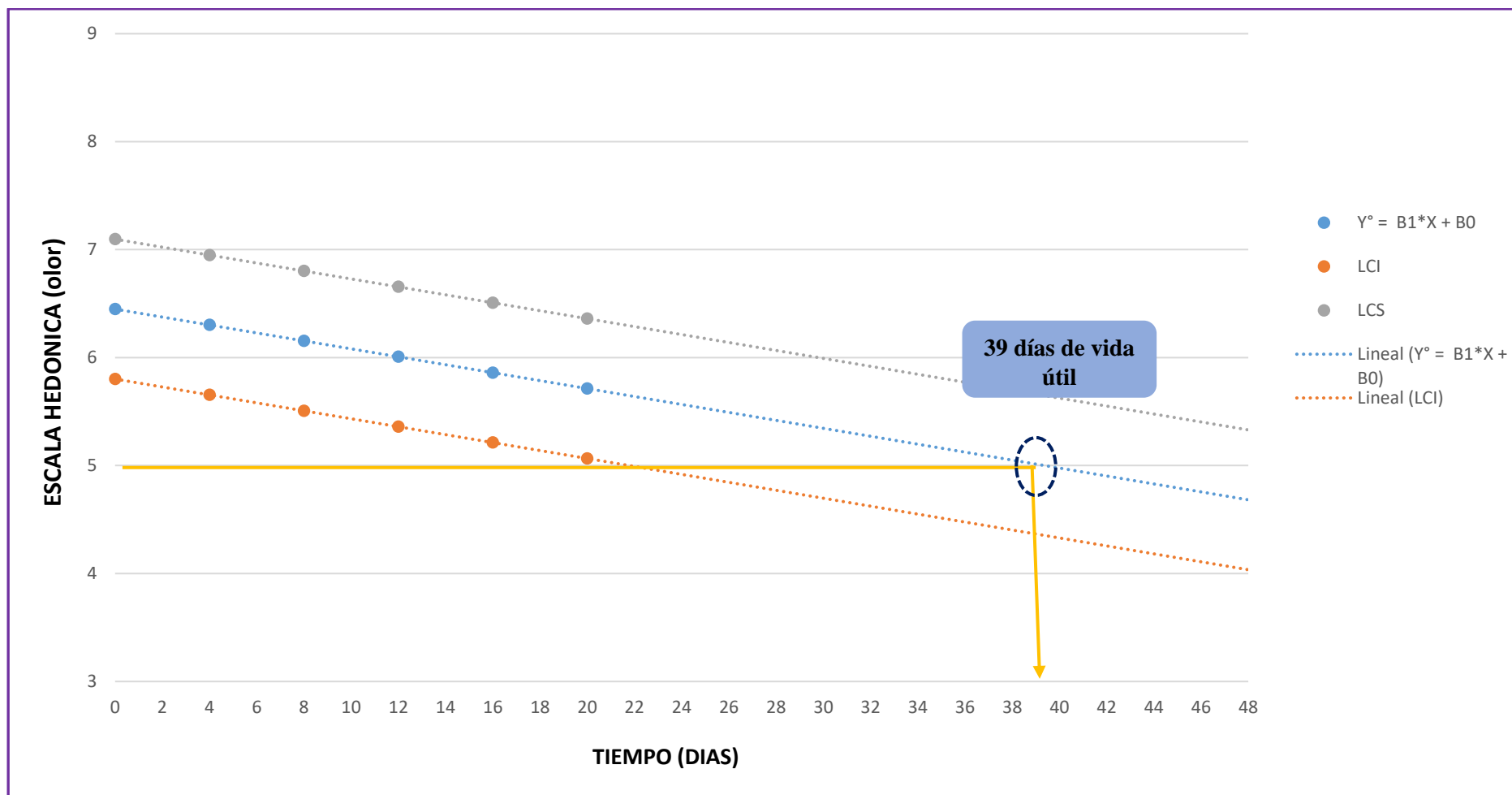
Fuente: Bowden y Graybill, 1966

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla 16: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje(Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	LCI	LCS
0	6.566	6.449	5.8014	7.0966
4	6.234	6.3018	5.6542	6.9494
8	6.088	6.1546	5.5070	6.8022
12	5.950	6.0074	5.3598	6.6550
16	5.864	5.8602	5.2126	6.5078
20	5.786	5.713	5.0654	6.3606

Luego se realiza la gráfica **Y^{\wedge} vs Tiempo**, **LCI vs Tiempo** y **LCS vs Tiempo** y estas rectas se interceptan con el Límite de aceptabilidad, donde la intercepción de **Y^{\wedge} vs Tiempo y Límite de aceptabilidad** se proyecta hacia el eje del tiempo para determinar la durabilidad en días del producto en buenas condiciones.



Gráfica 10: Determinación grafica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto al olor sensorial

ANEXO 10

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y LÍMITES DE CONFIANZA DE LA TEXTURA DE LA GALLETA DURANTE 20 DÍAS DE ALMACENAMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE.

- TIEMPO DE VIDA UTIL DE E9

Tabla 17: Resumen de resultados para la determinación de la vida útil

	Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	X ²	Y ²	X*Y	(X-Xprom)	(Y-Yprom)	(X-Xprom) ²	(Y-Yprom) ²	(X-Xprom) *(Y-Yprom)
	0	3.333	0.0000	11.1089	0.0000	-10.0000	0.2232	100.0000	0.0498	-2.2317
	4	3.278	16.0000	10.7453	13.1120	-6.0000	0.1682	36.0000	0.0283	-1.0090
	8	3.147	64.0000	9.9036	25.1760	-2.0000	0.0372	4.0000	0.0014	-0.0743
	12	3.021	144.0000	9.1264	36.2520	2.0000	-0.0888	4.0000	0.0079	-0.1777
	16	2.980	256.0000	8.8804	47.6800	6.0000	-0.1298	36.0000	0.0169	-0.7790
	20	2.900	400.0000	8.4100	58.0000	10.0000	-0.2098	100.0000	0.0440	-2.0983
SUMA	60	18.659	880.000	58.175	180.220	0.000	0.000	280.000	0.148	-6.370
PROMEDIO	10	3.110	ΣX²	ΣY²	ΣXY			S_{xx}	S_{yy}	S_{xy}
n:	6									

Se realiza la gráfica Puntaje vs Tiempo para obtener los valores de regresión lineal: **b₀**, **b₁** y **r²**

$$y = b_1x + b_0$$

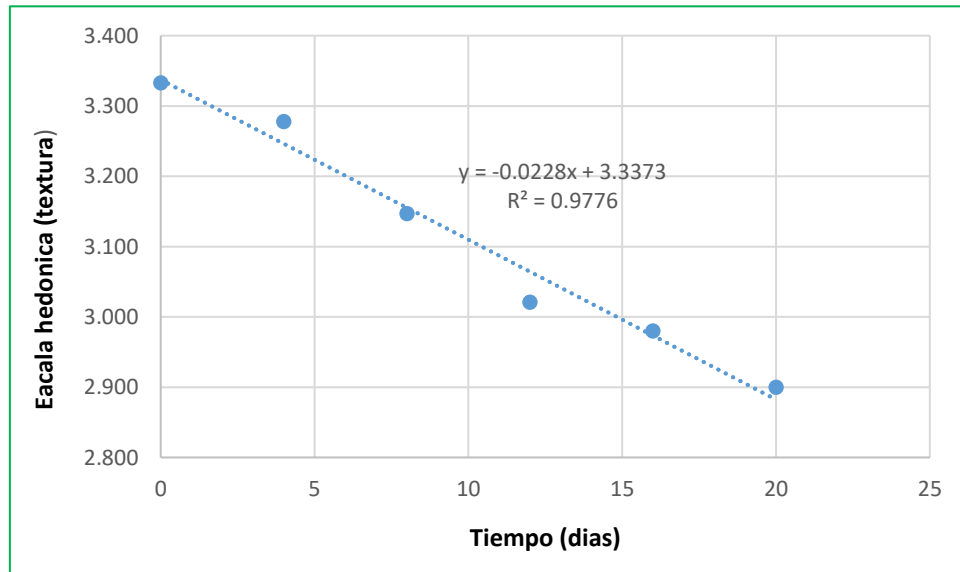


Gráfico 11: Tendencia de la textura de la galleta E9 durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

Hallando el cuadro medio del error (MSe):

Tabla 18: Cálculo de la sumatoria de los cuadrados de errores experimentales

Tiempo en días (X)	Puntaje (Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	$Y - Y^{\wedge}$	$(Y - Y^{\wedge})^2$
0	3.333	3.3373	-0.004	0.00002
4	3.278	3.2461	0.032	0.00102
8	3.147	3.1549	-0.008	0.00006
12	3.021	3.0637	-0.043	0.00182
16	2.980	2.9725	0.007	0.00006
20	2.900	2.8813	0.019	0.00035
Sse				0.00333

$$MSe^2 = \frac{1}{n - 2} SSe = Sd$$

$$MSe = \sqrt{\frac{1}{6-2}(0.00333)} = \mathbf{0.0288}$$

Determinación de la vida útil de manera estadística:

El límite permisible máximo para la textura es: 3

$$\bar{X} = \frac{Y - b_0}{b_1}$$

$$\bar{X} = \frac{3 - 3.3373}{-0.0228} = \mathbf{15}$$

Y = Límite de aceptabilidad

b_0 = Intercepto

\bar{X} = Vida útil

b_1 = Pendiente

Determinación de la vida útil de manera gráfica:

Posteriormente se procede hallar los intervalos de confianza para una regresión lineal del estimado $b_1x + b_0$:

$$b_0 + b_1 \pm Sd\alpha \left[\frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{|X - \bar{X}|}{\sqrt{Sxx}} \right]$$

Donde $d\alpha$ se encuentra en la Tabla 3

Tabla 3: Valores de α

n-2	α	
	0.05	0.01
4	3.38	2.66
6	2.92	2.39
8	2.72	2.26
10	2.61	2.19
12	2.54	2.15
14	2.49	2.12
16	2.46	2.10
20	2.41	2.07
24	2.38	2.05

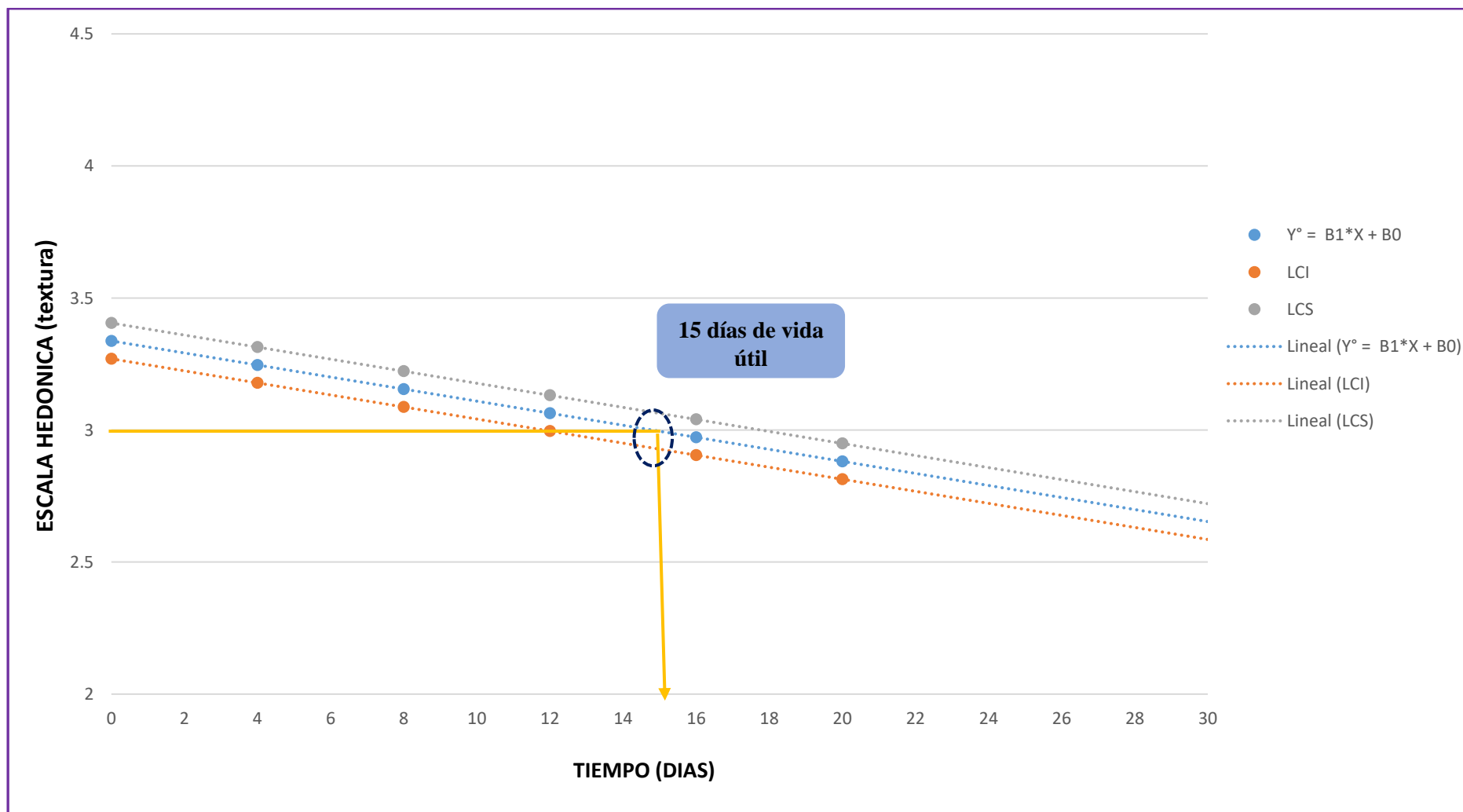
Fuente: Bowden y Graybill, 1966

Determinación de los intervalos de confianza:

Tabla 19: Valores de los intervalos de confianza inferior (LCI) y superior (LCS).

Tiempo en días (X)	Puntaje(Y)	$Y^{\wedge} = b_1x + b_0$	LCI	LCS
0	3.333	3.3373	3.2696	3.4050
4	3.278	3.2461	3.1784	3.3138
8	3.147	3.1549	3.0872	3.2226
12	3.021	3.0637	2.9960	3.1314
16	2.980	2.9725	2.9048	3.0402
20	2.9	2.8813	2.8136	2.9490

Luego se realiza la gráfica **Y^{\wedge} vs Tiempo**, **LCI vs Tiempo** y **LCS vs Tiempo** y estas rectas se interceptan con el Límite de aceptabilidad, donde la intercepción de **Y^{\wedge} vs Tiempo y Límite de aceptabilidad** se proyecta hacia el eje del tiempo para determinar la durabilidad en días del producto en buenas condiciones.



Gráfica 12: Determinación gráfica del tiempo de vida útil de la galleta E9 con mejor formulación con respecto a la textura sensorial

ANEXO 10

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE PROTEINA Y FIBRA DE LAS HARINAS Y FORMULACIONES OPMAS



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES “COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 4240-16

Pág. 001

SOLICITADO POR : VERONICA OLIVARES CANO
DIRECCIÓN : Tres Estrellas Mz C Lote 1 Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras x 100g c/u
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Bolsa de polipropileno, transparente cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016-12-20
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016-12-20
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016-12-21
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS : Laboratorio de Microbiología, Físico Químico.

CODIGO COLECBI : SS 002332-16

RESULTADOS

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

MUESTRA	ENSAYOS	
	Proteínas (%) Factor 6,25	Fibra (%)
Galleta 01	4,40	4,50
Galleta 05	4,30	5,02
Harina de Platano	4,10	2,42
Harina de Camote	2,80	2,68

METODOLOGÍA EMPLEADA

Proteínas : UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006

Fibra : NMX-F-090-1978

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos 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.

Fecha de Emisión : Nuevp Chimbote, Diciembre 22 del 2016

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 26
COLECBI S.A.C.



LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevp 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 11

DISEÑO DE ETIQUETA Y ENVASE PARA LA FORMULACION OPTIMA (E9)



VALOR NUTRICIONAL	
COMPONENTES	%
ENERGIA (calorías) kJ	1844
Grasa	11.060 \pm 0.242
Carbohidrato	77.894
Fibra	4.50
Proteína	4.40
Ceniza	2.145 \pm 0.453
Humedad	5.276 \pm 0.026

